

REPUBLIQUE DU RWANDA



MINISTERE DES RESSOURCES NATURELLES



PREFACE

Au titre de pays Partie à la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC), le Rwanda s'est engagé à prendre des mesures de précaution pour prévoir, prévenir ou atténuer les causes des changements climatiques et en limiter les effets néfastes pour un développement durable. Ce rapport fait suite à la Communication Nationale Initiale qui a abouti à plusieurs actions du Gouvernement notamment :

- Les Programmes d'Action Nationaux d'Adaptation aux changements climatiques (PANA) en 2006;
- La diffusion d'un livret intitulé « Tumenye guhangana n'Imihindagurikire y'Ibihe » faisant référence à l' « adaptation au changement climatique » dans le contexte rwandais, qui constitue un outil d'éducation et de conscientisation du public dans ce domaine.

Nous ne doutons pas que ce rapport orientera davantage les décideurs politiques dans la préparation et la mise en œuvre des plans nationaux de développement qui tiennent compte à la fois de la durabilité de l'environnement et des impacts des changements climatiques, spécialement dans les secteurs les plus vulnérables, à savoir : Agriculture, Ressources en Eau, Energie et Santé.

Les lacunes constatées dans la fiabilité des données hydrométéorologiques nécessaires pour les prévisions saisonnières fiables aussi bien que le manque des données dans chaque secteur d'activités nécessaires pour l'élaboration des stratégies d'atténuation et d'adaptation demandent de faire un effort pour améliorer la qualité de la Troisième Communication Nationale en vue de mieux lutter contre les effets des changements climatiques en meilleure connaissance de causes.

Il incombe donc aux uns et aux autres, secteurs public et privé, Organisations Non Gouvernementales (ONG) et partenaires de développement, de conjuguer les efforts pour mettre en œuvre les options stratégiques identifiées dans ce rapport de la Deuxième Communication Nationale du Rwanda.

Nous nous réjouissons d'exprimer notre gratitude envers ceux qui d'une manière ou d'une autre, ont contribué à la préparation et la publication de ce deuxième rapport national relatif à la CCNUCC. Notre gratitude est particulièrement adressée:

- Au Secrétariat de la CCNUCC, au Fond pour l'Environnement Mondial (FEM) et au PNUÉ pour leur appui aussi bien financier que technique et en formation sur différents outils méthodologiques;
- A tous les experts internationaux et nationaux ayant mené des études sectorielles;
- Et enfin à tous ceux qui ont fait part aux différents ateliers de validation des rapports thématiques et du rapport final de la Deuxième Communication Nationale du Rwanda relative à la CCNUCC.

Au moment de la soumission de la présente Deuxième Communication Nationale, le Rwanda vient d'adopter sa « Stratégie Nationale relative au changement climatique et au développement économique basé sur le principe de faible émission de gaz à effet de serre » dont le contenu et les perspectives seront reflétés dans la Troisième Communication Nationale.

Stanislas KAMANZI
Ministre des Ressources Naturelles



ABBREVIATIONS ET ACRONYMES

ALICOMECC	Action pour la Promotion de la Chaux de Mashyuza
BNR	Banque Nationale du Rwanda
CaCO₃	Carbonate de Calcium
CCNUCC	Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques
CDC	Comités de Développement Communautaire
CDM	Clean Development Mechanism
CFJ	Centres de Formation des Jeunes
CHUK	Centre Hospitalier Universitaire de Kigali
CIMERWA	Cimenterie du Rwanda
CNCC	Comité National sur les Changements Climatiques
CITES	Convention on International Trade of Endangered Species
CO	Monoxyde de Carbone
COCOCHAUMA	Coopérative de Production de la Chaux de Mashyuza
CO₂	Dioxyde de Carbone
CH₄	Méthane
COVNM	Composés Organiques Volatile Non-Méthaniques
CP.8	Huitième Conférence des Parties
DBO	Demande Biochimique par Oxygène
DSM	Déchets Solides Municipaux
DSSAT	Decision Support System for Agrotechnology Transfer
DSRP	Document de Stratégies de Réduction de la Pauvreté
EDPRS	Economic Development and Poverty Reduction Strategy
EICV	Enquête Intégrale sur les Conditions de Vie des ménages
CFSVA	Comprehensive Food Security and Vulnerability Assessment
EH	Equivalent Habitat
ELECTROGAZ	Etablissement de Production et de Distribution d'Electricité, d'Eau et de Gaz
FAO	Food Agriculture Organization
FCS	Food Consumption Security
FEM	Fonds pour l'Environnement Mondial
FEWS	Famine Early Warning System
FRW	Franc Rwandais
GCM	Global Circulation Model
Gg	Gigagramme
GBK	Gisenyi Butare Kibuye
GES	Gaz à Effet de Serre
GIEC	Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'évolution du Climat
GPL	Gaz pétrole lampant
HIMO	Haute Intensité de Main d'œuvre
IEC	Information, Education et Communication
INADES	Institut Africain pour le Développement Economique et Social
INSR	Institut National des Statistiques du Rwanda
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change

IRST	Institut de Recherche Scientifique et Technologique
ISAE	Higher Institute of Agriculture and Animal Husbandry
ISAR	Institut des Sciences Agronomiques du Rwanda
IUCN	International Union for Conservation Nature
KHI	Kigali Health Institute
KIE	Kigali Institute of Education
KIST	Kigali Institute of Science, Technology and Management
MAM	Mars- Avril- Mai
MDP	Mécanisme de Développement Propre
MINAGRI	Ministère de l’Agriculture et des Ressources Animales
MINALOC	Ministère de l’Administration Locale, du Développement Communautaire et des Affaires Sociales
MINEDUC	Ministère de l’Education Nationale, de la Recherche Scientifique et de la Technologie
MINELA	Ministry of Environment and Lands (former now changed to MINIRENA)
MINIRENA	Ministère des Ressources Naturelles
MINICOM	Ministère du Commerce, de la Promotion des Investissements, du Tourisme et des Coopératives
MINECOFIN	Ministère des Finances et de la Planification Economique
MININFRA	Ministère des Infrastructures
MINISANTE	Ministère de la Santé
MINITERE	Ministère des Terres, de l’Environnement, de l’Eau, des Forêts et des Mines
NAFA	National Forestry Authority
NEPAD	New Partnership for Africa Development
NISR	National Institute of Statistics of Rwanda
NMVOC	Non-methane volatile organic compound
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
OMM	Organisation Météorologique Mondiale
ONG	Organisations Non Gouvernementales
ORTPN	Office Rwandais du Tourisme et des Parcs Nationaux
PAFOR	Projet d’Appui à l’Aménagement des Forêts du Rwanda
PANA	Programmes d’Action Nationaux d’Adaptation aux changements climatiques
PGNRE	Projet de Gestion Nationale de Ressources en Eau
PIB	Produit Intérieur Brut
PNA	Parc National de l’Akagera
PNB	Produit National Brut
PNN	Parc National de Nyungwe
PNUE	Programme des Nations Unies pour l’Environnement
PNV	Parc National des Volcans
PRSP	Poverty Reduction Strategic Paper
PSS	Plan Stratégique Sectoriel
PVC	Projet pour la Valorisation du Calcaire
RHODA	Rwanda Horticulture Development Authority

RADA	Rwanda Agriculture Development Authority
RALDA	Rwanda Agriculture and Livestock Development Authority
RDB	Rwanda Development Board
REDD	Réduction des Emissions issues de la Déforestation et de la Dégradation forestière
REDD+	Réduction des Emissions issues de la Déforestation et de la Dégradation forestière et de la conservation
REMA	Rwanda Environment Management Authority
RRA	Rwanda Revenue Authority
SOND	Septembre-Octobre-Novembre-Décembre
SPUR	Simulating Production and Utilization of Range Land
SWAP	Sector Wilde Approach
TRAP	Center for Treatment and Research on Aids, Malaria, Tuberculosis and other Epidemics
UNESCO	Organisation des Nations Unies pour l'Education, la Science et la Culture
UAAC	Université Adventiste d'Afrique Centrale
ULK	Université Libre de Kigali
UNILAK	Université Laïque de Kigali
Unité AST	Unité à Activité Scientifique et Technologique
UNR	Université Nationale du Rwanda
UTCATF	Utilisation des Terres, Changement d'Affectation des Terres et Foresterie
WATBAL	Spatial lumped conceptual integrated catchment Water Balance model

TABLE DE MATIERES

PREFACE	i
ABBREVIATIONS ET ACRONYMES	iii
TABLE DE MATIERES	vi
Liste des figures	viii
Liste des tableaux.....	ix
RESUME	1
INTRODUCTION	14
CHAPITRE I: CONDITIONS PROPRES AU PAYS.....	17
1.1. Cadre Politique, Institutionnel et Juridique	18
1.2. Cadre Physique	18
1.2.1. Eléments du relief et du climat	18
1.2.2. Les Ressources naturelles	19
1.2.3. Climat et changements climatiques	21
1.3. Indicateurs Socio-Economiques.....	23
CHAPITRE II: INVENTAIRE NATIONAL DES EMISSIONS ET ABSORPTION DE GAZ A EFFET DE SERRE.....	27
2.1. Description Sectorielle.....	28
2.1.1. Secteur de l'énergie.....	28
2.1.2. Secteur des transports	31
2.1.3. Secteur de l'Industrie	31
2.1.4. Secteur des déchets	32
2.1.5. Secteur de l'agriculture et de l'élevage.....	33
2.1.6. Secteur de l'utilisation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie ...	36
2.2. Méthodologies.....	37
2.3. Tendances des émissions de GES	40
2.4. Analyse des émissions de Gaz à effet de serre, gaz par gaz	42
2.5. Analyse des émissions de Gaz à effet de serre en 2005, secteur par secteur	44
2.6. Indicateurs de la Qualité d'Estimation de Gaz à Effet de Serre	49
2.7. Sources Clés et non Clés de Gaz à Effet de Serre.....	52
2.8. Améliorations Prévues pour les Futurs Inventaires Nationaux de Gaz à Effet de Serre .	54
Conclusion	56
CHAPITRE III: ATTENUATION DE GAZ A EFFET DE SERRE ET RENFORCEMENT DE PUITTS	57
3.1. Collecte de Données	59
3.1.1. Les hypothèses clés.....	59
3.1.2. Les données de la demande énergétique.....	59
3.1.3. Les données de la transformation énergétique.....	61
3.1.4. Les données de l'agriculture	62
3.2. Choix des Hypothèses, Méthodes, Modèles, Outils et Développement des Scénarios .	62
3.2.1. Méthodologies.....	63
3.2.2. Scénarios pour les hypothèses clés	63
3.2.3. Scénarios pour l'agriculture, l'affectation des terres et la foresterie	72
3.2.4. Justification des options d'atténuation sélectionnées	74
3.3. Analyse des Résultats des Options de GES	78

3.3.1. Evaluation et analyse de la variation de l'énergie et des émissions de gaz à effet de serre relatives	78
3.3.2. Emissions réduites	86
CHAPITRE IV: VULNERABILITE ET ADAPTATION AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES	
4.1. Scénarios des Changements Climatiques au Rwanda.....	91
4.1.1. Projection des changements climatiques au Rwanda.....	91
4.1.2. Méthodologies des scénarios climatiques	91
4.2. Ressources en Eau.....	102
4.2.1. Situation actuelle de l'utilisation et de la demande en eau	102
4.2.2. Projections futures des débits de la Nyabarongo	105
4.2.3. Evaluation de la vulnérabilité aux changements climatiques dans le secteur des ressources en eau.....	107
4.2.4. Mesures d'adaptation aux changements climatiques dans le secteur des ressources en eau au Rwanda	111
4.2.5. Plan d'action d'adaptation pour la mise en œuvre des mesures d'adaptation dans le secteur des ressources en eau	111
4.2.6. Mécanismes et moyens de mise en œuvre des mesures d'adaptation aux changements climatiques dans la gestion des ressources en eau	119
4.3. Agriculture	121
4.3.1. Situation actuelle du secteur de l'agriculture.....	121
4.3.2. Vulnérabilité climatique sur l'agriculture et la sécurité alimentaire.....	123
4.3.3. Projection de la production agricole de 2000 à 2100.....	125
4.3.4. Adaptation aux changements climatiques adoptée par le Gouvernement Rwandais dans les secteurs de l'agriculture, de l'élevage et de la pisciculture	127
4.4. Forêts.....	132
4.4.1. Types de végétation du Rwanda	132
4.4.2. Principales espèces d'arbres dominants.....	133
4.4.3. Estimation de la vulnérabilité aux changements climatiques des forêts.....	133
4.4.4. Stratégies et plan d'action national d'adaptation et de réduction de gaz à effet de serre dans le secteur de la forêt.....	136
4.5. Santé.....	139
4.5.1. Impact des changements climatiques sur la santé humaine	139
4.5.2. Investissements publics dans le secteur de la santé et impact des changements climatiques sur l'économie nationale.....	143
4.5.3. Identification des options d'adaptation les plus appropriées pour le secteur de la santé au Rwanda.....	143
Conclusion et recommandations	147
CHAPITRE V : AUTRES INFORMATIONS JUGEES UTILES POUR ATTEINDRE L'OBJECTIF DE LA CONVENTION	
5.1. Intégration des Changements Climatiques.....	148
5.2. Transfert de Technologies.....	148
5.3. Recherche et Observation Systématique.....	150
5.4. Information sur les Programmes de Recherche	152
5.5. Education	153

5.6. Développement et Renforcement des Capacités en Rapport avec les Changements Climatiques	155
5.7. Information et Réseau d'Information pour les Chercheurs.....	155
5.8. Formation et Sensibilisation du Public	156
CHAPITRE VI: DIFFICULTES, LACUNES RELEVÉES, RESSOURCES FINANCIERES, MOYENS TECHNIQUES ET CAPACITES NECESSAIRES POUR Y REMEDIER	158
6.1. Obstacles et Lacunes.....	158
6.2. Identification des Barrières au Rwanda	158
6.3. Impact des Options Sélectionnées à l'Echelle Macroéconomique	159
BIBLIOGRAPHIE.....	160
ANNEXES.....	167

Liste des figures

Figure 1: Carte représentant les éléments du relief et du climat.....	19
Figure 2 :Variation de la température moyenne annuelle en °C (1971-2009) à la Station de Kigali Aéroport (centre du pays) et à la station de Kamembe Aéroport (Sud-ouest du pays).	22
Figure 3 Structure du PIB nominal, 2005	23
Figure 4 : Superficie et rendement du riz de 2002 à 2009	34
Figure 5: Production piscicole de 2006 à 2008 (par le Projet PAIGELAC).....	36
Figure 6: Tendances des émissions de GES	41
Figure 7: Emissions de GES en 2005 en Gg.....	44
Figure 8: Répartition des émissions des gaz directs (%) en 2005.....	45
Figure 9: Emissions totales de GES pour le secteur de l'Energie en 2005.....	45
Figure 10 : Emissions de GES pour le secteur des Procédés industriels en 2005	46
Figure 11: Emissions totales de GES pour le secteur de l'Agriculture en 2005.....	46
Figure 12: Emissions de GES pour le secteur de l'UTCATF en 2005	47
Figure 13: Emissions de GES pour le secteur des déchets en 2005.....	47
Figure 14: Répartition des émissions agrégées, gaz par gaz (%) en 2005	48
Figure 15: Répartition des émissions agrégées par secteur d'activité (%) en 2005.....	48
Figure 16: Diagramme de production, transmission et distribution de l'énergie selon la demande	72
Figure 17: Emissions totales provenant de la demande énergétique (données de référence et	81
Figure 18: Evolution des émissions totales réduites	87
Figure 19: Effet des options proposées sur l'environnement.....	88
Figure 20: Projections de la température	94
Figure 21: Projections de changement de température minimum	94
Figure 22: Température moyenne projetée des modèles de Circulation Générale	96
Figure 23: Température maximum projetée des trois modèles de Circulation Générale	98
Figure 24: L'approvisionnement en eau potable par secteur et par tête (l/p/j)	103
Figure 25: Années de hauts, moyens et faibles débits du régime hydrologique de	106
Figure 26: Projections des moyennes mensuelles des débits de la Nyabarongo à.....	107
Figure 27: Crues subites avec de sérieux dégâts sur les vies humaines et les	108
Figure 28: Régions plus exposées aux inondations et aux glissements de terrain.....	109
Figure 29: Baisse du niveau d'eau du lac Bulera alimentant les centrales hydroélectrique	110

Figure 30: L'insécurité alimentaire par district en 2009.....	125
Figure 31: Evolution de la Production de 2000 à 2100	127
Figure 32: Inondations à Bigogwe, District de Nyabihu, le 12 Septembre 2007	140

Liste des tableaux

Tableau 1 : Comparaison des indicateurs socio-économiques de 1980 à 2005.....	24
Tableau 2: Comptes nationaux et finances publiques.....	25
Tableau 3: Population et habitat	26
Tableau 4 : Emploi, santé, éducation et alphabétisation.....	26
Tableau 5: Consommation du bois et projection (t/an).....	28
Tableau 6: Evolution de l'importation des produits pétroliers 2002-2006 (Tonnes).....	29
Tableau 7 : Evolution de la consommation d'électricité.....	30
Tableau 8 : Approvisionnement en électricité par mode de production et tarif de 2003-2006	30
Tableau 9: Consommation de Gasoil/Diesel par les centrales thermiques	30
Tableau 10: Evolution du parc automobile de 2003-2006.....	31
Tableau 11: Production du ciment au niveau national (tonnes).....	32
Tableau 12: Production de chaux.....	32
Tableau 13: Les surfaces occupées par les principales cultures	33
Tableau 14: Superficie du riz irrigué au Rwanda	34
Tableau 15: Production Animale (<i>MINAGRI, RARDA and MINECOFIN, 2006</i>).....	35
Tableau 16: Superficie des parcs	37
Tableau 17: Superficie des réserves naturelles en ha (MINIRENA).....	37
Tableau 18: Superficie des plantations forestières gérées (ISAR, 2007).....	37
Tableau 19: Source de données par secteurs.....	37
Tableau 20: Méthodologies d'analyse et d'estimation de données par secteurs	38
Tableau 21: Méthodologies d'analyse et d'estimation de facteurs d'émission	38
Tableau 22: Contrôle de qualité / Assurance de qualité par secteurs	39
Tableau 23: Tendances des émissions de GES	40
Tableau 24: Récapitulation des estimations nationales de GES en 2005 selon la décision 17/CP.8	42
Tableau 25: Aperçu des émissions de GES pour l'année de référence 2005.....	44
Tableau 26: Emissions agrégées totales en 2005 en CO ₂ eq	48
Tableau 27: Comparaison des émissions de GES du Rwanda et du Niger pour le secteur de l'énergie	50
Tableau 28: Niveau de confiance.....	52
Tableau 29: Analyse des sources clés de GES (logiciel IPCC).....	53
Tableau 30: Utilisation de l'énergie pour l'éclairage (%)	60
Tableau 31: Utilisation de l'énergie pour la cuisson (%)	60
Tableau 32: Evolution de la demande par l'industrie de 2002 à 2006.....	61
Tableau 33: Evolution de la transformation énergétique de 2003 à 2006	61
Tableau 34: Catégorie de forêts et leurs superficies	62
Tableau 35. Projections des hypothèses clés	63
Tableau 36: Scénarios de référence et d'atténuation pour les ménages urbains.....	65
Tableau 37: Scénarios de référence et d'atténuation pour les ménages ruraux	66

Tableau 38: Scénarios de référence et d'atténuation pour le secteur de l'industrie et des institutions.....	68
Tableau 39: Estimation des consommations du carburant par véhicule.....	69
Tableau 40: Situation de base, scénarios de référence et d'atténuation pour le sous secteur des transports.....	70
Tableau 41: Scénarios de référence et d'atténuation pour la production de l'électricité.....	71
Tableau 42: Scénarios de référence et d'atténuation pour la production des autres sources d'énergie.....	71
Tableau 43: Répartition en '000 ha des terres pour les Scénarios d'atténuation.....	73
Tableau 44: Justification des options d'atténuation de gaz à effet de serre sélectionnées.....	74
Tableau 45: Scénarios de référence et d'atténuation de la demande énergétique dans divers domaines.....	79
Tableau 46: Emissions provenant de la demande énergétique (données de référence et d'atténuation).....	81
Tableau 47 : Emissions provenant de la transformation énergétique.....	84
Tableau 48 : Emissions totales réduites.....	87
Tableau 49: Effet des options proposées sur l'environnement.....	88
Tableau 50: Quantité totale de CO ₂ réduite par l'atténuation de gaz à effet de serre relative.....	89
Tableau 51: Scénario de référence.....	93
Tableau 52: Comparaison des performances des modèles.....	93
Tableau 53: Projections de changement de température minimum.....	94
Tableau 54 : T°C moyenne, projections de changement.....	96
Tableau 55: Projections de changement de la température maximum.....	98
Tableau 56: La desserte totale en eau potable par Province en 2009, au Rwanda.....	102
Tableau 57: Sélection des mesures d'adaptation techniques.....	111
Tableau 58: Plan d'action d'adaptation pour la mise en œuvre des mesures d'adaptation aux changements.....	112
Tableau 59: Activités prévues en cas de collecte des eaux de pluie et d'irrigation sur les collines (2009-2020).....	122
Tableau 60 : Estimation du taux croissance annuelle en surface occupée par les cultures.....	126
Tableau 61: Données de base des cultures (1971-2000).....	126
Tableau 62: Projections de la production en MT (Scénario de 2000 à 2100).....	127
Tableau 63: Exemples de mesures d'adaptation aux changements climatiques dans le secteur de l'agriculture.....	129
Tableau 64: Plan d'action national d'adaptation pour la mise en œuvre des mesures d'adaptation dans le secteur de l'agriculture.....	130
Tableau 65: Savane de basse altitude (Akagera, Amayaga, Bugesera et Umutara).....	135
Tableau 66: Haute altitude (Buberuka, zone de lave, crête Congo- Nil).....	135
Tableau 67: Plan d'action pour l'adaptation et la réduction des GES dans le secteur de la foresterie.....	136
Tableau 68: Synthèse sur les types de maladies liées aux changements climatiques.....	142
Tableau 69: Options d'adaptation les plus appropriées dans le secteur de la santé.....	144

RESUME

INTRODUCTION

L'une des préoccupations majeures actuelles de l'humanité concerne les changements climatiques. Ceux-ci sont attribués directement ou indirectement à une activité humaine à savoir l'émission des gaz à effet de serre (CO₂, N₂O, CH₄, CO, NO_x, COVNM) provenant du développement économique. Le présent travail constitue la Deuxième Communication Nationale relative à la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC).

Chapitre I: CONDITIONS PROPRES AU PAYS

Le Rwanda, pays montagneux à relief étagé entre environ 1400 et 3000 m et à climat tempéré Cw de Köppen, est géographiquement localisé en Afrique Centrale entre 1°04' et 2°51' de latitude sud et entre 28°45' et 31°15' de longitude Est.

Sur une superficie totale de 26.338 km², seuls 52% (~1.385.000 ha) auxquels il faut ajouter 100.000 ha de terres de marais sont utilisables par environ 80% de la population dont la densité moyenne est de l'ordre de 321 habitants au km².

Sa production essentiellement agricole reste insuffisante et entraîne une dégradation importante de l'environnement suite à sa surexploitation. Une gestion intégrée de ce capital naturel s'avère donc nécessaire afin d'aboutir à un développement durable dans le cadre actuel des changements climatiques. En effet, l'agriculture contribue à 34 % du Produit National Brut et 71 % des revenus d'exportations.

L'élevage au Rwanda est généralement pratiqué en stabulation au niveau des ménages, sauf au Nord-Est du pays où il est de type extensif. A cause de l'exiguïté de la propriété foncière familiale, les petits ruminants, porcins et volailles prennent progressivement de l'importance.

La pêche est pratiquée dans divers lacs du pays, dans les petits barrages collinaires aménagés à diverses fins et dans les étangs et les rivières.

Les forêts naturelles humides constituent la majorité de la couverture forestière (33%). Viennent ensuite les plantations d'Eucalyptus (26%) et les forêts en état de dégradation (15.7%). La plupart des forêts humides sont des forêts protégées tandis que les plantations et forêts dégradées sont régulièrement exploitées pour divers usages domestiques.

Les terres forestières qui n'ont pas été perturbées depuis 2000 sont essentiellement situées dans les parcs nationaux de Nyungwe, des Birunga et de l'Akagera.

Sur le plan politique, la Vision 2020 du Gouvernement représente son leitmotiv. Ses grandes priorités sont la protection et la gestion de l'environnement, la réduction de la pauvreté et la promotion des investissements. Au niveau institutionnel, le Ministère des Ressources Naturelles - MINIRENA (ex MINELA : Ministère de l'Environnement et des Terres) est le ministère chargé d'assurer la politique de l'Etat relative à la protection, conservation et gestion de l'environnement.

En ce qui concerne le réseau hydrographique, deux bassins hydrographiques se partagent les eaux du Rwanda. A l'Ouest, le bassin du Congo draine 33% du territoire et 10% des eaux; à l'Est on a le bassin du Nil, drainant 67% du territoire et 90% des eaux.

L'analyse de la pluviométrie totale mensuelle et annuelle de la station de Kigali-Aéroport pour la période allant de 1961 à 1990 semble montrer une nette tendance à la baisse quand on la compare aux années antérieures. Par contre, celle des températures moyennes annuelles (Stations de Kigali-Aéroport et de Kamembe (1971-2007) montre une nette tendance à l'accroissement (0,9°C dans 27 ans) ; ce qui semble conforme aux scénarios climatiques A1F1, A2, B1 et B2 (Ruosteenoja et al, 2003).

En ce qui concerne les indicateurs socio-économiques utilisés ici, ils proviennent de l'Institut National des Statistiques du Rwanda (2006), du Ministère des Finances et de la Planification Economique (2003 ; 2006).

Plusieurs secteurs d'activités sont ici étudiés en rapport avec les changements climatiques :

- La consommation énergétique actuelle du pays est subdivisée en consommation de biomasse 86% (bois-énergie et résidus agricoles), de produits pétroliers (11%), et d'électricité (3%) dont 56% proviennent des centrales hydroélectriques et 44% des centrales thermiques ;
- Le secteur des transports est dominé par le transport routier; le nombre de voitures domine parmi les véhicules à quatre roues (44.245) suivi des pick-up (8.113) et des jeeps (6.882) ;
- Le secteur industriel du Rwanda est essentiellement constitué par les mines & carrières et les manufactures (agro-industries et petites & moyennes entreprises). L'entreprise de production de ciment « CIMERWA » et la coopérative de production de la chaux « COCOCHAUMA » constituent les deux principales sources d'émission de gaz à effet de serre ;
- Les décharges des déchets trouvées dans les villes du Rwanda sont des décharges sauvages, notamment celle de Kigali/Kicukiro (décharge de Nyanza) dont la quantité de déchets solides est en nette augmentation. Elle est passée pratiquement du simple (21.000 tonnes en 2003) au double (37.979 tonnes en 2007) en transitant par 27.875 tonnes en 2005. De même, la gestion des eaux usées reste un problème crucial dans les quartiers à habitat spontané ; elles sont déversées directement dans la nature sans aucun traitement.

Chapitre II : INVENTAIRE NATIONAL DES EMISSIONS ET ABSORPTION DE GAZ A EFFET DE SERRE

Pour estimer les émissions et absorptions nationales de gaz à effet de serre, le Rwanda a utilisé les directives pour l'établissement des communications nationales des Parties non visées à l'Annexe I de la Convention (décision 17/CP.8) et la méthodologie du Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'évolution du Climat (GIEC).

Pour l'année 2005, choisie comme année de base, les résultats d'études sur l'inventaire de gaz à effet de serre, montrent que le Rwanda a contribué aux émissions de gaz directs avec 530,88Gg de dioxydes de carbone (CO₂), 71,31Gg de méthane (CH₄), et 10Gg d'hémioxydes d'azote (N₂O) ; par contre, pour les gaz indirects il a contribué avec 16Gg d'oxydes d'azote (NO_x), 2.327Gg de monoxydes de carbone (CO), 42Gg de composants organiques volatiles non méthaniques (COVNM) et 18Gg d'oxydes de soufre (SO_x).

En tenant compte des Potentiels de Réchauffement Global (PRG100) respectifs ci-après: 1 pour le CO₂, 21 pour le CH₄ et 310 pour le N₂O, les émissions agrégées totales se sont élevées à 5.010,4Gg de CO₂eq. Le secteur de l'UTCATF montre les émissions relativement faibles de CO (1.957Gg) par rapport à l'absorption de CO₂ (-8.545Gg).

Les totaux des émissions de gaz à effet de serre aussi bien directs (CO₂, CH₄ et N₂O) qu'indirects (CO, NO_x, COVNM et SO_x) ont, de façon générale, connu une évolution positive entre 2003 et 2006 ainsi qu'on peut le voir sur le tableau 23.

Tableau 23 : Tendances des émissions de GES

Emissions (Gg)	2003	2004	2005	2006
GES DIRECTS				
Total Dioxyde de carbone (CO ₂)	452,37	483,89	530,88	601,05
Procédés industriels	145,18	148,47	150,52	153,91
Energie	307,19	335,42	380,36	447,14
Total Affectation des Terres et Foresterie (CO ₂ absorbé)	-6.620	-6.964	-8.545	-10.126
Total biomasse (pour mémoire)	6.747,19	6.983,35	7.227,6	7.493,68
Total Méthane (CH₄)				
Total Méthane (CH ₄)	64,27	68,75	71,31	74,1
Energie	18,54	19,19	19,86	20,6
Agriculture	43,5	47,1	48,9	50,7
Déchets	2,23	2,46	2,55	2,8
Total Hémioxyde d'azote (N₂O)				
Total Hémioxyde d'azote (N ₂ O)	3,53	7,93	9,83	11,73
Energie	0,24	0,25	0,26	0,27
Agriculture	3,2	7,6	9,5	11,4
Affectation des Terres et Foresterie	0,09	0,08	0,07	0,06
GES INDIRECTS				
Monoxyde de carbone (CO)	1.963,08	2.006,76	2.327	2.652,482
Oxydes d'azote (NO _x)	15,316	15,217	16,008	16,799
COVNM	38,96	40,37	41,78	43,57
Oxydes de soufre (SO _x)	16,6	16,94	18,07	18,48

Dans le présent travail, plusieurs indicateurs de la qualité d'estimation des GES ont été utilisés, à savoir : exhaustivité, transparence, comparabilité, cohérence, exactitude et évaluation des incertitudes.

L'analyse catégorielle des sources d'émissions a été faite selon « key category analysis » à partir du logiciel IPCC (UNFCCC Software). Deux sources clés ressortent : l'Agriculture avec des valeurs respectives de N₂O et de CH₄ de 2.882,1Gg et 955,4Gg et l'Energie avec des valeurs respectives de CH₄ et de CO₂ de 416,1Gg et 269,9Gg ; soit un total de 90.2%. L'UTCATF avec sa valeur de -8.545Gg représente un puits.

Pour améliorer les prochains inventaires de gaz à effet de serre, plusieurs recommandations générales ont été proposées dans différents secteurs d'activité, notamment, la collecte régulière de données de base par les services concernés en charge de l'énergie, de l'agriculture, de l'utilisation des terres et foresterie, des procédés industriels et de la gestion des déchets.

Chapitre III : ATTENUATION DE GAZ A EFFET DE SERRE ET RENFORCEMENT DE PUIITS

La vision du Gouvernement prévoit qu'à l'horizon 2020, le Rwanda aura réduit la part du bois dans le bilan énergétique de 90% à 40%. Le potentiel hydraulique associé à celui du gaz méthane devrait satisfaire les besoins en énergie électrique pour toutes les activités de développement du pays avec un supplément de 125MW par rapport à 2002. Dans le cadre de la Vision 2020 et surtout dans son récent Plan Stratégique de Réduction de la Pauvreté (P.R.S.P.), le Gouvernement s'est donné comme objectifs d'assurer un taux de croissance de consommation d'énergie électrique de 9,6 % par an, un taux d'électrification rurale de 30% et d'amener de 6% à 35% la population ayant accès à l'électricité.

Toutes les données relatives à ce point sont analysées selon les scénarios de référence (Vision 2020) et d'atténuation de gaz à effet de serre (mesures proposées par le Gouvernement). Les données de base comprennent l'effectif de la population, le taux annuel de croissance de la population, le produit intérieur brut, le nombre de ménages, la taille moyenne des familles, et le taux d'urbanisation. Sur base d'estimations de demande énergétique, les scénarios de référence et d'atténuation ont été proposés pour les ménages urbains et ruraux.

Les hypothèses d'atténuation de gaz à effet de serre pour le secteur de l'industrie sont basées sur :

- la substitution du fuel par le gaz méthane du lac Kivu ;
- la substitution du quart de la quantité du bois de chauffage utilisé dans les institutions par le biogaz et l'utilisation des fours à haut rendement énergétique ; et
- le reboisement pour augmenter la quantité de bois de chauffage et la quantité de forêts servant à séquestrer les gaz à effet de serre.

Les utilisateurs de cette catégorie sont groupés en unités dénommées « Buildings » dans le logiciel LEAP.

En ce qui concerne le transport, le nombre des véhicules motorisés en 2006 était de 41.052 (INSR, 2006) et leur accroissement annuel de 10%. Pour la longue période de 2005 à 2030, ce dernier a été estimé à 6%, correspondant à l'accroissement annuel du PIB.

Quant à la transformation énergétique, elle nécessite deux opérations à savoir le transport et la distribution qui engendrent des pertes estimées à 20% dans le cas de l'électricité, 5% pour le charbon et 1% pour le gaz. L'hydroélectricité contribue à 50% ; le reste est produit par des générateurs thermiques à fuel.

Pour ce qui est de l'agriculture, l'utilisation et changement d'affectation des terres et foresterie, les scénarios d'atténuation de gaz à effet de serre tiennent compte de la demande en bois dans les 40 ans à venir. Cependant, les espèces dont l'exploitation apporte les intérêts économiques plus importants et avec plus de chance du commerce de carbone (Mécanisme pour un développement Propre-MDP) sont privilégiées. En 2005, la demande en bois-énergie était de 7.822.063 tonnes alors que l'offre était de 4.982.063 tonnes. Pour combler ce déficit en bois-énergie, l'eucalyptus est proposé.

Plusieurs options d'atténuation de gaz à effet de serre dans divers domaines du secteur de l'énergie (ménages, industrie, transport et transformation énergétique) ont été identifiées, sélectionnées et justifiées.

Les figures ci-après montrent la variation de la demande totale en énergie (en millions de gigajoules) et la variation des émissions de gaz à effet de serre y relatives (en équivalents CO₂). Cette variation énergétique de 2005 à 2030, est liée aux scénarios de référence et d'atténuation de gaz à effet de serre pour la branche de la demande énergétique et ses trois sous branches (Ménages, industrie et transport) ainsi que pour la transformation énergétique.

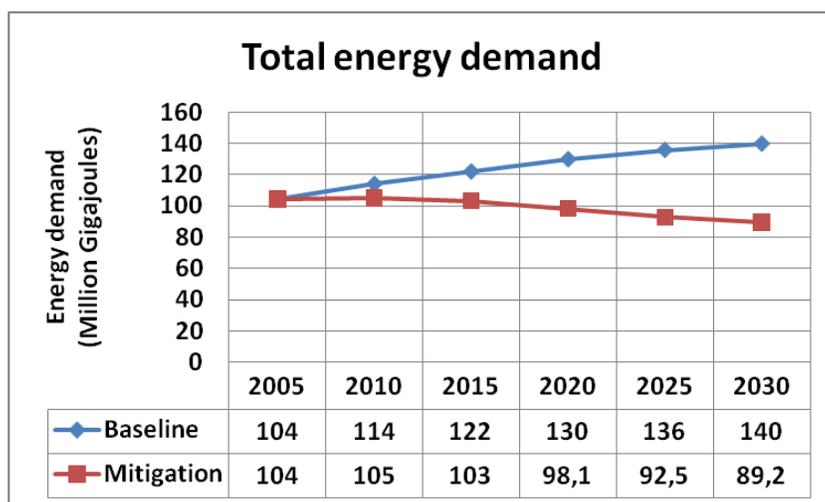


Figure15a: Demande énergétique totale

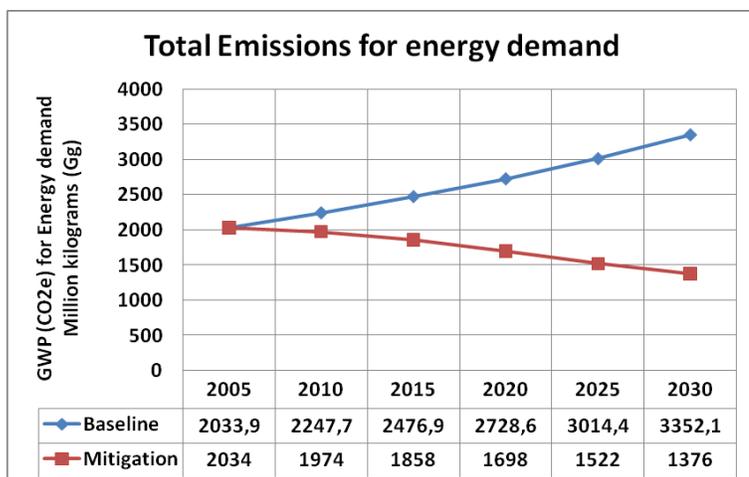


Figure16a: Total des émissions pour la demande énergétique

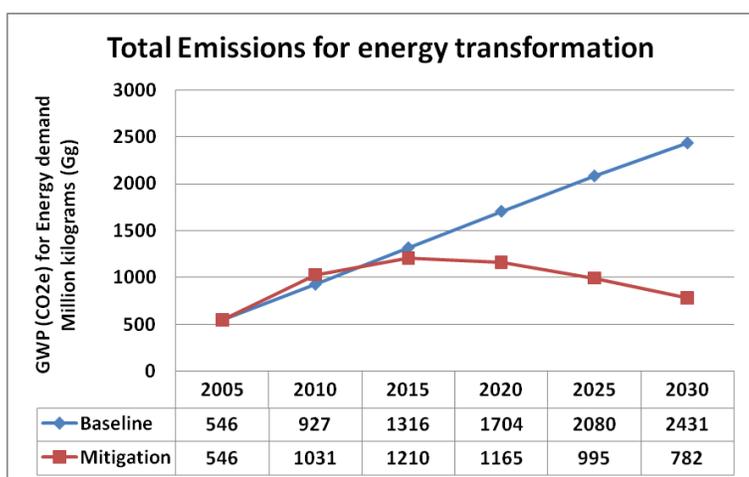


Figure 17a: Emissions totales provenant de la transformation énergétique

En ce qui concerne les émissions réduites, on distingue les émissions liées à l'utilisation de l'énergie et celles liées à l'agriculture, l'affectation des terres et la foresterie. La figure ci-dessous montre les émissions en équivalents CO₂ réduites par les options d'atténuation de gaz à effet de serre liées à l'utilisation totale de l'énergie (demande et transformation énergétique).

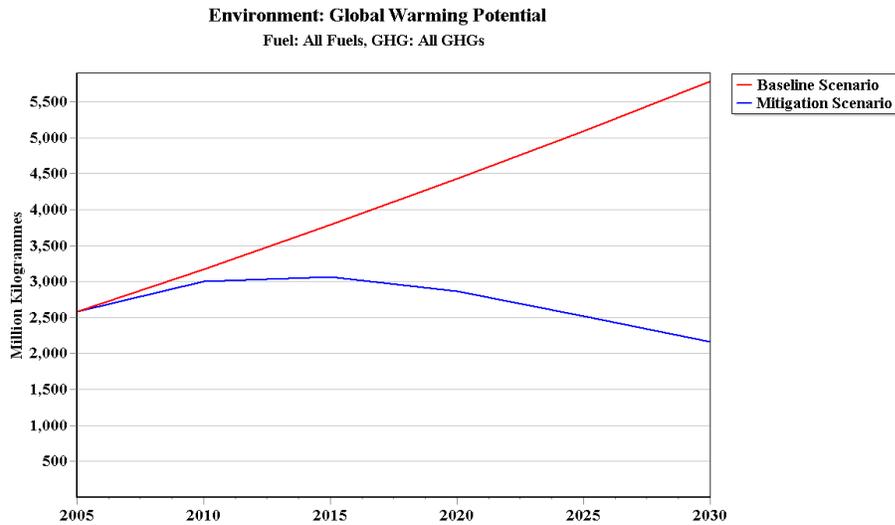


Figure18: Evolution des émissions totales réduites

La figure 19 ci-dessous montre l'effet des options proposées sur l'environnement en considérant la réduction des émissions de tous les gaz

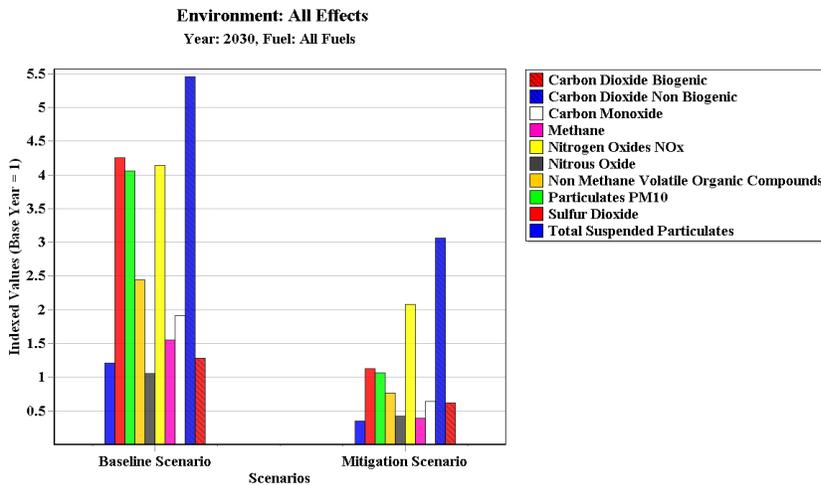


Figure19: Effet des options proposées sur l'environnement

Quant aux émissions liées à l'agriculture, l'affectation des terres et la foresterie, la quantité totale en tonnes d'équivalents CO₂ réduite (séquestrée par les forêts) sera de **-18.862.500 tCO₂e** compte tenu des options d'atténuation proposées à l'horizon 2030.

Chapitre IV: VULNERABILITE ET ADAPTATION AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Scénarios climatiques

La situation géographique du Rwanda, son relief, la densité de la population et les indicateurs socio-économiques rendent le pays vulnérable aux risques naturels et anthropiques.

Les projections climatiques pour le Rwanda ont été faites pour la période de 2010-2100 en prenant comme référence la période de 1971-2007. Le Modèle MAGICC (Modèle pour l'évaluation des changements climatiques causés par les gaz à effet de serre) a été utilisé pour faire les estimations climatiques du Rwanda par rapport aux données de cette période de référence. Trois modèles (sur 17) à savoir PCM_00, IAP_97 et LMD_98 ont été retenus comme représentant le mieux ces projections dont voici les résultats:

- Les trois modèles prévoient une augmentation moyenne des températures minimale, moyenne et maximale vers les années 2020-2100. L'augmentation de la moyenne annuelle des températures maximales atteint 3,3°C.
- Pour la pluie, les projections faites montrent que deux modèles, IAP_97 et LMD_98, respectent la variabilité de deux saisons humides durant les mois de mars, avril, mai et septembre- octobre- novembre, mais avec un changement croissant qui atteint 50 mm en avril et décembre pour les modèles LMD_98 et IAP_97 respectivement.
- Pour l'évapotranspiration potentielle moyenne, les outputs des modèles IAP_97 et LMD_98 montrent que l'évapotranspiration potentielle annuelle va s'accroître chaque année. Pour IAP_97, on prévoit qu'elle va atteindre 1.351 mm vers 2020, 1.432 mm vers 2050 et 1.682 mm vers 2100.

RESSOURCES EN EAU

Le Rwanda connaît un réseau hydrographique très dense ($\pm 2 \text{ km/km}^2$), généralement bien doté de sources venant des aquifères discontinus des terrains précambriens.

La desserte totale en eau potable en 2009 au Rwanda était estimée à 73,81% de la population rwandaise, alors que la consommation moyenne par tête était estimée à 54,7 litres/tête/jour.

Le secteur industriel restant encore peu développé au Rwanda, les besoins en eau passeraient de 1.300.000 à 6.100.000 m³/an.

La demande en eau en agriculture est limitée à l'irrigation qui est peu pratiquée au Rwanda (essentiellement en riziculture). On estime à 140 Mm³ les besoins actuels pour les cultures intensives. La consommation en eau du bétail reste faible et représente environ 10% des besoins totaux. Les besoins en eau à l'horizon 2020, évalués sur la base de l'évolution des surfaces cultivées et de têtes de bétail pour 2020, sont estimés à 840 Mm³/an.

Le modèle WATBAL (Spatial lumped conceptual integrated catchment Water Balance model) a été appliqué au bassin hydrographique de la rivière Nyabarongo à Kigali d'une superficie de 8.900 km² (températures et précipitations moyennes mensuelles de 1971 à 2005 des stations de

Ruhengeri, Byimana, Gikongoro /Nyamagabe et Rwamagana). Le modèle LMD_98 a été utilisé pour avoir les données de l'évapotranspiration sur les années de projection de 2010 à 2100.

Pour les projections de 2010 à 2100, les débits moyens de la Nyabarongo à Kigali seraient légèrement faibles par rapport aux débits moyens de l'année de référence 1988. Cela implique une diminution des débits d'écoulement dans les années à venir.

La vulnérabilité aux changements climatiques dans le secteur des ressources en eau se traduit par une fréquence élevée de sécheresses prolongées et de fortes précipitations à l'origine du ruissellement qui, couplé à la fragilité naturelle des sols et à la déforestation (forêt de Gishwati), entraîne une quantité importante de terres vers les vallées et les bas fonds ; ce qui explique les inondations importantes à la base d'importantes pertes matérielles, en vies humaines, et en biodiversité. Pour y remédier, trois mesures fondamentales d'adaptation sont possibles : augmenter l'approvisionnement en eau, réduire la demande en ressources en eau et gérer la demande et l'offre différemment

AGRICULTURE

Depuis les années 80, le secteur agricole du pays se heurte à une série de contraintes uniques. A cause de la haute densité de la population, les terres restent insuffisantes au moment où la plupart des agriculteurs pratiquent surtout l'agriculture pluviale (l'utilisation des intrants, organiques et non organiques, reste très basse).

Par manque de certaines données nécessaires pour lancer le programme des modèles DSSAT, SPUR, et autres, le présent travail sur la vulnérabilité climatique sur l'agriculture et la sécurité alimentaire rassemble seulement les informations sur les activités déjà réalisées par le Ministère de l'Agriculture et des Ressources Animales (MINAGRI) depuis l'édition de la communication nationale initiale relative à la CCNUCC. Il s'agit notamment du déplacement des saisons culturales A (Septembre – Novembre) et B (Mars-Mai) ; ce qui cause la perturbation des dates de semis, la baisse des rendements, l'intensification des maladies des cultures, et la diminution des eaux d'irrigation.

Selon les scénarios climatiques pour le Rwanda, les moyennes de températures de l'air vont augmenter de 1° à 3°C d'ici l'an 2100. Ceci aura plusieurs implications sur l'agriculture et l'élevage telles que l'apparition des maladies respiratoires et du piétin dans les régions à plus fortes précipitations d'une part, et la diminution de la production laitière entraînant la baisse des revenus de la population d'autre part.

La projection de la production agricole de 2000 à 2100 faite en utilisant les coefficients proposés par le Model DSSAT, montre, parmi les cultures principales choisies, une forte augmentation de céréales et une légère augmentation de l'arachide. Si les températures continuent à monter, cette production escomptée pourrait diminuer à moins que l'irrigation soit maximisée.

Pour ce qui est de l'adaptation aux changements climatiques, l'EDPRS 2008-2010 a intégré les priorités du PANA et a développé plusieurs stratégies d'adaptation aux changements climatiques

dans différents secteurs d'activité, avec un accent particulier sur l'investissement dans les systèmes d'alerte rapide et de prévisions saisonnières.

FORETS

Plusieurs types de végétation sont rencontrés au Rwanda à savoir : les forêts pluviale de montagne (1500-3000 m) et dégradée submontagneuse (1500-2000 m), la savane herbeuse sur le plateau central (1600-2000 m), la savane de basse altitude, la forêt xérophile et la forêt (1300-1600 m), la végétation marécageuse de moyenne et de haute altitudes (1300-2500 m), et la végétation alpine et subalpine des terrains volcaniques (3000-4500 m).

Les principales espèces d'arbres dominants et d'importance socio-économique sont l'Eucalyptus et le Pinus tandis que le *Grevillea* vient en tête en agroforesterie.

En ce qui concerne la vulnérabilité, la hauteur et la distribution des pluies ainsi que la forte évapotranspiration pendant la période végétative vont limiter l'existence des conditions bioclimatiques de ces trois espèces d'arbres dans les zones plus basses (zones planaires et collinaires). Par contre, dans les zones plus élevées, les autres facteurs tels que les vents extrêmes et les inondations vont les affecter.

Enfin, plusieurs stratégies d'adaptation aux changements climatiques et de réduction de gaz à effet de serre ont été proposées, à savoir: l'afforestation, la reforestation, la gestion de forêts, la déforestation réduite, la gestion des produits de bois coupé, l'utilisation des produits forestiers (bio-énergie) en remplacement du pétrole, l'amélioration des espèces d'arbres pour augmenter la productivité de la biomasse et la séquestration du carbone, et les technologies améliorées de télédétection pour l'étude de la végétation et du sol, du potentiel de séquestration de carbone et pour la cartographie de l'utilisation et du changement d'affectation des terres.

SANTE

Le Rwanda n'est pas à l'abri des catastrophes et chocs naturels liés au climat. L'une des manifestations de ces catastrophes est l'impact qu'ils entraînent sur le secteur de la santé en causant des maladies transmissibles telles que le paludisme, le choléra, les maladies d'origine hydrique et des maladies non transmissibles telles que la méningite.

Toutefois, les causes principales de la mortalité dans la population globale sont le SIDA, avec ses maladies opportunistes, suivi de la malaria grave. Les deux maladies comptent à elles seules plus de 35% de cas de mortalité.

L'érosion, les glissements de terrain, les inondations et les sécheresses prolongées sont les autres catastrophes affectant la santé humaine.

Au Rwanda, plusieurs mesures d'adaptation aux changements climatiques dans le secteur de la santé humaine existent même si certaines sont très chères. Bien plus, certaines sont déjà intégrées dans les stratégies nationales en cours d'exécution (EDPRS, Stratégies sectorielles du Secteur de la santé), d'autres sont exécutées avec peu d'attention et d'autres sont à planifier de nouveau.

Voici, entre autres, quelques stratégies à renforcer en fonction des catégories de maladies : confection de cartes de risques, système d'information et d'alerte hydro-agrométéorologique, renforcement des capacités professionnelles du secteur de la santé, utilisation des latrines

améliorées, culture de lavage des mains après les toilettes, création d'emplois non agricoles dans les régions vulnérables aux changements climatiques affectant la production agricole, accroissement de l'agriculture irriguée à grande échelle, relance de techniques de stockage, de transformation et de conservation des produits alimentaires (stock de sécurité alimentaire dans chaque secteur administratif), planification de l'habitat afin d'éviter les zones inondables et à fortes pentes à haut risque de glissements de terrain (Musanze, Nyamasheke, Rusizi, Nyabihu and Rubavu).

Chapitre V : AUTRES INFORMATIONS JUGEES UTILES POUR ATTEINDRE L'OBJECTIF DE LA CONVENTION

Comme dans le cas de nombreux pays en développement, le Rwanda a dû faire face à une crise énergétique grave en matière d'électricité. Il a néanmoins réussi à résoudre en grande partie ce problème grâce à l'utilisation d'ampoules à faible consommation d'énergie, du gaz méthane et surtout à l'utilisation complémentaire des sources d'énergie thermique.

Cette dernière solution s'est accompagnée d'une forte hausse du prix du KWH de l'électricité. Ceci a pour conséquence que la population se rabat sur le bois comme source d'énergie, ce qui contribue à la déforestation et donc à la diminution des puits de gaz à effet de serre. Pour faire face à cette situation, l'utilisation des technologies appropriées d'adaptation aux changements climatiques notamment relatives aux braséros électriques et non électriques ainsi qu'aux fours améliorés à faible consommation de bois-énergie s'avère nécessaire.

En ce qui concerne l'éducation, force est de constater que les programmes aussi bien scolaires qu'académiques ne font nullement allusion directement aux changements climatiques. Il est donc impérieux d'intégrer ces enseignements au niveau de tous les curricula et cela depuis l'Enseignement Primaire jusqu'à l'Enseignement Supérieur.

En effet, aucune formation spécifique n'est assurée dans le domaine des changements climatiques. Ainsi qu'on peut le voir, une nécessité de formation supérieure spécialisée s'impose. Elle pourrait être assurée par KIE à travers la création d'une option ECE (Environnement-Changements Climatiques avec Education) dont l'enseignement de base serait orienté vers l'Environnement et les Changements Climatiques.

Au Rwanda, comme c'est le cas dans plusieurs pays en développement, les activités de la recherche sont moins développées par manque d'infrastructures adéquates, du personnel hautement qualifié et du financement. Toutefois, quelques enseignants, chercheurs et étudiants proches de ce domaine (géographie, agriculture, biologie, sciences appliquées, etc.) rédigent des travaux (mémoires) et publient quelques articles. De même, quelques Institutions de recherche et/ou d'Enseignement Supérieur possèdent des projets de recherche relatifs aux changements climatiques. C'est le cas entre autres de KIE, KHI, ISAR/UNR, KIST.

En ce qui concerne les publications, force est de constater un manque cruel d'organes de publications. Pour tout le Rwanda, seules quelques Institutions d'Enseignement Supérieur possèdent des revues scientifiques dont la régularité de parution est problématique ; il s'agit de l'UNR, de KIST, de l'ISAE et de l'ULK.

Vu les difficultés présentes de la recherche en général, il serait très utile que REMA s'y implique en collaboration avec les Institutions de recherche et/ou d'Enseignement Supérieur.

En ce qui concerne les données météorologiques du Rwanda, le service météorologique dispose d'une grande banque de données historiques (gérées par le logiciel climatique CLICOM) qui datent de 1906 et provenant de plus de 50 stations opérationnelles avant 1994. Après cette date, seules quelques stations ont été remises en service entre 1998 et 2000 à des fins de l'aviation civile. Malheureusement, une bonne partie de ces données n'est pas encore informatisée et reste consultée dans les documents techniques (pas d'annuaires climatologiques mis à jour et aucun bulletin agro météorologique n'a été publié).

Il en est de même des données hydrologiques. Comme dans le cas de la météorologie, les stations hydrologiques qui étaient au nombre de 47 en 1994 ont pratiquement toutes disparu. Ainsi, les jaugeages liquides et solides ne sont plus effectués actuellement au service hydrologique.

Afin d'assurer la continuité des communications nationales du Rwanda, un bureau de coordination national a été mis en place. Il comprend les Départements gouvernementaux, les Universités, les Instituts Supérieurs et les Institutions de recherche. Toutefois, il est souhaitable de renforcer l'action de cette équipe.

Pour ce qui est des capacités, il serait bon d'organiser des sessions de formation et de recyclage des chercheurs et enseignants des changements climatiques, ainsi que des formations post universitaires (certificats, diplômes, masters, doctorats).

Afin de communiquer l'information utile sur les changements climatiques aux éventuels chercheurs, il est recommandé ce qui suit :

- la mise en place d'un site web spécialisé (à intégrer dans celui de REMA) et d'un réseau de correspondants spécialisés dans les changements climatiques ;
- la constitution d'une banque de diverses données et de travaux de recherches (conférences, séminaires, mémoires, thèses) sur les aspects des changements climatiques et d'un réseau de coordination nationale, provinciale et entre institutions;
- le renforcement de la coopération des pays de la Communauté est-africaine qui se rencontrent régulièrement pour mettre en place un plan directeur commun d'adaptation aux changements climatiques ; et
- l'utilisation des associations culturelles et des média.

Chapitre VI: DIFFICULTES, LACUNES RELEVES, RESSOURCES FINANCIERES, MOYENS TECHNIQUES ET CAPACITES NECESSAIRES POUR Y REMEDIER

En dépit de l'existence des conditions économiques, légales et politiques stimulantes, il existe au Rwanda plusieurs barrières potentielles à leur mise en pratique à large échelle et au transfert de technologies appropriées d'adaptation aux changements climatiques dans les différents secteurs. Il s'agit notamment du manque ou de l'insuffisance des investissements locaux et étrangers, et de l'état peu développé du marché local des technologies adaptées d'épargne de l'énergie.

Toutefois, plusieurs obstacles se présentent face au gouvernement comme l'incapacité de disposer des équipements modernes et une capacité technique insuffisante pour la réalisation de ces nouvelles technologies.

INTRODUCTION

L'une des préoccupations majeures actuelles de l'humanité concerne les changements climatiques. Ceux-ci sont attribués directement ou indirectement à une activité humaine à savoir l'émission de gaz à effet de serre (CO₂, N₂O, CH₄, CO, NO_x, COVNM) provenant du développement économique. Ces émissions altèrent la composition de l'atmosphère mondiale et s'ajoutent à la variabilité naturelle du climat. Elles s'accompagnent d'effets nocifs significatifs (vulnérabilité) sur la composition, la résistance, la productivité des écosystèmes naturels et aménagés, sur le fonctionnement des systèmes socio-économiques, la santé et le bien-être de l'homme.

Il incombe donc aux Parties à la CCNUCC et à son Protocole de Kyoto de prendre des mesures de précaution pour prévoir, prévenir ou atténuer les causes des changements climatiques et en limiter les effets néfastes pour un développement durable.

Pour ce faire, les Parties doivent appliquer et diffuser des technologies pratiques et procédés qui permettent de maîtriser, de réduire ou de prévenir les émissions anthropiques de gaz à effets de serre (non réglementés par le protocole de Montréal) dans tous les secteurs pertinents, en particulier ceux de l'énergie, des transports, de l'industrie, de l'agriculture, des forêts et de la gestion des déchets.

Ceci implique, outre la diminution au minimum de gaz à effet de serre, non seulement le renforcement de leurs puits, mais aussi l'encouragement et le soutien :

- de l'observation systématique et de la constitution d'archives de données sur le système climatique permettant d'une part, de mieux comprendre les causes, les effets, l'ampleur et l'échelonnement dans le temps des changements climatiques, et d'autre part, de réduire et dissiper les incertitudes qui subsistent à cet égard ;
- de l'échange de données et de travaux de recherche scientifique, technologique, technique, socio-économique et juridique sur le système climatique et les changements

climatiques, ainsi que sur les conséquences socio-économiques de diverses stratégies de riposte ;

- de l'éducation, de la formation et de la sensibilisation du public dans le domaine des changements climatiques ainsi que de la participation la plus large des O.N.G.

Conformément aux préoccupations ci-haut, le présent rapport constitue la Deuxième Communication Nationale relative à la CCNUCC.

Toutefois, rappelons que le Rwanda a fait son rapport pour sa Communication Initiale en prenant 2002 comme année de référence au lieu de 1994. Pour la deuxième Communication Nationale, c'est l'année 2005 qui a été choisie comme année de base pour ces inventaires de GES qui vont de 2003 à 2006. Le choix de 2005 a été motivé par le fait qu'elle représente la situation normale des activités du pays par rapport à 1994, l'année des grandes perturbations socio-économiques et de génocide au Rwanda.

Le Rwanda n'a pas sa propre méthodologie pour estimer les émissions et absorptions nationales des GES. Cependant les directives pour l'établissement des communications nationales des parties non visées à l'annexe I de la convention selon la décision 17/CP.8 et la méthodologie du GIEC ont été utilisées.

Ainsi, ce rapport se présente sous la structuration ci-après:

- Le premier chapitre présente les conditions propres au pays. Il est ici question du cadre politique, institutionnel et juridique, du cadre physique (relief, climat, et ressources naturelles) et des indicateurs socio-économiques;
- Le deuxième chapitre traite de l'inventaire national des émissions et de l'absorption de gaz à effet de serre (CO₂, N₂O, CH₄, CO, NO_x, COVNM), secteur par secteur (énergie, transports, industrie, déchets, agriculture et élevage) ;
- Le troisième chapitre concerne l'atténuation de gaz à effet de serre et le renforcement de puits, en rapport avec les données de la demande énergétique, de la transformation énergétique, de l'agriculture et de l'élevage, de l'affectation des terres, et de la foresterie ;
- Le quatrième chapitre se rapporte à la vulnérabilité et à l'adaptation aux changements climatiques en rapport avec les scénarios des changements climatiques, les ressources en eau, l'agriculture, les forêts, et la santé;
- Le cinquième chapitre est relatif aux autres informations jugées utiles pour atteindre l'objectif de la convention : intégration des changements climatiques, transfert de technologies, recherche et observation systématique, information sur les programmes de recherche, éducation, développement et renforcement des capacités en rapport avec les changements climatiques, information et réseau d'information pour les chercheurs, formation et sensibilisation du public;

- Le sixième et dernier chapitre traite des difficultés, lacunes relevées, ressources financières, moyens techniques et capacités nécessaires pour y remédier ; il y est question d'obstacles et lacunes, d'identification des barrières, et de l'impact des options sélectionnées à l'échelle macroéconomique.

CHAPITRE I: CONDITIONS PROPRES AU PAYS



Le Rwanda est un pays montagneux et surpeuplé. Sa production essentiellement agricole reste insuffisante et entraîne une dégradation importante de l'environnement suite à sa surexploitation. Une gestion intégrée de ce capital naturel s'avère donc nécessaire afin d'aboutir à un développement durable dans le cadre actuel des changements climatiques.

1.1. Cadre Politique, Institutionnel et Juridique

En plus de la Ville-Province de Kigali, le Rwanda compte quatre Provinces (Provinces du Nord, du Sud, de l'Est et de l'Ouest). Il est subdivisé en 30 Districts et 416 Secteurs.

Sur le plan politique, la Vision 2020 du Gouvernement représente son leitmotiv. Ses grandes priorités sont la protection et la gestion de l'environnement, la réduction de la pauvreté et la promotion des investissements. Pour atteindre ces objectifs, plusieurs politiques sectorielles sont mises en place dans divers domaines (environnement, terres, énergie, agriculture, habitat, décentralisation et bonne gouvernance et gestion des catastrophes naturelles).

Sur le plan juridique, l'article 49 de la Constitution du Rwanda (04/06/2003) ainsi que la loi organique portant protection, conservation et gestion de l'environnement, garantissent la bonne protection de son capital naturel.

Les trois conventions de Rio et les autres conventions relatives au capital naturel ont été signées et ratifiées par le Rwanda. Le pays participe aussi aux initiatives régionales en matière de protection et de gestion de l'environnement telles que l'initiative du Bassin du Nil, le Programme de la Biodiversité du Lac Victoria et le Nouveau Partenariat pour le développement de l'Afrique (NEPAD).

Au niveau institutionnel, le Ministère des Ressources Naturelles (MINIRENA) est le ministère chargé d'assurer la politique de l'Etat relative à la protection, conservation et gestion de l'environnement ; tandis que REMA (Rwanda Environment Management Authority) est l'organe officiel chargé de mettre en œuvre cette politique. Le succès de cette dernière est pratiquement acquis grâce à la collaboration effective entre REMA et tous les intervenants potentiels : départements ministériels, établissements publics, institutions d'enseignement et de recherche, organismes internationaux et non gouvernementaux.

1.2. Cadre Physique

1.2.1. Eléments du relief et du climat

Le Rwanda est géographiquement localisé en Afrique Centrale entre 1°04'et 2°51' de latitude sud et entre 28°45' et 31°15' de longitude Est. Il a une superficie de 26.338 km² avec la densité moyenne de l'ordre de 321 habitants au km² et de 433 habitants au km² pour la densité physiologique (INSR: Recensement Général de la Population, 2002). Son relief étagé montre de l'Ouest vers l'Est:

- la région montagneuse de la Crête Congo-Nil surplombant le lac Kivu (1462 m) et culminant entre 2500 et 3500 m. Les températures y varient entre 15 et 17°C; sa pluviométrie moyenne annuelle autour de 1400mm avec un seul mois sec, juillet, peut atteindre, voire dépasser 1600 mm ;

- le plateau central disséqué en paysage de collines culminant autour de 1700-1800 m avec des températures de l'ordre de 19 à 20°C ; la saison sèche s'y allonge jusqu'à trois mois (juin-août) et sa pluviométrie annuelle varie aux alentours de 1200 mm ;
- les bas plateaux de l'Est, également disséqués mais à topographie plane plus étendue autour de 1500 m (1400-1600 m) ; les températures moyennes annuelles y sont de l'ordre de 21-22°C et les pluies annuelles plus faibles, généralement autour de 950 mm ; la saison sèche dure de trois à quatre mois (juin-septembre) ;
- enfin, un petit fond de graben nord-Tanganyikien est observable à Bugarama où l'on observe des températures moyennes annuelles d'environ 24°C et des pluies également plus faibles de l'ordre de 800 mm. Sa saison sèche est plus marquée, avec environ cinq à six mois (mai à octobre).

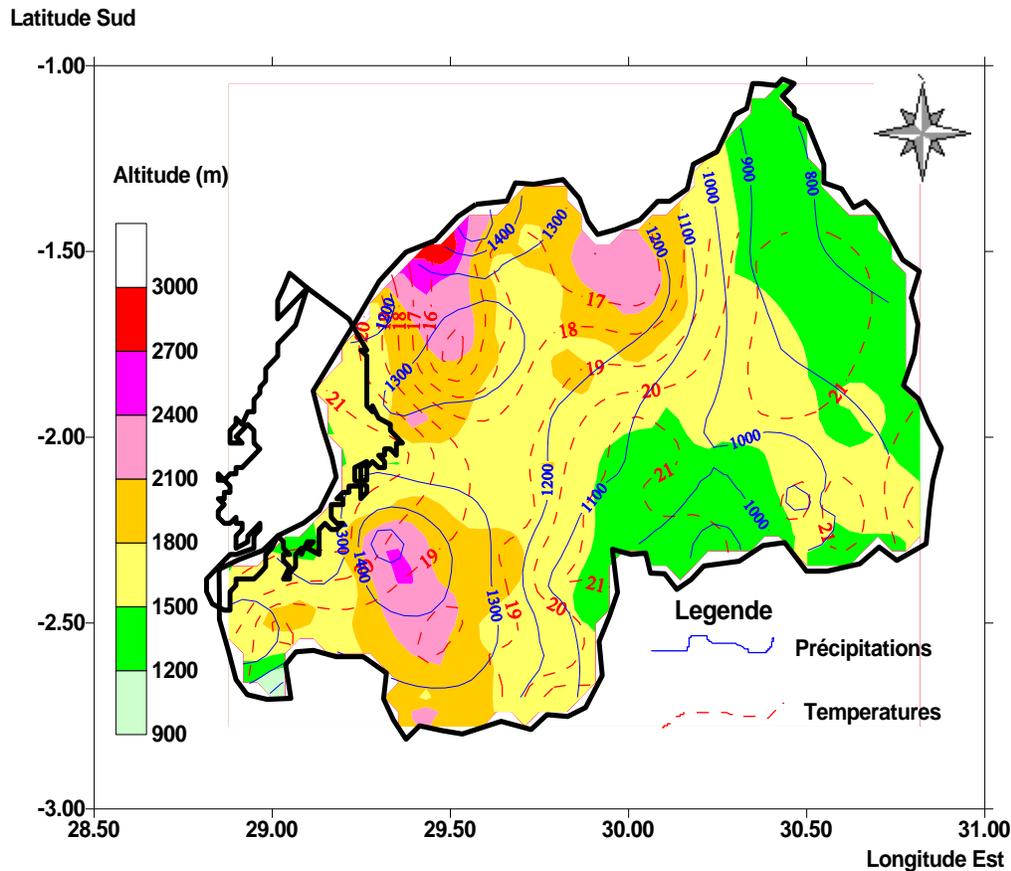


Figure 1: Carte représentant les éléments du relief et du climat

Source: Données collectées au Service National de météorologie

1.2.2. Les Ressources naturelles

Le sol et le sous-sol

Sur une superficie totale de 26.338 km², seuls 52% (~1.385.000ha) auxquels il faut ajouter 100.000 ha de terres de marais sont utilisables. Vu la très forte densité humaine (moyennement ~321ha/km² en 2002) et le fait qu'environ 92% de la population active est à vocation agricole, une forte pression s'exerce sur les terres (0,6ha par ménage), l'eau, la flore, la faune, et les autres ressources non renouvelables.

Ceci conduit aux conséquences comme la dégradation des sols et des terres humides, l'érosion des sols, la baisse de fertilité, la déforestation, la perte de biodiversité et la pollution (MINITERE, 2004).

Le potentiel agricole des sols reste très faible. A part la région volcanique très fertile du NW, le reste du pays présente des sols infertiles formés sur les roches pauvres magmatiques (granites) et peu métamorphiques ayant connu un très long lessivage (ferrugination et ferrallitisation).

Enfin, la minéralisation quasi-totale du pays a conduit à une forte destruction de l'environnement et à la pollution par les sociétés minières. Plus de 150 associations minières sont à l'œuvre sur ce petit territoire. En effet, le sous-sol rwandais contient des gisements de minerais tels que la cassitérite, le wolfram, la colombo-tentalite, l'or et les carrières représentant 6%, 13% et 43% des recettes d'exportation du pays respectivement en 1999, 2000 et 2001.

Eaux de surface

D'une superficie de 26.338 km², le Rwanda possède un réseau hydrographique très dense avec ± 2 km/km². Deux bassins hydrographiques se partagent ses eaux. A l'Ouest, le bassin du Congo draine 33% du territoire et 10% des eaux (rivières Sebeya, Koko, Rubyi, Ruhwa, Rusizi, etc) ; il est bloqué au Nord par la chaîne volcanique des Birunga.

A l'Est on a le bassin du Nil, drainant 67% du territoire et 90% des eaux par la Nyabarongo et l'Akagera. Cette dernière, considérée comme la source du Nil représente le principal affluent du lac Victoria avec un débit moyen de 256 m³/s.

Le bassin du Nil au Rwanda regorge de nombreux petits lacs tels que Bulera, Ruhondo, Cyohoha Sud, Mugesera, Muhazi, Rwampanga, Mihindi, Mirayi, etc. Ces lacs sont peu profonds (5 à 7 m de profondeur), à part les lacs Bulera et Ruhondo qui ont entre 50 et 60 m de profondeur.

Les débits moyens transitant aux stations hydrologiques principales sont de 78 m³/s (Nyabarongo-Kigali), 100m³/s (Nyabarongo-Kanzenze), 232 m³/s (Akagera-Rusumo) et 256 m³/s (Akagera-Kagitumba). Plusieurs cas d'inondation sont connus notamment dans la plaine alluviale de la Nyabarongo à faible pente de marais (~1%).

Les eaux de surface sont également constituées de marais, dont les plus grands jouent le rôle de larges plaines de crue, pendant la grande saison de pluies. Ils remplissent ainsi la fonction de tampon en réduisant les débits maxima pendant les saisons de pluies et en maintenant un débit relativement élevé pendant les saisons sèches.

Concernant la qualité de l'eau, les eaux de surface sont souvent chargées de matières minérales. Dans les régions minières et volcaniques, ces eaux contiennent de l'arsenic, du plomb, du mercure, de l'iode, d'autres métalloïdes toxiques ainsi que des métaux lourds.

La pollution physico-chimique de l'eau n'est pas fréquente à cause du faible niveau d'industrialisation et de l'utilisation des intrants agricoles. La pollution microbiologique est souvent observée et provient de divers déchets et de rejets de ménages. De ce fait, une fois captées pour l'alimentation en eau potable, surtout en milieu urbain, les eaux de surface font l'objet d'un débouillage et d'un traitement au chlore pour l'élimination des germes pathogènes.

Eaux souterraines

Du point de vue hydrogéologique, le Rwanda est en général bien doté de sources venant des aquifères discontinus des roches précambriennes. A l'exception des remplissages alluviaux des vallées principales et des dépôts volcaniques, il n'existe au Rwanda que des aquifères discontinus, constitués par des bancs et filons quartzitiques, par des zones altérées du substratum et par de nombreuses fissures qui affectent les terrains précambriens.

De nombreuses sources représentent les exutoires de ces aquifères, à alimentation diffuse, localisés sur les versants des vallées des rivières et des marais. Ainsi, la nappe phréatique est généralement proche de la surface et est facile à localiser dans les plaines, vallées et bas-fonds. Une étude relative à l'analyse des débits d'étiage des cours d'eau estime la recharge totale des aquifères du pays à 66 m³/s. Cette dernière inclut 9 m³/s qui apparaissent sous forme de résurgence de sources d'eau de bonne qualité avec un pH de 6 à 7,5. C'est cela qui permet l'alimentation en eau potable des populations en milieu urbain et rural. Ces sources sont estimées à 22.300 par l'UNICEF et se trouvent en grande majorité dans l'Ouest et le Nord du pays.

1.2.3. Climat et changements climatiques

Par ses coordonnées, le Rwanda se situe entièrement dans la zone équatoriale. Son altitude élevée comprise généralement entre 1400 et 3000m lui adoucit les températures et explique son climat tempéré (Cw de Köppen).

L'analyse de la pluviométrie totale mensuelle et annuelle de la station de Kigali-Aéroport pour la période allant de 1961 à 1990 semble montrer une nette tendance à la baisse quand on la compare aux années antérieures. Le total moyen de précipitations annuelles qui était de 1040 mm en 1961, est passé à 960 mm en 2006, ce qui signifie une diminution de 80 mm en 46 ans.

En effet, les totaux des précipitations mensuelles et annuelles enregistrées pendant les six dernières années sont généralement inférieurs à la moyenne de 1961 à 1990. Plus particulièrement le mois d'avril, le plus pluvieux, a enregistré une pluviométrie équivalente à 27%, 48%, 88%, 70% et 52% respectivement en 2000, 2001, 2002, 2003 et 2005. Toutefois, les mois de juillet, septembre, novembre et décembre ont enregistré des précipitations supérieures à la normale avec des pourcentages respectifs de 1441% (en 2001), 189% (en 2003), 165% (en 2006) et 153% (en 2006).

Il est important de noter que ces précipitations excessives ne sont pas bien réparties au cours des mois ; elles tombent dans moins de quatre jours et parfois dans une seule journée et sont, par conséquent, suivies par les inondations et glissements de terrain. C'est le cas de fortes pluies

observées le 3 mai 2002 dans la ville de Kigali qui ont entraîné de grandes inondations dans la vallée de Nyabugogo. La station météorologique de l'Aéroport de Kanombe avait enregistré 63,2 mm dans la seule nuit du 2 au 3 mai 2002. On peut citer aussi les fortes pluies de septembre 2007 qui ont affecté les districts de Rubavu (station de Gisenyi :70,8mm) et de Nyabihu (notamment le Secteur de Bigogwe).

L'analyse des températures moyennes annuelles des Stations de Kigali-Aéroport (1971-2007) au centre du pays et de Kamembe (Sud-ouest du Rwanda) montre une nette tendance à l'accroissement. La figure 2 ci-après semble le confirmer. En effet, on peut observer que dans le cas de Kigali Aéroport par exemple, la valeur moyenne était de 19,8°C en 1971 et de 21,0 °C en 2009 ; ce qui fait une augmentation de 1,2°C dans 39 ans.

Une telle hausse (1,2°C en 39 ans) est remarquable car elle dépasse celle du réchauffement global estimée à 0,8°C en 150 ans. Une situation similaire est également constatée à la station de Kamembe Aéroport située au Sud-ouest du Rwanda. Ceci semble confirmer les conclusions du quatrième rapport du GIEC (IPCC, 4th Assessment Report, W.G I, Ch.11: Regional projections; J. H. Christensen et al.) selon lesquelles le réchauffement du continent africain pourra dépasser le réchauffement planétaire global.

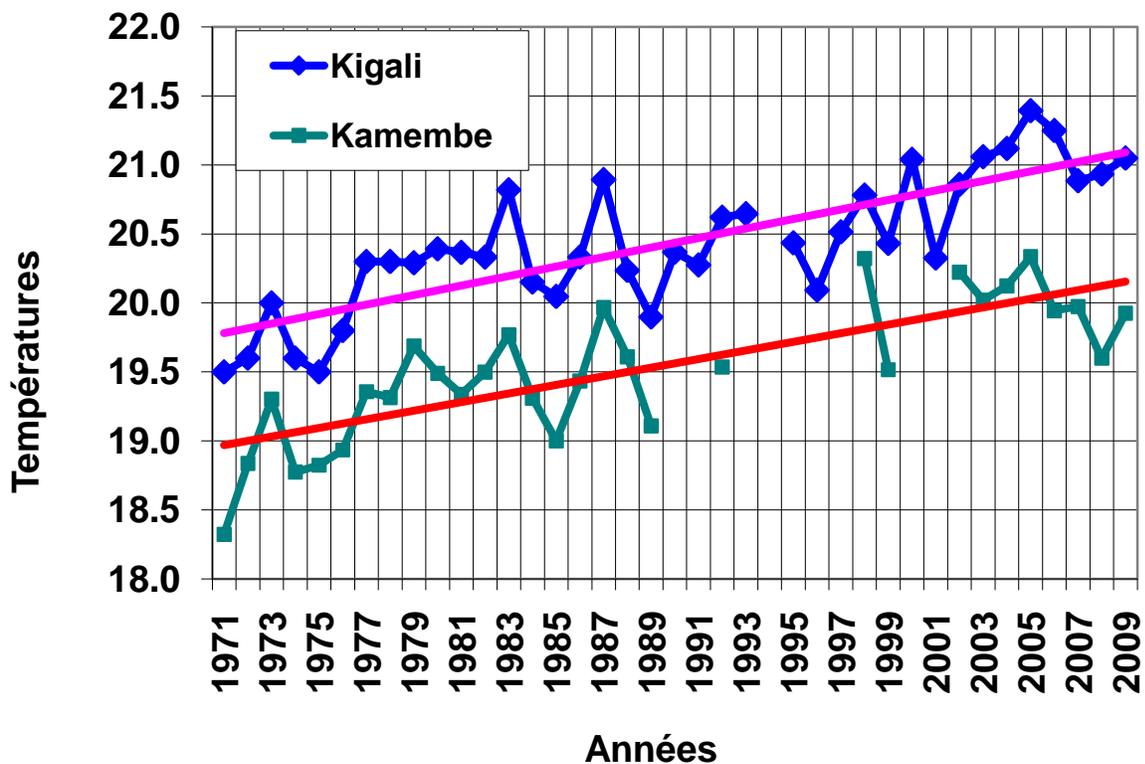


Figure 2. Variation de la température moyenne annuelle en °C (1971-2009) à la Station de Kigali Aéroport (centre du pays) et à la station de Kamembe Aéroport (Sud-ouest du pays).

(Source: Analyse des données fournies par le Service Météorologique du Rwanda)

Projection des températures

Selon les scénarios climatiques A1F1, A2, B1 et B2, on prévoit que la température va augmenter progressivement au Rwanda au cours du 21^{ème} siècle (Ruosteenoja et al. 2003). La hausse prévue

est de 0,75 à 3,25°C pendant la petite saison sèche (décembre - février) et de 1 à 3,25°C pendant la grande saison sèche (juin – août).

1.3. Indicateurs Socio-Economiques

Les indicateurs socio-économiques utilisés ici proviennent de l’Institut National des Statistiques du Rwanda (2006), du Ministère des Finances et de la Planification Economique (2003 ; 2006).

Selon ces travaux, les constatations ci-après ont été faites :

- La population rwandaise était estimée à 8.814.253 habitants en 2005, dont 4.602.923 femmes et 4.211.330 hommes, soit environ 52 % pour les femmes et 48 % pour les hommes. Le PIB par tête s’élevait alors à 151.000 FRW (272 US\$).
- L’agriculture, la forêt et la pêche contribuaient pour 39% du PIB, l’industrie 14% et les services 41%. Les ajustements (principalement les taxes sur les produits) représentaient 7% du PIB.

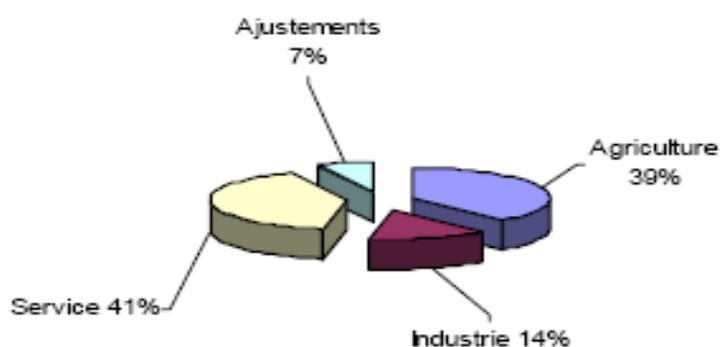


Figure 3 Structure du PIB nominal, 2005

Source : Rwanda Development Indicators, INSR 2005

Les tableaux 1, 2, 3, et 4 ci-dessous montrent les indicateurs socio-économiques dans les secteurs de finance, population, habitat, emploi, santé, éducation et alphabétisation.

Tableau 1 : Comparaison des indicateurs socio-économiques de 1980 à 2005

Indicateurs socio-économiques	1980	1990	2002	2005
Population (million)	5,163	6,879	8,162	8,814
% sexe féminin	-	51,3	52,3	52,2
Taille et composition de ménages :				
Moyenne du pays				4,6
Milieu rural				4,5
Milieu urbain				4,8
Taux de fécondité	8,3	6,9	5,6	6,1
Taux de mortalité maternel (pour 100.000 naissances)	-	1300	1071	750
Taux d'accroissement annuel (%)	3,1	3,1	1,2	1,2
Indice de la pauvreté (%)	40	53	60	56,9
Espérance de vie	46	49,5	49	49
Mortalité infantile (par 1000 naissances)	128	85	107	86
Mortalité pour les moins de 5 ans (par 1000 naissances)	224	150	196	152
Prévalence VIH/SIDA (entre 15-49 ans)	-	-	13,7	3
Enrôlement brut dans l'éducation primaire	63	70	110,5	140,2
% des filles dans l'enrôlement total	48,0	49,6	73	86,9
Enrôlement net dans l'éducation primaire	-	-	73,7	85,9
Enrôlement brut dans l'éducation secondaire	3,0	8,0	13,9	-
Enrôlement net dans l'éducation secondaire	-	-	6,9	10,0
% des filles dans l'enrôlement total :	33,3	39,9	74,9	-
% des filles dans l'enrôlement total (Education supérieure)	8,2	16,6	52,5	-
Taux d'inflation en %	-	-	-	9,12
Taux de change (francs rwandais pour 1dollar américain)	-	-	-	557,81
Recettes fiscales et douanières sans TCC (en milliards de francs rwandais)	-	-	-	161,4
Recettes non fiscales (en milliards de francs rwandais)	-	-	-	17,8
Dépenses publiques (en milliards de francs rwandais)	-	-	-	365,9
Budget ordinaire				228,2
Budget de développement				137,7

Tableau 2: Comptes nationaux et finances publiques

	Indicateurs socio-économiques	2005	
1	Produit Intérieur Brute	A prix courant en milliards de Frw	1,332
		Par tête	151.000 (272 USD)
		Proportion de l'agriculture	39%
		Proportion des services	14%
		Proportion de l'industrie	41%
		Ajustement (Taxes sur les produits)	7%
		Croissance de PIB	6%
2	Répartition du PIB	Formel (y compris les taxes)	23%
		Informel	35%
		Production non monétaire	31%
		Gouvernement	11%
3	Valeur des exportations en USD	125.000.000	
4	Masse monétaire	En % du PIB	18,2
		En milliards de Frw	217,8
		% de la variation entre 2001 et 2005	26,4
5	Crédit au secteur privé	En milliards de Frw	131
		Proportion de l'agriculture	4%
		Proportion de l'agriculture avec les activités connexes (ramassage, usinages, exportation)	10%
6	Niveau des investissements	Pourcentage du PIB (constitué essentiellement par la construction)	16%
		Taux de croissance des investissements	12%
7	Recettes fiscales et douanières	Collectes en milliards de Frw	164,4
		Proportion du PIB	14%
8	Dette publique extérieure	En milliards de Frw	1.573,2
		Proportion du PIB	74,4%
9	Dette publique intérieure	En milliards de Frw	216,3
		Proportion du PIB	9%
10	Recettes non fiscales	En milliards de Frw	17,8
11	Dépenses publiques	Total en milliards de Frw	365,9
		Budget ordinaire en milliards de Frw	228,9
		Budget de développement en milliards de Frw	137,7
12	Taux de change	En Frw	557,81
13	Taux d'inflation	En pourcentages	9,12

Tableau 3: Population et habitat

	Indicateurs socio-économiques	2005	
1	Effectif de la population	Total	8.814.253
		Proportion du sexe féminin	52%
		Proportion vivant en milieu rural	82%
		Proportion de moins de 25 ans	67%
		Proportion âgée de plus de 65 ans	3%
		Taux de croissance	3%
2	Taille et composition de ménages	Niveau national	4,6
		Milieu rural	4,5
		Milieu urbain	4,8
3	Proportion de la population disposant de l'électricité	Niveau national	5%
		Milieu rural	25%
		Milieu urbain	1%
4	Taux d'urbanisation	En pourcentages	17,5
5	Proportion de la population disposant de postes de radio	Niveau national	46%
		Milieu rural	65%
		Milieu urbain	43%
6	Proportion de la population disposant de postes de télévision	Niveau national	2%
		Milieu rural	14%
		Milieu urbain	0,3%

Tableau 4 : Emploi, santé, éducation et alphabétisation

	Indicateurs socio-économiques	2005	
1	Taux de chômage	Hommes, milieu urbain	29,6%
		Femmes, milieu urbain	37,4%
		Hommes, milieu rural	45,3%
		Femmes, milieu rural	24,8%
2	Occupation dans les activités agricoles	Hommes	85,5%
		Femmes	61,5%
3	Indice de la pauvreté		56,9%
4	Taux de fécondité		6,1%
3	Taux de mortalité maternel	pour 100.000 naissances	750
6	Taux de mortalité infantile	pour 100.000 naissances	86
7	Mortalité pour les moins de 5 ans	par 1000 naissances	152
8	Prévalence VIH/SIDA	entre 15-49 ans	3%
9	Espérance de vie		49 ans
10	Pourcentage des filles dans l'enrôlement total		50,9%
11	Taux de fréquentation pour les enfants âgés de 7 à 12 ans	Filles	86,9%
		Garçons	84,8%
12	Pourcentage des filles dans l'éducation secondaire	Tronc commun	48%
		Second cycle	47%
13	Enrôlement net dans l'éducation secondaire	Niveau national	10,0%
14	Pourcentage de femmes dans l'éducation supérieure	Publique	25%
		Privée	58%
15	Taux d'alphabétisation	Ville de Kigali	88,1%
		Milieu rural	75,1%
		National	76,8%

CHAPITRE II: INVENTAIRE NATIONAL DES EMISSIONS ET ABSORPTION DE GAZ A EFFET DE SERRE



Lors de la première communication nationale, le Rwanda a pris pour l'inventaire de gaz à effet de serre l'année 2002 comme année de référence au lieu de 1994, année de grandes perturbations socio- économiques et de génocide au Rwanda. Pour cette deuxième communication, l'année de référence est 2005 appartenant à la période 2003 – 2006. Cinq des six secteurs d'inventaire de gaz à effet de serre recommandés par le GIEC (1996, 2000, 2003) feront l'objet de la présente étude : l'Energie, les Procédés Industriels, l'Agriculture, le Changement d'Affectation des Terres et Foresterie (UTCATF) et les Déchets (B.V Braatz& M. Doorn, 2002).

Seuls les gaz imputables au secteur des solvants et autres produits n'ont pas été inventoriés, à cause des incertitudes sur les données relatives à la fabrication de bières et du pain et de part leur quantité négligeable. De même, les hydrofluorocarbones (HCFs), les perfluorocarbones (PCFs) et les hexafluorures de soufre (SF_6) n'ont pas été inventoriés (Rwanda, pays non inclus dans l'annexe I à la Convention) à cause de leur faible quantité.

2.1. Description Sectorielle

2.1.1. Secteur de l'énergie

Le Rwanda dispose des ressources énergétiques estimées se répartir comme suit :

- Hydroélectricité : 350MW ;
- Gaz méthane : 55 milliards de Nm³ avec une puissance nominale de 700MW ;
- Géothermie : 170-340MW ;
- L'énergie solaire : 5,5kwh/jour/m² ;
- La tourbe dont les réserves sont de l'ordre de 155 millions de tonnes de matière sèche.

La consommation énergétique actuelle du pays se subdivise comme suit:

- la biomasse (bois-énergie et résidus agricoles), 86% de la consommation énergétique ;
- les produits pétroliers, 11% de la consommation énergétique ; et
- l'électricité, 3% la consommation énergétique, dont 56% proviennent des centrales hydroélectriques et 44% des centrales thermiques.

Biomasse

La consommation de l'énergie provenant de la biomasse a été estimée à 0,48kg/pers/jour de charbon de bois, 1,45kg/pers/jour de bois de feu et 0,24 kg/pers/jour de résidus agricoles. Elle est principalement utilisée dans les ménages, les institutions communautaires et industries (restaurants, écoles, prisons, casernes et usines à thé).

Cette demande n'est toutefois pas satisfaite. A partir de cette consommation, on a évalué un déficit d'environ 7.000.000 m³ par an suggérant une surexploitation des ressources ligneuses entraînant une déforestation galopante et le recours aux résidus agricoles, utiles pour la fertilité des sols. Le tableau ci-dessous montre la consommation du bois de 2005 à 2010.

Tableau 5: Consommation du bois et projection (t/an)

Année	2005	2006
Bois de feu urbain	81.916	86.831
Bois pour charbon urbain	1.643.655	1.732.734
Bois de feu rural	2.805.431	2.871.907
Bois pour charbon rural	123.409	126.333
Bois pour industries/institutions	336.652	344.629
Total	4.982.063	5.162.434

Source: MININFRA /Rwanda State of Environment, REMA, 2009

Produits pétroliers

La consommation des produits pétroliers (totalement importés) est en nette progression avec l'accroissement du parc automobile, et surtout depuis 2005, l'année où l'on a commencé à produire de l'électricité à partir des centrales thermiques. Toutefois, le secteur des transports reste le principal consommateur. Le tableau ci-après donne la répartition évolutive de l'importation des produits pétroliers pour la période allant de 2002 à 2006.

Tableau 6: Evolution de l'importation des produits pétroliers 2002-2006 (Tonnes)

Année	2003	2004	2005	2006
Essence auto	41.114	42.818	43.441	50.342
Essence avions	2,67	1.114	15.632	17.914,9
Diesel	28.357	43.701	57.818	79.394
Pétrole lampant	16.818	16.698	25.327	19.259
Fuel oil	14.823	14.736	15.794	18.534
Gaz de pétrole liquéfié	237	215	310	0
Total	101.349	118.168	142.690	167.528

Source: Rwanda Revenue Authority/ Civil Aviation Authority

Electricité

Depuis 2004, la production des centrales hydroélectriques a baissé et la perte de puissance a été compensée par la thermoélectricité pour atteindre la puissance de 44 MW de demande actuelle. L'électricité est utilisée essentiellement par l'industrie (40%), les ménages (40%) et les services (20%) avec un taux d'accès de 6% seulement. Notons que la production nationale de l'électricité avoisine 70%, l'importation 29%, l'exportation 1%, et que le tarif de l'électricité au Rwanda est parmi les plus chers au monde. Malheureusement, ce rapport de MINECOFIN (2005) ne mentionne pas le cas de l'agriculture pourtant l'un des secteurs importants du pays.

Tableau 7 : Evolution de la consommation d'électricité

Désignation	2003	2004	2005	2006
Production nationale (GWh)	117,6	90,5	115,8	168,7
Exportations (GWh)	3,3	2,2	1,8	2,0
Importations (GWh)	120,9	115,6	89,1	64,1
Disponible (GWh)	235,2	203,9	203,1	

Source: MININFRA/ELECTROGAZ

Tableau 8 : Approvisionnement en électricité par mode de production et tarif de 2003-2006

Année	2003	2004	2005	2006
Hydro électricité	100%	100%	70%	44%
Thermo électricité	0%	0%	30%	56%
Total	100%	100%	100%	100%
Tarif (US cents)/KWh	7	7	14	22

Source: MININFRA/ELECTROGAZ

Tableau 9: Consommation de Gasoil/Diesel par les centrales thermiques en 2005 et 2006 (On suppose 1 litre = 0.84 kg)

Année Lieu	2005		2006	
	Litres	Tonnes	Litres	Tonnes
Jabana	6.616.150		4.693.680	
Gatsata	4.576.821		338.308	
Mukungwa	2.789.873		7.219.033	
Gikondo	2.798.873		21.708.918	
Total	16.781.717	14.096,6 (24%)	33.959.939	28.526,3 (35%)

Source : MININFRA/ELECTROGAZ

2.1.2. Secteur des transports

Le secteur des transports est dominé par le transport routier. Le tableau 10 ci-après montre l'évolution du parc automobile du Rwanda qui augmente avec le temps de 2002 à 2006. Le nombre de voitures domine parmi les véhicules à quatre roues (44.245), il est suivi de pick-up (8.113) et de jeeps (6882).

Sur les 22.023 véhicules immatriculés en 2003, seuls 18.281 étaient réenregistrés parce qu'un système informatisé venait d'être mis en place par Rwanda Revenue Authority.

Le transport aérien est assuré à partir des aéroports de Kanombe et de Kamembe avec une flotte étrangère (Kenya Airways, Ethiopian Airlines, SN Brussels) et Rwanda Air Express. Ce transport est limité aux voyages d'affaires et importation d'une catégorie de marchandises.

Tableau 10: Evolution du parc automobile de 2003-2006

Désignation	2003	2004	2005	2006
Motocyclettes	3879	7230	12124	15525
1. Charroi privé				
Voitures	6261	8524	10323	11245
Microbus	52	63	70	72
Minibus	2057	2682	3407	3693
Pick-up	4156	5729	7227	8113
Jeeps	3013	4372	6176	6882
Bus	47	70	85	104
Camions	880	1363	1640	1816
Remorques	236	333	389	458
Semi-remorques	46	66	79	92
2. Charroi de l'Etat				1000

Source : Rwanda Revenue Authority (RRA)/MININFRA.

2.1.3. Secteur de l'Industrie

Le secteur industriel du Rwanda est essentiellement constitué par les mines & carrières et les manufactures (agro-industries et petites & moyennes entreprises). Il est jeune (1964) et contribue au PIB pour environ 20%.

L'entreprise de production de ciment « CIMERWA » et la coopérative de production de la chaux « COCOCHAUMA » constituent les deux principales sources d'émission de gaz à effet de serre par calcination des carbonates à 600-900°C et par combustion à 1400°C du fuel oil. Les tableaux 11 et 12 ci-après montrent les productions du ciment et de la chaux de 2000 à 2006 et de 2003 à 2006 respectivement.

Tableau 11: Production du ciment au niveau national (tonnes)

Année	2003	2004	2005	2006
Production de ciment en tonnes	105105	104288	101128	102588

Source: INSR, CIMERWA

Tableau 12: Production de chaux

Année	COCOCHAUMA chaux (en T)	(chaux en kg)	chaux hydratée
2003	186389	113210	69609
2004	201558	119780	66054
2005	206917	127283	75 54
2006	398768	131181	83224

2.1.4. Secteur des déchets

Les décharges des déchets trouvées dans les villes du Rwanda sont des décharges sauvages et à majorité constituées d'ordures ménagères. A cause de la très forte population (703.000 habitants en 2005) et de nombreuses activités, la décharge non contrôlée de la ville de Kigali située à Kicukiro (décharge de Nyanza), enregistre une nette augmentation de la quantité de déchets solides. Elle est passée pratiquement du simple (21.000 tonnes en 2003) au double (37.979 tonnes en 2007) en transitant par 27.875 tonnes en 2005.

Bien que de façon générale l'incinération des déchets se fasse à ciel ouvert, quelques institutions le font dans les « incinérateurs ». C'est le cas du Lycée Notre dame de Cîteaux et de Kigali Institute of Education (KIE).

La gestion des eaux usées en milieu urbain reste un problème crucial dans les quartiers à habitat spontané, car elles sont déversées directement dans la nature sans aucun traitement. Pour le cas de l'habitat à moyen et haut standing, les fosses sceptiques sont utilisées pour le traitement des eaux usées. Toutefois, des efforts sont entrepris dans ce secteur. On peut citer le cas du traitement des eaux usées au Centre Hospitalier Universitaire de Kigali (CHUK), l'utilisation du rotordisk et le lagunage de Nyarutarama.

2.1.5. Secteur de l'agriculture et de l'élevage

Agriculture

Le Rwanda a autour de 1,4 million d'hectares de terres arables, parmi lesquelles 60-70 %, soit 840.000 ha, sont cultivées pendant les deux saisons culturales (SOND et MAM).

En 2009, la population engagée dans l'agriculture était de 80 %. L'agriculture contribue pour 34 % du Produit National Brut et 71 % de revenus d'exportation. En plus l'agriculture est la source principale de revenus pour 87 % de la population. Le Gouvernement considère l'agriculture comme le moteur de la croissance économique du pays.

Depuis les années 80, le secteur agricole du pays se heurte à une série de contraintes uniques. A cause de la forte densité de la population, les terres restent insuffisantes. Cette situation est aggravée par le fait que la plupart des agriculteurs pratiquent surtout l'agriculture pluviale. La fertilité des sols s'est détériorée suite à cette pression démographique sur les terres tandis que l'utilisation des intrants, organiques et non organiques, reste très basse. En plus, beaucoup de terres au Rwanda sont à haut risque d'érosion de par le relief montagneux à fortes pentes. Toutefois, la gestion inadéquate de ce capital naturel (surexploitation, érosion) et l'utilisation des technologies traditionnelles ont conduit à la dégradation du sol.

Pour passer à la phase de l'agriculture de marché grâce à des techniques agricoles modernes et à l'utilisation des intrants, le pays s'est engagé dans une stratégie d'intensification des cultures vivrières stratégiques : le riz, le maïs, le haricot, la pomme de terre et le blé en plus des cultures traditionnelles de vente et d'exportation (thé, café, pyrèthre). Ceci est possible moyennant l'utilisation efficiente des terres et des eaux, la commercialisation des produits agricoles ainsi que le renforcement des capacités de recherche et de services de vulgarisation.

En outre, des efforts sont déployés pour réduire la dépendance de la population vis-à-vis de l'agriculture comme unique source de recettes par la consolidation d'autres secteurs à savoir l'industrie et les services. Le tableau 13 ci-après donne les surfaces occupées par les récoltes des principales cultures.

Tableau 13: Les surfaces occupées par les principales cultures

Cultures	1990	2000	2003	2005	2007
Céréales	248072	277557	311484	344211	342009
Légumineuses	344691	406204	444541	405945	467181
Racines et tubercules	401853	425429	442869	426379	435874
Bananes	400570	360470	358418	361251	351958
Fruits et légumes	18374	41696	58225	81777	83959
Total	1.413.560	1.511.352	1.615.538	1.619.563	1.680.981
Café				33000	
Thé			9588	11750	12306
Pyrèthre			3191	3191	

Le riz au Rwanda se cultive dans les marais. Les données sur les superficies d'exploitation du riz montrent que ces dernières sont passées de 6.423 ha en 2002 à 30.000 ha en 2009. D'autres marais sont en voie d'être aménagés en vue de satisfaire aux besoins de la population.

Tableau 14: Superficie du riz irrigué au Rwanda

Production du Riz	2003	2004	2005	2006
Production (MT)	28,191	46,191	62,193	60,446
Superficie (ha)	7,667	12,167	13,922	13,123
Rendement	2,945	3,244	3,885	3,856
Consommation	66,000	69,432	73,042	76,841
Consommation par personne	66,000	72600	79860	87846

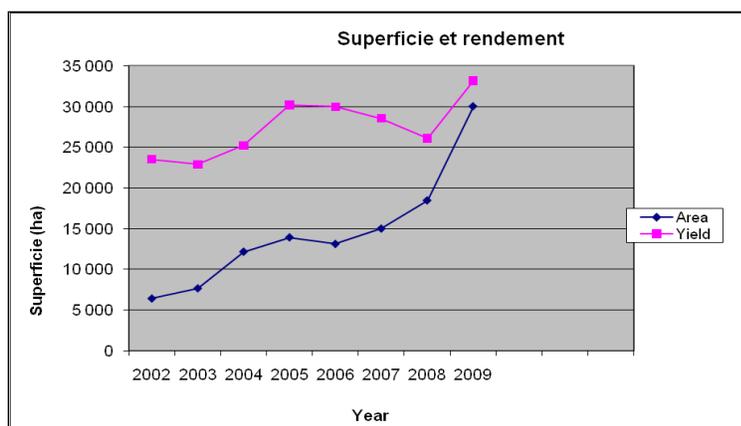


Figure 4 : Superficie et rendement du riz de 2002 à 2009

Source MINAGRI, Evaluation des récoltes

Comme le montre la figure 4 ci-haut, les années 2002 à 2003 et 2007 à 2008 sont marquées par la chute de la production du riz suite à la baisse des pluies et la hausse des températures. Le riz pratiqué dans les marais exige une grande quantité d'eau dans sa phase reproductive (de la floraison à la formation du grain).

Élevage

Selon les habitudes de la population du pays, les vaches constituent l'élevage préféré mais leur nombre n'augmente plus proportionnellement à la croissance de la population à cause de l'exiguïté de la propriété foncière familiale ; par conséquent, les petits ruminants, porcins et volailles prennent progressivement de l'importance. Seul l'élevage en stabulation est préconisé sur tout le pays.

Suivant l'enquête menée en 2009 par le PAM sur la sécurité alimentaire et la nutrition, une grande proportion des ménages-éleveurs de vaches a été observée dans les Districts de Gakenke (80%), Bugesera (73%) et Ruhango-Muhanga-Kamonyi (72%), soit respectivement 52% pour le

bétail à Gakenke, et 43% à Muhanga-Kamonyi et Ruhango, tandis que la volaille est plus fréquente au Bugesera. Les petits ruminants, porcins et volailles prennent progressivement de l'importance au niveau du pays comme on peut le voir dans le tableau 15 ci-après. Seulement le problème reste encore l'exiguïté des terres pour l'extension de l'élevage (manque de pâturage en général).

Alors que l'élevage s'avère comme une source potentielle importante de revenus, le nombre d'éleveurs reste relativement bas. Le Gouvernement aide, dans ce cadre, les paysans les plus démunis ne possédant pas suffisamment de terres en introduisant le programme « Une Vache par Famille Pauvre » ainsi que les petits ruminants et porcins.

Tableau 15: Production Animale (*MINAGRI, RARDA and MINECOFIN, 2006*)
(Source: Joint Sector Review/EDPRS Self Evaluation)

TYPE	2003	2004	2005	2006
Bovins	991697	1006572	1077206	1122179
Caprins	1270903	1263962	1663551	1688279
Ovins	371766	686837	689556	695367
Porcins	211918	326652	456043	527531
Volaille	2482124	2482124	2109196	1776027
Lapins	498401	520057	427444	418361

Pisciculture

La pêche au Rwanda est pratiquée dans le lac Kivu, les lacs du Nord, le lac Muhazi, les lacs de la dépression du Bugesera, les lacs du Sud-est et les lacs du Parc National de l'Akagera (PNA). Elle est pratiquée aussi dans les petits barrages collinaires aménagés à diverses fins, les étangs et les rivières.

La pisciculture reste toujours à l'état embryonnaire et la demande est plus élevée par rapport à la production. Pendant le Génocide de 1994, tous les étangs piscicoles ont été endommagés à 100 %, et la réhabilitation de ceux-ci n'a commencé qu'en 2008.

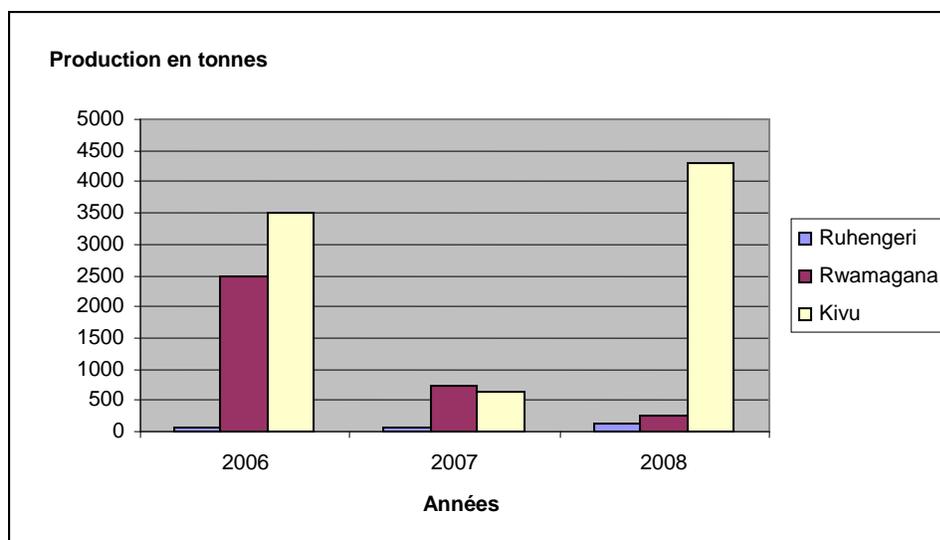


Figure 5: Production piscicole de 2006 à 2008 (par le Projet PAIGELAC)

Comme le montre la figure 5 ci-haut, la production en 2007 a connu une forte baisse à cause de l'utilisation de filets à mailles fines captant de petits et gros poissons en même temps et vidant complètement les lacs. Une intervention rapide a été faite auprès des pêcheurs leur exigeant d'utiliser le matériel approprié.

2.1.6. Secteur de l'utilisation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie

La végétation naturelle du Rwanda, là où elle existe encore, comprend des savanes herbeuses, arbustes, broussons, arbres des forêts pluvieuses de montagnes, forêts galeries, végétations des marais et aquatiques (MINITERE, 2007).

Ces types de forêts et végétations sont regroupés dans quatre catégories à savoir :

- les forêts naturelles, à cheval sur la crête Congo Nil et comprenant le parc national de Nyungwe, la forêt de Gishwati et de Mukura, la forêt naturelle des parcs de volcans de Birunga et les forêts naturelles des savanes et galeries du parc national de l'Akagera ;
- les vestiges de forêts galeries et savanes de Bugesera, Gisaka et Umutara ;
- les forêts de plantation et les arbres à dominance d'espèces exotiques (*Eucalyptus spp*, *Pinus spp*, *Grevillea robusta*, etc.), pour la plupart éparpillés dans les champs (agroforesterie) et sur les fossés antiérosifs et ou le long des routes.

Les forêts naturelles humides constituent la majorité de la couverture forestière (33%) ; elles sont suivies de plantations d'Eucalyptus (26%) et de forêts en état de dégradation (15,7%). La plupart des forêts humides sont des forêts protégées tandis que les plantations et les forêts dégradées sont régulièrement exploitées pour des usages domestiques divers.

Les terres forestières qui n'ont pas été endommagées depuis 2000 sont essentiellement situées dans les parcs nationaux: Nyungwe, Birunga et Akagera.

Tableau 16: Superficie des parcs

Parcs	2003	2004	2005	2006
NYUNGWE	101900	101900	101900	101900
BIRUNGA	16000	12000	12000	12000
AKAGERA	90000	90000	90000	90000

(Source : ORTPN, 2007)

Tableau 17: Superficie des réserves naturelles en ha (MINIRENA)

Réserves naturelles	2003	2004	2005	2006
Gishwati	700	700	700	700
Mukura	1200	1200	1200	1200

Tableau 18: Superficie des plantations forestières gérées (ISAR, 2007)

Année	2003	2004	2005	2006
Plantation Forestière	306653	321600	321600	398165

2.2. Méthodologies

Le Rwanda n'a pas sa propre méthodologie pour estimer les émissions et absorptions nationales de gaz à effet de serre. Les directives pour l'établissement des communications nationales des Parties non visées à l'Annexe I de la Convention (décision 17/CP.8) et la méthodologie du GIEC (1996, 2000, 2003) ont été utilisées. Les tableaux 19, 20, 21 et 22 ci-après en donnent le résumé.

Tableau 19: Source de données par secteurs

Secteur	Sources (2003-2006)
Energie	MININFRA, MINICOM, BNR, CAA, concessionnaires de véhicules, transporteurs, sociétés pétrolières dont KOBIL
Procédés industriels	CIMERWA, COCOCHAUMA
Agriculture (effectifs de vaches, chèvres, moutons et volailles)	MINAGRI, RARDA, RDA, MINECOFIN
UTCATF	ISAR, MINIRENA, MINAGRI
Déchets	Mairie de Kigali
Population	MINECOFIN, INSR

Tableau 20: Méthodologies d'analyse et d'estimation de données par secteurs

Secteurs		Méthodologies
Energie	Biomasse	Produit de la population (2002-2007) par la consommation moyenne individuelle en bois et charbon de bois
	Produits Pétroliers	Méthode de niveau 1 de référence et sectorielle Litres → masse volumique → tonnes
Procédés industriels	Ciment portland	Méthode de niveau 1 ; la fraction de clinker a été estimée par défaut à 95%
	Chaux	Absence de données. utilisation de la valeur par défaut (85/15) pour la chaux à haute teneur en Ca dolomitique ; Supposition : chaux hydratée nulle
Agriculture	Vaches, chèvres, moutons, volaille	Effectifs → émissions
	Riz	Surfaces cultivées → émissions
	Brûlage	Surfaces brûlées pour pâturage
	Résidus de récolte	Tonnes de cultures → estimation des résidus
UTCATF	Terres fermes	Inventaire de forêts, (image satellitaire LANDSAT, juillet 2003)
	Marais	Inventaire, (image satellitaire LANDSAT, juillet 2003)
Déchets	Solides	Quantité
	Liquides	Pas de données

Tableau 21: Méthodologies d'analyse et d'estimation de facteurs d'émission

Secteur		Méthodologies
Energie	Moteurs à 4 temps	IPCC (1996), facteur d'émission = 20 kg/TJ
	Motos (2 temps)	IPCC(1996) facteur d'émission est 3 fois supérieur à celui des moteurs à 4 temps
Procédés industriels		Pas de données Utilisation de la fraction de poids par défaut égale à 0,65 Facteur d'émission de 0,51 tonnes de CO ₂ par tonne de clinker Facteur d'émission de la chaux hydratée = 0,59
Agriculture	Bovins	Pas de différenciation de bovins laitiers et non laitiers, Facteurs d'émission de GIEC 1996 pour les régions d'Afrique et du Moyen Orient
	Fumier	Facteurs d'émission des pays tempérés 15°<t°<25°C
	Riziculture	Pas d'engrais organique, facteur d'émission = 1 Facteur d'émission du méthane intégré par saison (g/m) = moyenne arithmétique
	Fertilisants	GIEC, 1996 F _{sn} = N fest * (1- Frac gasp)
	Excrétion d'Azote total	GIEC, 1996 Effectifs du bétail
	Apport d'azote	GIEC 1996/2000 FBN T2 Culture BF – Frac NCRBF
UTCATF		GIEC 2003, Niveau1, Valeurs des zones tropicales humides (0,5 pour la densité de matière sèche et 1,5 pour l'accroissement annuel net)
Déchets	Décharge	DPO selon GIEC2000, Décomposition de premier ordre
	Eaux usées	Dégradation en milieu aérobie

Tableau 22: Contrôle de qualité / Assurance de qualité par secteurs

Secteur		Incertitude	Garantie
ENERGIE	Assurance qualité	GIEC 2000 ; statistiques des produits pétroliers ; Tolérance = $\pm 0,3$ % essence $\pm 0,2$ % kérosène	RRA
	Contrôle qualité		RRA, Police, BNR, MINICOM
	Densité de carburant	Densité moyenne : diesel= $0,840 \pm 0,025$ essence = $0,76 \pm 0,05$	KOBIL, MINICOM, Rwanda Bureau of Standards
	Volume des carburants	Diesel : 0,2 Essence:0,3	
	Incertitude finale	Densité - diesel : 3 % - essence : 5%	
Procédés industriels	Production de ciment	15 % CIMERWA	Indicateurs de développement du Rwanda
	Production de la chaux	25 % COCOCHAUMA	
Agriculture	Vaches, chèvres, moutons, volailles	Incertitude estimée à 20%	MINAGRI
	Surfaces inondées		
UTCATF	Données secondaires	Incertitude estimée à 40 %	MINAGRI, MINIFOM
Déchets	Solides	Incertitude = 10 % (tonnages des camions)	
	Eaux usées	Incertitude = ± 10 % population de 2005	

2.3. Tendances des émissions de GES

Les totaux des émissions de gaz à effet de serre aussi bien directs (CO₂, CH₄ et N₂O) qu'indirects (CO, NO_x, COVNM_s et SO_x) ont, de façon générale, connu une évolution positive entre 2003 et 2006 ainsi qu'on peut le voir sur le tableau 23 et sur la figure 6 ci-après.

Tableau 23: Tendances des émissions de GES

Emissions (Gg)	2003	2004	2005	2006
GES DIRECTS				
Total Dioxyde de carbone (CO₂)	452,37	483,89	530,88	601,05
Procédés industriels	145,18	148,47	150,52	153,91
Energie	307,19	335,42	380,36	447,14
Total Affectation des Terres et Foresterie (CO ₂ absorbé)	-6620	-6964	-8545	-10126
Total biomasse (pour mémoire)	6747,19	6983,35	7227,6	7493,68
Total Méthane (CH₄)				
Energie	18,54	19,19	19,86	20,6
Agriculture	43,5	47,1	48,9	50,7
Déchets	2,23	2,46	2,55	2,8
Total Hémioxyde d'azote (N₂O)				
Energie	0,24	0,25	0,26	0,27
Agriculture	3,2	7,6	9,5	11,4
Affectation des Terres et Foresterie	0,09	0,08	0,07	0,06
GES INDIRECTS				
Monoxyde de carbone (CO)	1963,08	2006,76	2327	2652,482
Oxydes d'azote (NO _x)	15.316	15.217	16.008	16.799
COVNM _s	38,96	40,37	41,78	43,57
Oxydes de soufre (SO _x)	16,6	16,94	18,07	18,48

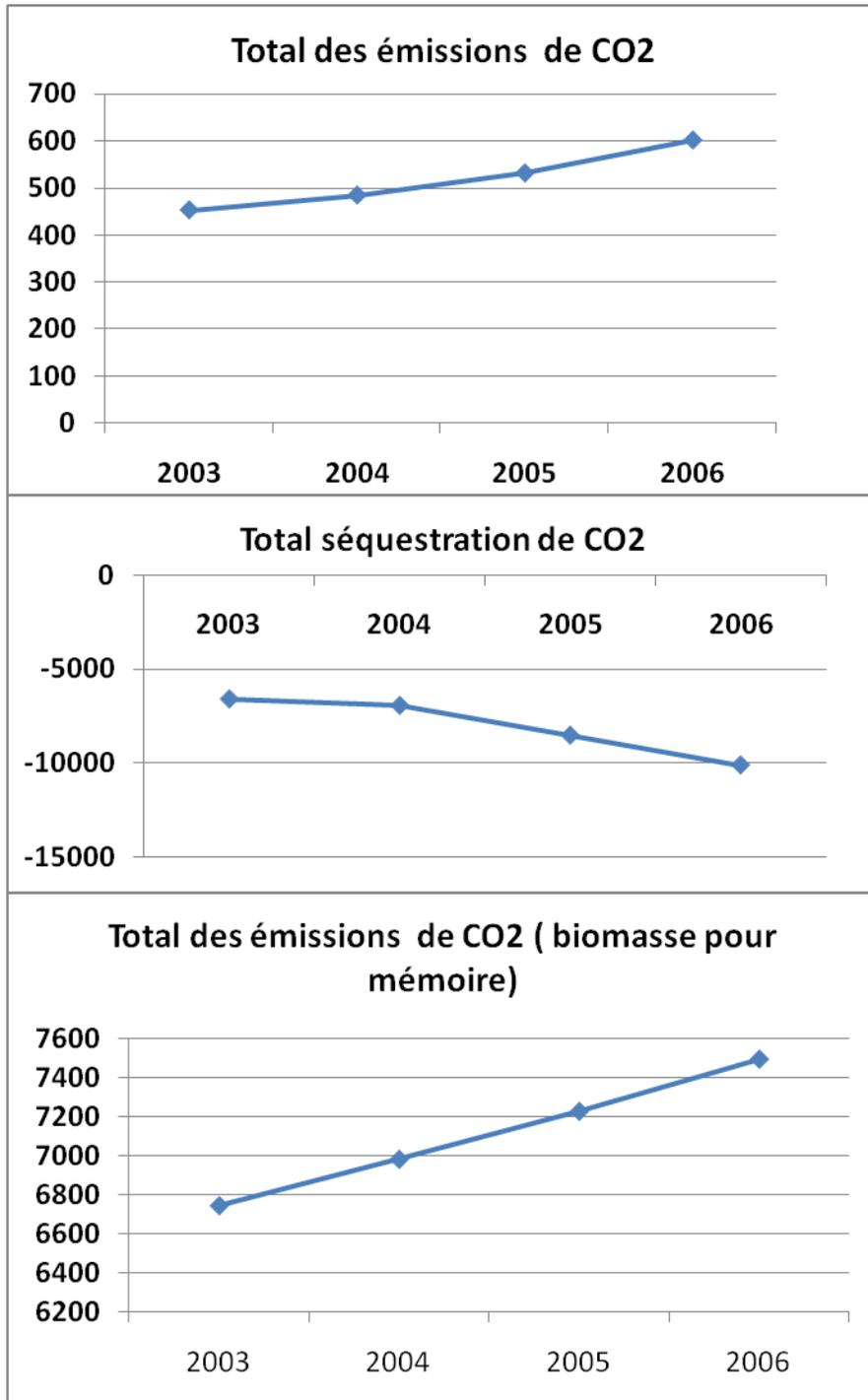


Figure 6: Tendances des émissions de GES

2.4. Analyse des émissions de Gaz à effet de serre, gaz par gaz

Pour l'année 2005, choisie comme année de base, les résultats d'études sur l'inventaire de gaz à effet de serre, montrent que le Rwanda a contribué aux émissions de gaz directs avec 530,88Gg de dioxydes de carbone (CO₂), 71,31Gg de méthane (CH₄), et 10Gg d'hémioxydes d'azote (N₂O) ; par contre, pour les gaz indirects il a contribué avec 16Gg d'oxydes d'azote (NO_x), 2.327Gg de monoxydes de carbone (CO), 42Gg de composants organiques volatiles non méthaniques (COVNM) et 18Gg d'oxydes de soufre (SO_x).

Conformément aux directives de la décision 17/CP.8 et du GIEC, les émissions provenant de la combustion de la biomasse (bois de chauffage, charbon de bois, résidus agricoles) et celles provenant de soutes internationales sont reportées séparément des autres émissions de CO₂ (tableau 24). La quantité de ces émissions de CO₂ est de 7.228Gg et 17Gg respectivement pour la combustion de la biomasse et les soutes internationales.

Tableau 24: Récapitulation des estimations nationales de GES en 2005 selon la décision 17/CP.8

Sources de Gaz à Effets de Serre et catégorie d'absorptions	Emissions de CO ₂ (Gg)	Absorptions de CO ₂ (Gg)	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	NO _x (Gg)	CO (Gg)	COVNM (Gg)	SO _x (Gg)
Total des émissions et absorptions nationales	531	-8.545	71	10	14	2.327	42	18
1. Energie	380	NA¹	20	0	14	361	42	18
A. Combustion de carburant (approche sectorielle)	380		20	0	14	361	42	18
1. Industries de l'Energie	45		NO	0	0	0	0	0
2. Industries de Fabrication et de Construction	28		NO	0	0	0	0	1
3. Transport	274		NO	0	7	17	3	0
4. Autres secteurs	34		20	0	7	344	38	17
5. Autres (veuillez spécifier)	NE		NE	0	0	0	0	0
B. Emissions fugitives des carburants	NA		NE		0	0	0	0
1. Carburants solides			NE		0	0	0	0
2. Pétrole et gaz naturel			NE		0	0	0	0
2. Procédés industriels	151	NA	NO	NO	0	0	0	0
A. Produits minéraux	151				0	0	0	0
B. Industrie chimique	0		NO	NO	0	0	0	0
C. Production métallique	0		NO	NO	0	0	0	0
D. Autres productions	0		NO	NO	0	0	0	0
E. Production de halocarbures et hexafluorures de soufre								
F. Consommation de halocarbures et hexafluorures de soufre								
G. Autre (veuillez spécifier)	NO		NO	NO	0	0	0	0
3. Solvant et autres utilisations de	NE			NE			0	

¹ NA: Sans objet; NO: Néant ; NE: Non estimé

produit								
4. Agriculture			49	10	0	9	0	0
A. Fermentation entérique			45					
B. Gestion des fumiers			2	0			0	
C. Riziculture			1				0	
D. Sols agricoles				9			0	
E. Brûlage prescrit de savanes			0	0	0	0	0	
F. Combustion sur place des résidus agricoles			0	0	0	9	0	
G. Autre (veuillez spécifier)			0	0	0	0	0	
5. Affectation des terres et foresterie¹	0	-8.545	0	0	0	1,95	7	0
A. Changement en réserves forestières et autres biomasses boisées	0	0						
B. Conversion de forêts et prairies	455	0	0	0	0	1,95	7	
C. Abandon des territoires aménagés		-9,000						
D. Emissions et absorptions de CO ₂ du sol	0	0						
E. Autre (veuillez spécifier)	NE	NE	NE	NE	0	0		
6. Déchets			3	NE	0	0	0	0
A. Elimination de déchets solides sur terrain			1		0		0	
B. Maniement des eaux usées			2	NE	0	0	0	
C. Incinération des déchets					0	0	0	0
D. Autre (veuillez spécifier)			NE	NE	0	0	0	0
7. Autre (veuillez spécifier)	0	0	0	0	0	0	0	0
Notes								
Soutes internationales	17		0	0	0	0	0	0
Aviation	17		0	0	0	0	0	0
Maritime	0		0	0	0	0	0	0
Emissions de CO₂ par la biomasse	7.228							

Source : UNFCCC Software

2.5. Analyse des émissions de Gaz à effet de serre en 2005, secteur par secteur

L'étude des émissions de gaz à effet de serre, secteur par secteur, concerne cinq secteurs à savoir : énergie, procédés industriels, agriculture, utilisation des terres - changement d'affectation des terres - foresterie (UTCATF) et déchets. L'aperçu des émissions de gaz à effet de serre pour l'année de référence 2005 est donné dans le tableau 25 et par la figure 7.

Tableau 25: Aperçu des émissions de GES pour l'année de référence 2005

Catégories de sources et absorptions de Gaz à Effet de Serre	Emissions de CO ₂ (Gg)	Absorptions de CO ₂ (Gg)	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	NO _x (Gg)	CO (Gg)	COVNM (Gg)	SO _x (Gg)
Total des émissions et absorptions nationales	531	-8.545	71	10	14	2.327	42	18
1. Energie	380	0	20	0	14	361	42	18
2. Procédés industriels	151	0	0	0	0	0	0	0
3. Agriculture			49	10	0	9	0	0
4. Affectation des terres et foresterie	0	-8.545	0	0	0	1.957	0	0
5. Déchets			3	0	0	0	0	0
Notes								
Soutes internationales	17		0	0	0	0	0	0
Emissions de CO ₂ par la biomasse	7.228							

Source : UNFCCC Software

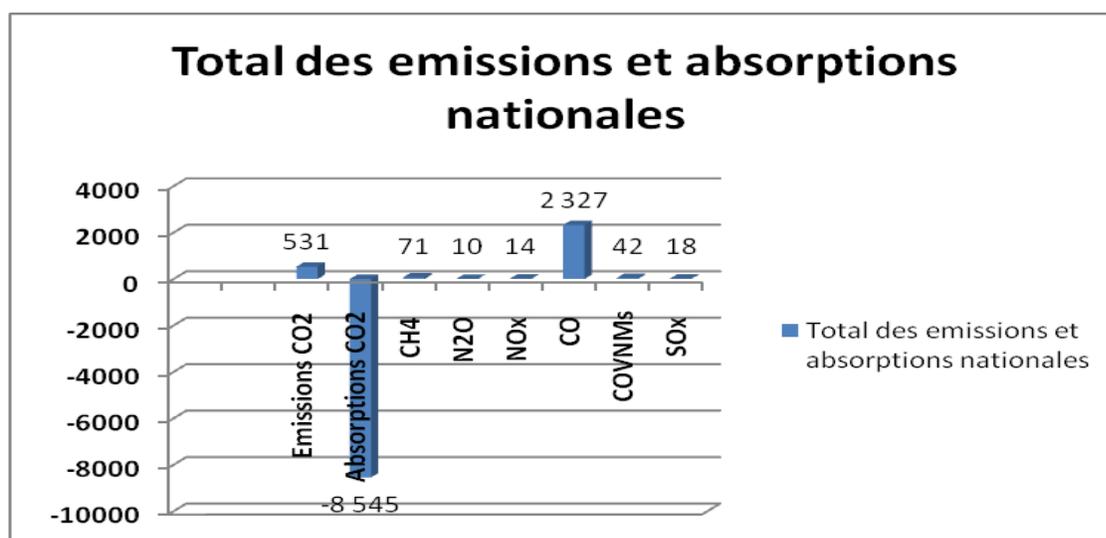


Figure 7: Emissions de GES en 2005 en Gg

L'analyse de ce tableau 25 et de la figure 7 montre qu'en ce qui concerne la répartition des émissions de gaz directs, les émissions de CO₂ sont majoritaires avec 87%; elles sont suivies de celles du gaz méthane avec 11%, de l'hémioxyde d'azote avec 2%.

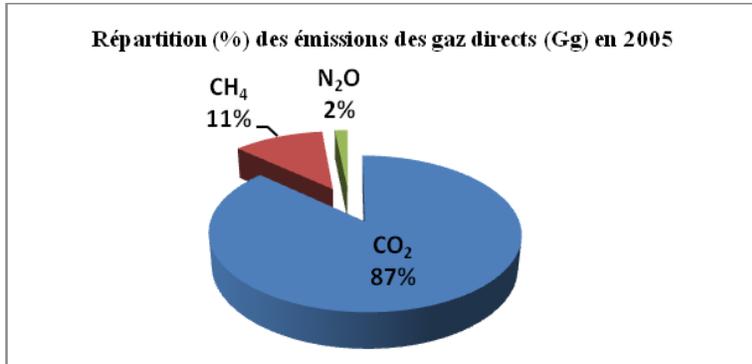


Figure 8: Répartition des émissions des gaz directs (%) en 2005

Le secteur de l'énergie (figure 9) est dominé par l'émission de deux gaz : le CO₂ (380,4Gg) et le CO (361,2Gg) suivis de très loin par quatre autres gaz à savoir COVNM (41,8Gg), CH₄ (19,9Gg), SO_x (18,1Gg) et NO_x (13,8Gg).

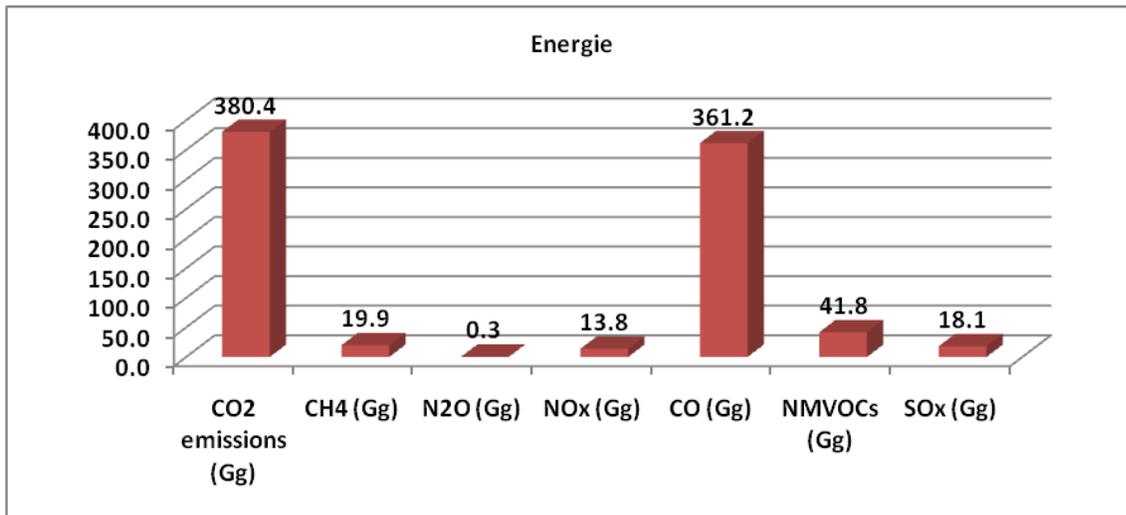


Figure 9: Emissions totales de GES pour le secteur de l'énergie en 2005

Le secteur des procédés industriels (figure 10) est exclusivement dominé par l'émission de CO₂ (151Gg).

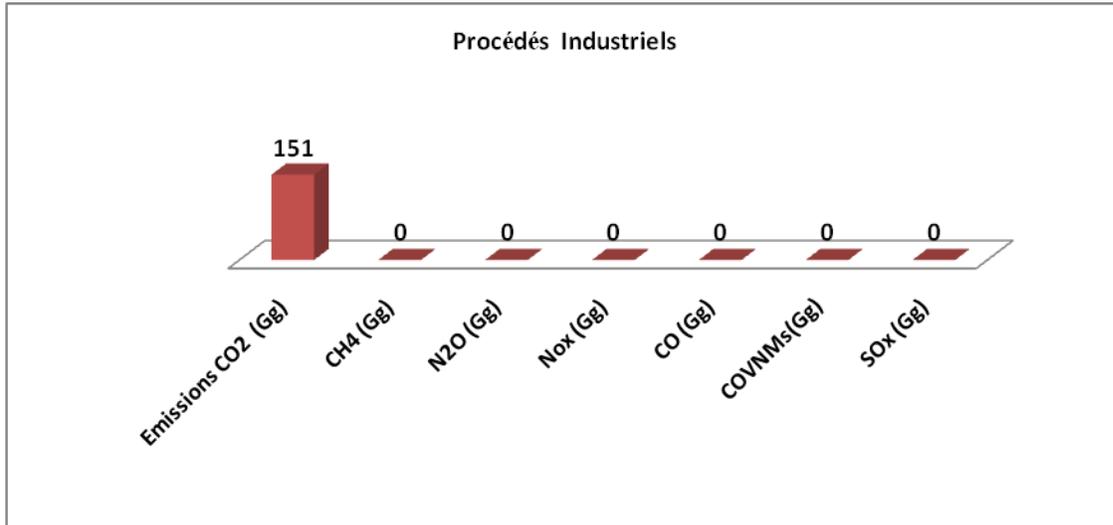


Figure 10 : Emissions de GES pour le secteur des Procédés industriels en 2005

Pour le secteur de l'agriculture (figure 11), les totaux des émissions du méthane (CH₄), d'hémioxydes d'azote (N₂O), et de monoxydes de carbone (CO) sont estimés à 49Gg, 10Gg, et 9Gg respectivement.

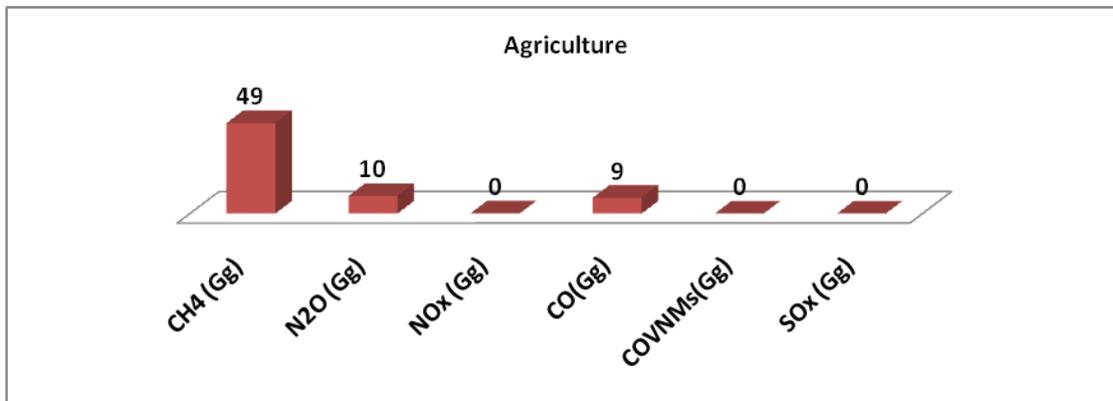


Figure 11: Emissions totales de GES pour le secteur de l'Agriculture en 2005

Le secteur de l'UTCATF (figure 12) montre les émissions relativement faibles de CO (1.957Gg) par rapport à l'absorption de CO₂ (-8.545Gg). Le sous secteur des terres humides (marais) présente les émissions de CH₄ (0,47Gg), de N₂O (0,00352Gg) et de NOx (0,05Gg).

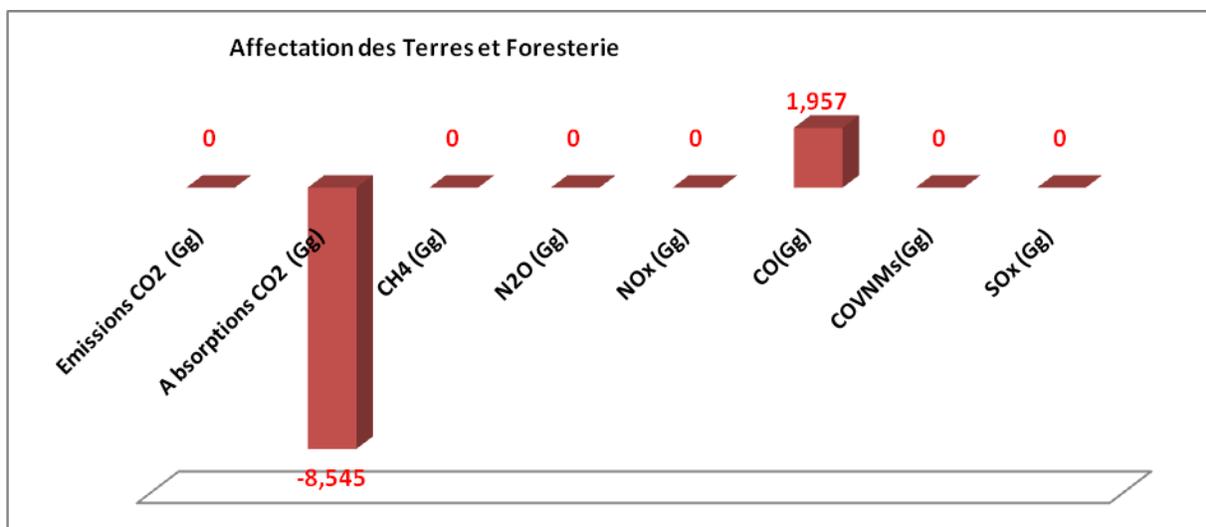


Figure 12: Emissions de GES pour le secteur de l'UTCATF en 2005

Quant au secteur des déchets (figure13), il est dominé par le CH₄ (3Gg).

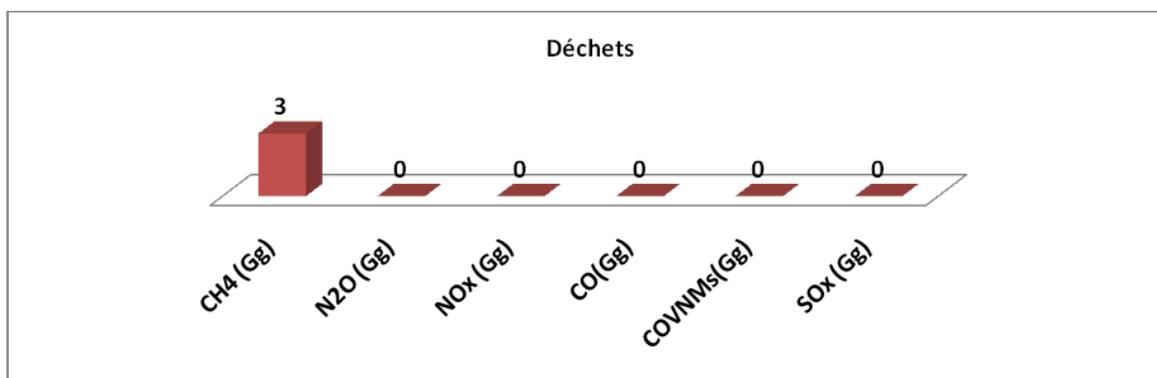


Figure 13: Emissions de GES pour le secteur des déchets en 2005

En tenant compte des Potentiels de Réchauffement Global (PRG100) respectifs ci-après : 1 pour le CO₂, 21 pour le CH₄ et 310 pour le N₂O, les émissions agrégées totales (tableau 26) se sont élevées à 5.010,4Gg CO₂eq. Ainsi, le bilan national d'émission-absorption est négatif en 2005 car, avec le total d'émissions de 5.010,4Gg CO₂eq et le total d'absorption de – 8.545Gg CO₂eq, le bilan est de -3.534,6Gg CO₂eq soit **une absorption de -3.534,6Gg CO₂eq.**

Tableau 26: Emissions agrégées totales en 2005 en CO₂ eq

Secteur d'émissions	CO ₂ eq en Gg	% du total
Total national du CO₂eq émis	5.010,4	100
Energie	891,3	17,8
Procédés industriels	150,52	3,0
Agriculture	3.909,9	78,0
UTCATF	10,9	0,2
Déchets	47,25	0,9

La répartition des émissions agrégées (figures 14 et 15) se présente comme suit :

- gaz par gaz : 61% d'hémioxydes d'azote, 29% de méthane et 10% de dioxyde de carbone,
- secteur par secteur : agriculture (78%), énergie (18%), procédés industriels (3%), et déchets (1%)

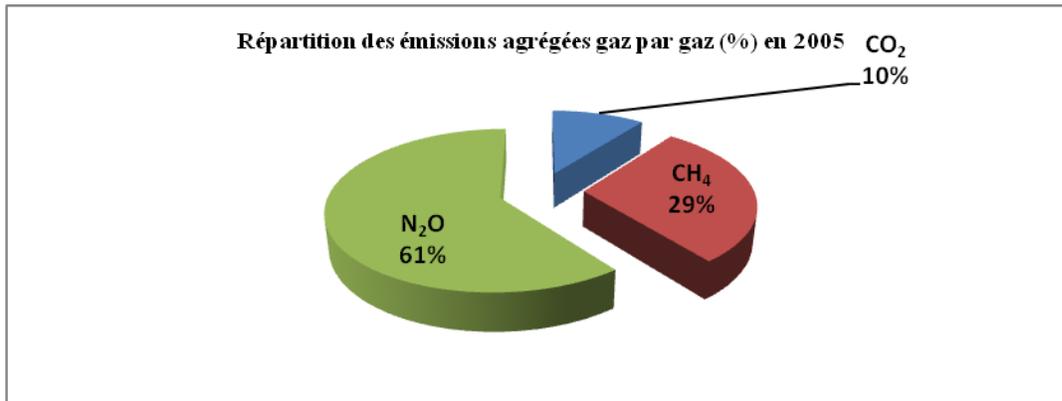


Figure 14: Répartition des émissions agrégées, gaz par gaz (%) en 2005

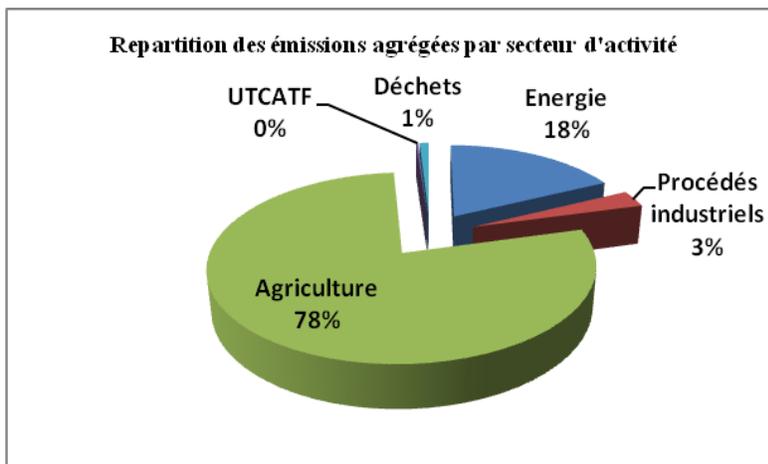


Figure 15: Répartition des émissions agrégées par secteur d'activité (%) en 2005

2.6. Indicateurs de la Qualité d'Estimation de Gaz à Effet de Serre

Exhaustivité

Les secteurs d'activité portant sur les émissions et absorptions de gaz à effet de serre couvertes par cet inventaire sont l'énergie, les Procédés industriels, l'Agriculture, l'Affectation des Terres et Foresterie et les Déchets.

Pour le secteur de l'énergie, l'inventaire concernait la biomasse (bois de feu, charbon de bois et résidus agricoles) et les produits pétroliers, les seules sources d'émissions de gaz à effet de serre au Rwanda.

Pour le secteur des Procédés industriels, les seules sources d'émissions de gaz à effet de serre existantes à l'état actuel sur tout le territoire national sont la production du ciment et la production de la chaux. Cependant, les incertitudes sur les données relatives à la fabrication de bières et du pain sont telles que nous avons préféré ne pas estimer les émissions dans ces sous secteurs.

Pour le secteur de l'agriculture, l'inventaire a été conduit sur les données d'activité des sources existantes sur toute l'étendue du territoire Rwandais. Les seules sources existantes sur le territoire national sont : le cheptel domestique, les superficies rizicoles, le brûlage dirigé des savanes, la combustions des résidus agricoles et les sols cultivés.

Pour le secteur d'affectation des terres et foresterie, toutes les surfaces des catégories de forêts existantes au Rwanda ont été considérées.

Pour le secteur de déchets, les déchets solides et les eaux usées sont la seule source potentielle des émissions de méthane.

Transparence

Les données ont été collectées notamment auprès des institutions publiques et privées ci-après : Institut National des Statistiques, Ministère des Finances et de la Planifications Economique, Ministère du Commerce et de l'Industrie, Ministère de l'Agriculture et des Ressources Animales, Ministère des Infrastructures, Banque Nationale du Rwanda, Rwanda Bureau of Standards, Rwanda Revenue Authority, Institut des Sciences Agronomique du Rwanda, Rwanda Environment Management Authority, Mairie de la Ville de Kigali, Civile Aviation Authority, Usine de production du ciment, Coopérative de production de la chaux.

Comme les priorités de la recherche scientifique actuelle ne visent pas la quantification mais l'estimation de gaz à effet de serre, les facteurs d'émissions fournies par GIEC ont été utilisés en considérant les valeurs moyennes des régions tropicales.

Comparabilité

Les pays limitrophes qui ont les mêmes conditions que le Rwanda n'ont pas encore publié leurs deuxièmes communications nationales pour pouvoir faire une comparaison.

Les autres pays de notre région dont les rapports de la deuxième communication nationale sont déjà sur le site web de la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements climatiques sont : la République Démocratique du Congo et le Congo. Cependant, dans l'inventaire des gaz à effet de serre, ces deux pays n'ont pas utilisé le tableau 17/CP.8. Il nous est donc impossible de faire la comparaison avec nos inventaires de GES. Le Niger a aussi publié récemment sa deuxième communication nationale. Même si les conditions du Niger sont loin d'être comparables avec celles du Rwanda, nous pensons que les besoins énergétiques par habitant du Niger et du Rwanda peuvent être comparables. Nous avons donc comparé les émissions de gaz à effet de serre du Rwanda avec celles du Niger pour le secteur de l'énergie.

Le secteur de l'énergie est un secteur clé pour le Rwanda car, hormis les émissions y relatives de la combustion de la biomasse (7.228 Gg) et les émissions des soutes internationales (17 Gg), toutes les deux inventoriées pour mémoire, ce secteur représente 72% des émissions de CO₂, 28% des émissions de CH₄, 16% des émissions de CO et 100% des émissions de NO_x, de COVNM, et de SO_x.

Cependant, il y a des différences notables entre le Rwanda et le Niger :

- L'année de référence pour l'inventaire des gaz à effet de serre est 2005 pour le Rwanda et 2000 pour le Niger ;
- La population du Rwanda est estimée à 8.814.253 habitants en 2005 et celle du Niger est de 11.060.291 habitants en 2001;
- La surface du Rwanda est 26.338 Km² contre 1.267.000 km² du Niger.

Le tableau 27 suivant donne la comparaison des émissions pour le secteur de l'énergie

Tableau 27: Comparaison des émissions de GES du Rwanda et du Niger pour le secteur de l'énergie

Gaz Emissions en Gg	CO₂	CH₄	N₂O	NO_x	CO	COVNM	SO_x
Rwanda	380	20	0	14	361	42	18
Niger	1.887	35	0	21	614	76	2140

L'analyse du tableau 27 ci-dessus nous donne ce qui suit :

- Les émissions de CH₄, N₂O, NO_x, CO et COVNM sont comparables car, la population du Niger est estimée à 1,5 fois celle du Rwanda et les émissions sont dans les mêmes proportions.

- Par contre, les émissions de CO₂ du Niger sont 5 fois plus que celles du Rwanda. Ceci peut être expliqué par le fait des différences notables ci-haut citées. En plus, il est à mentionner qu'une partie de la production de l'électricité du Niger est à base du charbon.

Cependant, la différence remarquable à laquelle nous n'avons pas trouvé d'explication réside sur les émissions de SO_x car le Rwanda les a estimées à 18Gg contre 2140Gg pour le Niger.

Cohérence

Les procédures de collecte de données et d'estimation de facteur d'émission ainsi que les méthodologies utilisées suivent les recommandations des bonnes pratiques du GIEC (GIEC, 2000) ainsi que la décision 17/CP.8 (UNFCCC, 2003). Les mêmes procédures et méthodologies ont été utilisées pour l'année de référence et pour les autres années.

Exactitude

Les bonnes pratiques du GIEC (GIEC, 2000), la décision 17/CP.8 ont été utilisées comme documentation principale. Le logiciel d'IPCC a été utilisé pour quantifier les émissions de gaz à effet de serre. La vérification des résultats du logiciel a été effectuée par calculatrice.

Evaluation des incertitudes

Les incertitudes dans l'estimation des gaz à effet de serre proviennent couramment de deux sources principales :

- Manque et représentation inadéquate des données de base;
- Application des facteurs d'émission pour des conditions non complètement similaires.

Dans l'inventaire des gaz à effet de serre, trois niveaux de confiance/assurance ont été adoptés conformément à la méthodologie du GIEC. Ils sont basés sur les jugements d'experts ayant participé aux inventaires.

Le protocole utilisé pour le jugement d'expert repose sur la disponibilité des données et la méthode de collecte et de gestion des données par l'institution ou organisme distributeur des données.

Les critères utilisés pour définir les niveaux élevés, moyen et bas de confiance dans les deux sous secteurs reflètent la qualité des données d'activité généralement disponibles ou collectées dans le sous secteur, le taux de confiance avec laquelle les relations entre données d'activité et émissions ont été établies.

Tableau 28: Niveau de confiance

Niveau de confiance	Niveau d'incertitude	Energie	Procédés Industriels	Agriculture	UTCATF	Déchets
Haut	Incertitude	<5 %	< 20 %	< 20 %	< 20 %	< 15 %
Moyen	Incertitude	5-10 %	20-50 %	20-65 %	20-80 %	15-40 %
Bas	Incertitude	> 15 %	>50%	> 65%	> 80%	> 40%

2.7. Sources Clés et non Clés de Gaz à Effet de Serre

L'analyse catégorielle des sources d'émissions a été faite selon « key category analysis » à partir du logiciel IPCC. Du tableau 29 ci-après, deux sources clés ressortent : l'agriculture avec des valeurs respectives de N₂O et de CH₄ de 2.882,1Gg et 955,4Gg et l'Energie avec des valeurs respectives de CH₄ et de CO₂ de 416,1Gg et 269,9Gg ; soit un total de 90,2%. L'UTCATF avec sa valeur de -8.545Gg représente un puits.

Cependant, si on fait exception du secteur d'affectation des terres et foresterie, nous remarquons que quatre sources clés ressortent : le N₂O et le CH₄ du secteur de l'agriculture avec des valeurs respectives de 2.882,1Gg et 955,4Gg, ainsi que le CH₄ et le CO₂ du secteur de l'énergie avec des valeurs respectives de 416,1Gg et 269,9Gg, soit un total de 90,2%.

Tableau 29: Analyse des sources clés de GES (logiciel IPCC)

Country	Rwanda									
Invent.Year	2005									
IPCC Source Categ.	Sector	Source Categories to be Assessed in Key Source Category Analysis ¹	Applic. GHG	Emission Estimate (current year, Non-LULUCF) (Gg CO2eq)	Estimate (current year, LULUCF) ³ (Gg CO2eq)	Total absolute estimate incl. LULUCF (current year) (Gg CO2eq)	Lvl Ass. excl. LULUCF (%)	Cumul. level excl. LULUCF (%)	Lvl Ass. incl. LULUCF (%)	Cumul. level incl LULUCF (%)
Sum	Sum	Sum		5,012.9	-8,545.0	13,557.9				
Enter number	LULUCF	Enter sub-category ²	CO2		-8,545.0	8545.0	n/a	0.0%	63.0%	63.0%
4.D	Agriculture	N2O (Direct and Indirect) Emissions from Agricultural Soils	N2O	2,882.1		2882.1	57.5%	57.5%	21.3%	84.3%
4.A	Agriculture	CH4 Emissions from Enteric Fermentation in Domestic Livestock	CH4	955.4		955.4	19.1%	76.6%	7.0%	91.3%
1.A.4	Energy	Other Sectors: Residential CH4	CH4	416.1		416.1	8.3%	84.9%	3.1%	94.4%
1.A.3	Energy	CO2 Mobile Combustion: Road Vehicles	CO2	269.9		269.9	5.4%	90.2%	2.0%	96.4%

Source : UNFCCC Software

2.8. Améliorations Prévues pour les Futurs Inventaires Nationaux de Gaz à Effet de Serre

L'insuffisance et l'absence de données statistiques est un problème général dans la plupart des secteurs d'activités au Rwanda. Ceci est dû en partie à l'importance du secteur informel. En plus, les données statistiques disponibles n'ont pas été collectées pour des fins de l'inventaire de gaz à effet de serre.

En matière d'arrangements institutionnels pour l'établissement des présents inventaires, le Projet « Deuxième Communication Nationale », tout en privilégiant ceux qui avaient collaboré à la Communication Nationale Initiale, a dû recourir à la formation de courte durée pour le personnel qualifié des Ministères en charge de l'Energie, du Transport, de l'Agriculture, des Forêts, et de l'Industrie ainsi que des Institutions d'Enseignement Supérieur et de Recherche.

Pour améliorer les prochains inventaires de gaz à effet de serre les recommandations générales ci-après ont été proposées:

- Création et mise à jour régulière d'une banque de données pour l'inventaire de gaz à effet de serre au sein de l'Unité « Changements Climatiques et Accords Multilatéraux sur l'Environnement (AME) » récemment créée au sein de Rwanda Environment Management Authority (REMA) ;
- Collaboration entre Rwanda Environment Management Authority et les Institutions sectorielles concernées pour l'inventaire de gaz à effet de serre en vue d'améliorer la qualité et la quantité de données ;
- Appuis supplémentaires pour permettre la réalisation d'études ou enquêtes devant générer des informations nécessaires pour l'établissement d'inventaires de meilleure qualité ;
- Inclure le protocole du niveau de confiance des données ;
- Elaborer les facteurs d'émissions spécifiques pour le Rwanda à partir des recherches scientifiques.

Par ailleurs, les recommandations spécifiques aux secteurs d'activité sont les suivantes:

Secteur de l'Energie

- Mesurer systématiquement les masses volumiques des produits pétroliers qui entrent au Rwanda et enregistrer ces valeurs ;
- Enregistrer plus de données sur le parc automobile, ex. : âge, type de traitement des gaz d'échappement s'il en existe sur le véhicule ;

- Enregistrer systématiquement et en différenciant la consommation du jet kérosène employé pour le transport interne et le transport international.

Secteur de l'Agriculture

- Renforcer la recherche agricole sur la détermination des facteurs d'émissions pour les activités et pratiques agricoles en cours au Rwanda ;
- Inclure les données d'activités qui ne sont pas normalement prises en compte par ces institutions publiques telles que les vaches laitières et non laitières, les histosols, les fertilisants minéraux, etc.

Secteur de l'Utilisation des Terres, changement d'affectation des terres et Foresterie

Les améliorations envisagées dans le secteur de l'utilisation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie sont en rapport essentiellement avec les politiques nationales dans ce secteur. Les propositions ci-après ont été faites :

- Mettre à jour les données des superficies classées dans les catégories qui n'ont pas d'inventaire régulier jusqu'à présent telles que les Terres forestières, les Terres cultivées qui changent saison par saison ;
- Suivre les changements et mettre à jour les données sur les zones humides, les Établissements (superficies des villes qui peuvent être obtenues par télédétection), et les Autres Terres (rochers et autres terres non exploitées).

Secteur de procédés industriels et déchets

- Réaliser une enquête pour connaître la composition de déchets urbains ;
- Réaliser des enquêtes en vue de disposer de la quantité totale de soude utilisée dans le pays;
- Obtenir des données d'activités sur la consommation des halocarbone (HFC et PFC) et d'hexafluorures de soufre ;
- Réaliser des enquêtes en vue d'obtenir la production artisanale de l'huile, la production du pain à travers le nombre de boulangeries et la consommation totale au niveau national.

Conclusion

Pour l'année 2005, choisie comme année de base, les résultats d'études sur l'inventaire de gaz à effet de serre, montrent que le Rwanda a contribué aux émissions de gaz directs avec 530,88Gg de dioxydes de carbone (CO₂), 71,31Gg de méthane (CH₄), et 10Gg d'hémioxydes d'azote (N₂O) ; par contre, pour les gaz indirects il a contribué avec 16Gg d'oxydes d'azote (NO_x), 2.327Gg de monoxydes de carbone (CO), 42Gg de composants organiques volatiles non méthaniques (COVNM) et 18Gg d'oxydes de soufre (SO_x).

En terme d'émissions de gaz à effet de serre en équivalents carbone, le total d'émissions se chiffre à 5.010,4Gg CO₂eq dont l'agriculture avec 3.909Gg CO₂eq (78%), l'énergie avec 891,3Gg CO₂eq (17,8%), les procédés industriels avec 150,52Gg CO₂eq (3%), les déchets avec 47,25Gg CO₂eq (0,9%) et l'Affectation des terres et foresterie avec 10,9Gg CO₂eq (0.2%).

La quantité d'émissions inventoriées pour mémoire est de 7.228Gg de CO₂ pour la combustion de la biomasse et 17Gg de CO₂ pour les soutes internationales.

Notons que le bilan national d'émission-absorption est négatif en 2005 car, avec le total d'émissions de 5.010,4Gg CO₂eq et le total d'absorption de -8545Gg CO₂eq, le bilan est de -3.534,6Gg CO₂eq, soit **une absorption de -3.534,6 Gg CO₂eq**.

De 2003 à 2006, la variation des gaz directs a été comme suit : le gaz le plus émis est le dioxyde de carbone (CO₂) qui varie de 452Gg à 601Gg. Il est suivi par le méthane (CH₄) variant de 64Gg à 74Gg et l'hémioxyde d'azote variant de 3,53Gg à 11,73Gg.

Dans la même période, le total d'émissions agrégées varie de 2.896,34Gg CO₂eq à 5.793,45Gg CO₂eq avec la grande contribution du secteur de l'agriculture (de 1.905,05Gg CO₂eq à 4.598,7Gg CO₂eq) suivi du secteur de l'énergie (de 770,93Gg CO₂eq à 823Gg CO₂eq).

Par ailleurs, le total du CO₂ absorbé varie de - 6.620Gg en 2003 à -10.126Gg en 2006 et les émissions de CO₂ imputables à la biomasse (pour mémoire) varient de 6.747Gg à 7.494Gg.

CHAPITRE III: ATTENUATION DE GAZ A EFFET DE SERRE ET RENFORCEMENT DE PUIITS



Le Rwanda ayant ratifié la Convention Cadre des Nations Unies sur les changements climatiques a l'obligation de prendre des mesures de précaution pour prévoir, prévenir et atténuer les causes des changements climatiques et en limiter les effets néfastes. Pour atteindre ce but, il convient que ces politiques et mesures tiennent compte de la diversité des contextes socio-économiques du pays.

Dans le cas du Rwanda, des politiques et mesures pour prévenir et atténuer les causes des changements climatiques et en limiter les effets néfastes pour un développement socio-économique durable, ont été définies par le Gouvernement.

Tout en veillant à la sauvegarde de l'environnement, ces politiques et mesures devront permettre une utilisation rationnelle des ressources énergétiques, un accroissement de l'accès de la population à plus d'énergie et à un coût raisonnable, une satisfaction des besoins en énergie dans différents secteurs (industries, services, agriculture, etc.), une amélioration des services de transport et un accroissement et une sauvegarde du recouvrement forestier.

La vision du Gouvernement prévoit qu'à l'horizon 2020, le Rwanda aura réduit la part du bois dans le bilan énergétique de 90% à 40%. Le potentiel hydraulique associé à celui du gaz méthane

devrait satisfaire les besoins en énergie électrique pour toutes les activités de développement du pays avec un supplément de 125MW par rapport à 2002. Dans le cadre de la Vision 2020 et surtout dans son récent Plan Stratégique de Réduction de la Pauvreté (P.R.S.P.), le Gouvernement s'est donné comme objectifs d'assurer un taux de croissance de consommation d'énergie électrique de 9,6 % par an, d'assurer un taux d'électrification rurale de 30% et d'amener de 6% à 35% la population ayant accès à l'électricité.

L'objectif de cette étude est de faire une évaluation et une analyse nationales sur les différentes technologies, mesures et activités qui sont susceptibles de réduire les sources d'émissions de gaz à effet de serre ou de promouvoir leur absorption et de faire une mise à jour régulière d'une banque de données pour l'inventaire de gaz à effet de serre au Rwanda.

L'évaluation comprend la description et l'analyse des mesures d'activités existantes ou planifiées au niveau national pouvant contribuer à la réduction et/ou à l'absorption de gaz à effet de serre.

Cette étude comprend les trois parties que voici: (i) collecte de données, (ii) choix des hypothèses, modèles, outils, et développement des scénarios et (iii) analyse des résultats des options de GES.

3.1. Collecte de Données

Les données sur les hypothèses clés, la demande et la transformation énergétique, ainsi que la répartition de l'utilisation des terres ont été collectées dans les services de l'Etat. Cependant, les données spécifiques sur la quantité de carburant consommé par jour et par véhicule ont été estimées à partir de l'enquête auprès des établissements privés tels qu'ATRACO, ACETAMORWA, VOLCANO, RWANDA-MOTOR. Enfin, les données pour la projection future ont été estimées sur base de la vision 2020 du Gouvernement et du jugement d'experts fondé sur la situation nationale.

3.1.1. Les hypothèses clés

Les hypothèses clés comprennent l'effectif de la population, le taux annuel de croissance de la population, le produit intérieur brut, le nombre de ménages, la taille moyenne des familles, et le taux d'urbanisation. Selon le rapport des indicateurs du Développement (Institut National des Statistiques du Rwanda, 2006), en 2005, la population du Rwanda était estimée à 8,81 millions, le taux de croissance de la population à 3%, le PIB par tête à 272 USD, le nombre de ménages à 1,9 millions, la taille moyenne des familles à 4,6 membres et le taux d'urbanisation à 17%.

3.1.2. Les données de la demande énergétique

(i) Ménages

En milieu rural, la biomasse assure 94% des besoins énergétiques, le reste étant couvert par d'autres options comme le pétrole lampant, le mazout, les piles sèches, l'électricité ou d'autres formes d'énergies renouvelables.

La population rwandaise était composée en 2005 de 1.830.000 ménages dont 17% sont urbains et 83% ruraux² avec une consommation moyenne d'énergie estimée à 30 Kwh par an et par personne sous toutes formes et activités³. La consommation en bois-énergie a été de 4.982.063 tonnes alors que la demande totale s'élevait à 7.822.063 tonnes.

Les données sur l'utilisation de l'énergie pour l'éclairage et pour la cuisson par les ménages proviennent du rapport de l'Institut National de la Statistique du Rwanda (INSR, 2006) sur l'Enquête Intégrale sur les Conditions de Vie des Ménages (EICV1 pour 2001 et EICV2 pour 2005). Les tableaux 30, et 31 ci-après montrent l'utilisation de l'énergie pour les différents besoins en 2001 (EICV1) et en 2005 (EICV2).

² Rwanda Development Indicators, National Institute of Statistics, 2005/2006

³ MININFRA/Banque Mondiale, Estimation du bilan énergétique, 2006

Tableau 30: Utilisation de l'énergie pour l'éclairage (%)

	EICV1	EICV2	EICV1	EICV2	EICV1	EICV2	EICV1	EICV2
	Ville de Kigali		Autres villes		Milieu rural		Niveau national	
Service public (Electrogaz)	41.9	37.2	8.1	12.0	0.7	0.7	4.5	4.3
Groupe électrogène	0.1				0.1	0.0	0.1	0.0
Pétrole lampant	34.5	32.3	19.8	25.9	8.1	9.5	11.1	12.7
Lampes à Gaz	0.4	0.0		0.0	0.1	0.0	0.1	0.0
Bois de chauffage	0.8	0.1	11.4	5.7	25.7	17.6	22.6	15.2
Bougies	3.9	7.8	0.7	2.4	0.6	1.0	0.9	1.6
Lampes traditionnelles (Agatadowa)	18.5	22.3	59.6	51.4	62.9	69.5	59.1	64.4
Autres		0.3	0.4	2.5	1.8	1.7	1.6	1.7
	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Source: EICV2, Institut Nationale de la Statistique du Rwanda (INSR, 2006)

EICV : Enquête Intégrale sur les Conditions de Vie des ménages

Tableau 31: Utilisation de l'énergie pour la cuisson (%)

	EICV1	EICV2	EICV1	EICV2	EICV1	EICV2	EICV1	EICV2
	Ville de Kigali		Autres villes		Milieu rural		Niveau national	
Bois de chauffage	21.4	23.1	81.7	73.7	97.7	95.5	90.4	88.2
Charbon de bois	75.8	72.4	16.3	19.6	0.8	1.1	8.0	7.9
Gaz	0.5	0.2	0.2	0.1	0.0		0.1	0.0
Electricité	0.5	0.2	0.2	0.3	0.2	0.0	0.2	0.1
Pétrole lampant	0.3	0.8	0.1	0.3	0.1	0.0	0.1	0.1
Combustions diverses	0.0	0.1	0.9	2.5	0.7	3.0	0.7	2.7
Autres	1.5	3.3	0.6	3.4	0.5	0.4	0.6	0.9
	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Source: EICV2, Institut Nationale de la Statistique du Rwanda (INSR, 2006)

EICV : Enquête Intégrale sur les Conditions de Vie des ménages

(ii) Industrie et transport

Les Petites et Moyennes Entreprises et les Institutions communautaires ont utilisé 366.520 tonnes de bois en 2005 ; cette consommation croît dans le temps avec le développement économique du pays.

Pour le secteur manufacturier, la consommation d'énergie se répartit en fuel oil avec 9.225 tonnes en 2005. Le tableau ci-après montre l'évolution de la demande par l'industrie de 2002 à 2006

En 2005, le transport est assuré principalement par route avec un charroi estimé à 41.052 véhicules toutes catégories confondues et une consommation totale de 87.162 tonnes d'essence et diesel.

Tableau 32: Evolution de la demande par l'industrie de 2002 à 2006

Année		2003	2004	2005	2006
Industries, Fuel Oil	Fuel oil (tonnes)	14.823	14.736	15.794	18.534
	Transport				
	Essence	41.114	42.818	43.441	50.342
	Diesel	28.357	42.936	43.721	50.868

Source : MININFRA

3.1.3. Les données de la transformation énergétique

La transformation énergétique est subdivisée en production, transport et distribution de l'électricité, production du charbon, production du gaz méthane, production du biogaz, et production de l'énergie solaire. Les données relatives à ces subdivisions sont :

- Le rendement du transport et de la distribution de l'électricité : la contribution (%) et le rendement (%) de la production de l'électricité selon le mode de production ;
- Le rendement (%) et la contribution (%) des modes de production d'autres sources d'énergie (charbon, gaz méthane, biogaz, énergie solaire)

En 2005, l'hydro-électricité contribuait à 50% de la production de l'électricité ; les 50% restants étaient produits par des générateurs thermiques à fuel.

D'après les informations fournies par RECO-RWASCO, la perte de l'énergie en 2005 due au transport et à la distribution de l'énergie électrique y compris les pertes commerciales⁴ est estimée à 20%. En d'autres termes, le rendement du transport et de la distribution de l'électricité est de 80%. Les pertes dues au transport du charbon et du gaz sont respectivement de 5% et de 1% d'après les rapports du MININFRA.

Tableau 33: Evolution de la transformation énergétique de 2003 à 2006

Année	2003	2004	2005	2006
Production intérieure	117,6 GWh	90,5GWh	116Gwh	169GWh
Importations	120,8GWh	120,8GWh	89,09GWh	64,09GWh
Total	238,4GWh	211,3GWh	205,09GWh	233,09GWh

Source : MININFRA(2007)

⁴RECO-RWASCO 2010, Electricity Generation, Import and Export (KWh) from 1998 to 2009 by Donath

3.1.4. Les données de l'agriculture

Pour l'agriculture, l'affectation des terres et la foresterie, les données portent sur la répartition (en ha) des terres des forêts, des terres cultivées, des marais, des lacs et autres terres. La population, essentiellement agricole croît de plus d'un million par an. La surface totale des terres arables au Rwanda atteint 1,4 million d'hectares équivalant à 52% de la surface du pays. Néanmoins, dans les années récentes, la surface cultivée dépasse 1,6 million d'hectares. Si on ajoute 0,47 million d'hectares pour les pâturages permanents, le pourcentage des terres exploitées pour l'agriculture dépasse 70% (REMA, 2009).

Le récent inventaire des marais du Rwanda (REMA, 2009) a montré que le Rwanda contient 860 marais couvrant la surface de 278.536 hectares dont 20% (38 marais) sont proposés à une protection totale, 74% (475 marais) à une exploitation sous condition et 6% (347 marais) à une exploitation sans conditions. Comme le montre le tableau 34, la surface forestière du Rwanda était estimée à 240.746 ha en 2007, équivalant à peu près à 10,1% de la superficie nationale. Le Gouvernement du Rwanda prévoit augmenter le recouvrement forestier national de 10% à 30 % d'ici 2020.

Tableau 34: Catégorie de forêts et leurs superficies

Catégorie de forêt	Surface en ha	% du territoire national
Forêts naturelles humides	79.797,86	3,35
Forêts naturelles dégradées	38.003,51	1,59
Bambous	4.381,47	0,18
Savanes	3.726,81	0,16
Plantations d'eucalyptus	63.560,75	2,67
Nouvelles plantations d'eucalyptus et de taillis	39.204,82	1,64
Plantation de Pinus	12.071,31	0,51
Total	240.746,53	10,10

Source: Rwanda State of Environment, REMA, 2009

3.2. Choix des Hypothèses, Méthodes, Modèles, Outils et Développement des Scénarios

Toutes les données sont analysées selon les scénarios de référence et d'atténuation de gaz à effet de serre. Les scénarios de référence représentent la continuité des activités et de la méthode de leur mise en œuvre (business as usual). Par contre, les scénarios d'atténuation de gaz à effet de serre consistent à la mise en œuvre des mesures proposées après l'analyse et l'évaluation conformes aux possibilités de réduction de gaz à effet de serre et aux possibilités économiques, technologiques et culturelles du Rwanda.

3.2.1. Méthodologies

Compte tenu de la politique actuelle du Rwanda et de sa mise en œuvre, les scénarios de référence sont basés sur les politiques sectorielles du gouvernement, la stratégie nationale de réduction de la pauvreté et la Vision 2020. Cette dernière, par exemple, prévoit:

- L'accroissement de l'accès à l'énergie électrique de 2% en 2000 à 35% en 2020 et la réduction de la contribution du bois-énergie de 94% en 2000 à 50% en 2020 ;
- L'expansion de l'utilisation des foyers améliorés à rendement énergétique de 40% ;
- L'accroissement de l'utilisation des engrais de 0.5% en 2000 à 15% en 2020 ;
- La réduction de la population engagée dans l'agriculture de 90% en 2000 à 50 % en 2020 ;
- L'accroissement de la couverture forestière nationale de 10% du territoire national à l'état actuel à 30% en 2020.

Quant aux scénarios d'atténuation, quatre documents (IPCC, 2007 ; REMA, 2009 ; CDM/JI' 2008 ; et CDM, in charts, 2007) ont servi à développer les scénarios d'atténuation à partir des données de l'année de base 2005.

Les logiciels LEAP (Long-Range Energy, Alternatives Planning system) et COMAP (Comprehensive Mitigation Assessment Process) ont été utilisés pour les analyses.

3.2.2. Scénarios pour les hypothèses clés

Pour les scénarios de référence et d'atténuation de GES (tableau 35 ci-après), nous proposons les variations des hypothèses clés de 2005 à 2030 comme suit :

- Croissance annuelle de la population : 2,5% pour les scénarios d'atténuation au lieu de 3% pour les scénarios de référence;
- Croissance annuelle du PIB : 8% pour les scénarios d'atténuation au lieu de 6% pour les scénarios de référence.

Tableau 35. Projections des hypothèses clés

Variable	2005	2030 Référence	2030 Atténuation
Population (Millions)	8,81	18,5	16,3
Taux annuel de croissance de la population	3 %	3 %	2,5 %
PIB par tête	272 USD	1.167 USD	1.862 USD
Nombre de ménages (Millions)	1,9	3,978	3,522
Taille moyenne des familles	4,6	4,6	4
Taux d'urbanisation	17%	30 %	%

Source : INSR : Rwanda Development Indicators, 2006 ; MINECOFIN : Vision 2020 ; Jugement des Experts

Les scénarios ci-après concernent la demande et la transformation énergétique.

(i) Scénarios de référence et d'atténuation pour les ménages

Pour les scénarios de référence, 25% de la population urbaine avaient accès à l'électricité en 2005. On projette qu'en 2030, la population urbaine passera de 17 à 30% et aura totalement accès à l'électricité. Le principal fuel utilisé pour la cuisson est le bois de chauffage dans les ménages ruraux et le charbon dans les ménages urbains. Pour les scénarios de référence (2005 à 2030), le nombre de ménages ruraux utilisant le bois de chauffage va passer de 98,9% à 50%. En remplacement du bois de chauffage, l'utilisation du biogaz va passer de 0,5% à 50%. Pour les ménages urbains par contre, l'utilisation du charbon de bois va passer de 72,4% à 50% de 2005 à 2030 et les 50% restants vont utiliser le gaz (25%), l'électricité (15%) et le bois (15%).

Entre 2005 et 2030, l'éclairage des ménages urbains passera de 25% à 100%, la réfrigération passera de 10% à 50%, la TV de 14% à 100% et le repassage sera de 100% pour la population urbaine ayant accès à l'électricité. La population rurale ayant accès à l'énergie électrique était de 1% en 2005. Cette proportion est prévue de croître jusqu'à 35% en 2030.

Pour les scénarios d'atténuation, il est proposé qu'en 2030, au moins 40% de la population soient des résidents urbains et aient accès à l'électricité. Concernant la population rurale (60% de la population nationale), il est prévu que seuls 60% (soit 36% de la population nationale) aient accès à l'électricité.

Pour la cuisson en villes, il est proposé que 50% utilisent le gaz, 20% l'électricité, 20% le charbon et 10% le bois de chauffage. Par contre dans les milieux ruraux, 40% des ménages n'ayant pas accès à l'électricité utiliseront le bois de chauffage tandis que 60% de cette population utiliseront le biogaz. Compte tenu de la politique nationale actuelle d'utilisation du biogaz et des améliorations possibles dans le futur, 20% de plus de la population n'ayant pas accès à l'électricité utiliseront le bois de chauffage et le biogaz ; ainsi, 80% de la population (n'ayant pas accès à l'électricité) bénéficieront de l'éclairage au biogaz. Quant aux ménages ayant accès à l'électricité, il est proposé que 70% utilisent le biogaz, 15% le charbon et 10% le bois et l'électricité.

Tableau 36: Scénarios de référence et d'atténuation pour les ménages urbains

Catégorie	Activité	Technologie	Utilisateur (%)			Intensités (Consommation annuelle/ménage)				Coût (USD/an/ménage)		
			2005	2030 Réf	2030 Mitigation	Unité	2005	2030 Réf	2030 Mitigation	2005	2030 Réf	2030 Mitigation
Electrifié	Cuisson	Gaz	0.2	25	50	L	300	300	300	600	600	600
		Charbon	72.4	50	20	Kg	840	630	420	250	250	250
		Bois	23.1	15	10	Kg	320	2400	1600	150	150	150
		Kérosène	0.5	1	1	L	60	60	60	120	120	120
		Electricité	0.2	10	20	kWh	9125	9125	9125	2100	2100	1050
	Eclairage	Electricité	100	100	100	kWh	365	365	365	84	84	42
	Réfrigération	Réfrigération	10	10	50	kWh	730	730	730	168	168	84
	Repassage	Repassage	100	100	100	kWh	104	104	104	24	24	12
	Télévision	Télévision	14	14	100	kWh	55	55	55	13	13	7
Non Electrifié	Cuisson	Charbon	45	0	0	kg	840	640	420	250	250	250
		Bois	55	0	0	kg	320	2400	1600	150	150	150
	Eclairage	Agatadowa	36.1	0	0	L	6	6	6	12	12	12
		Kérosène	29.1	0	0	L	12	12	12	24	24	24

INSR : EICV2, 2006 ; INSR : Indicateurs de Développement du Rwanda, (MINECOFIN, 2006) : Vision 2020 ; Jugement des Experts

Tableau 37: Scénarios de référence et d'atténuation pour les ménages ruraux

Catégorie	Activité	Technologie	Utilisateur (%)			Unité	Intensités (Consommation par ménage)			Energie annuelle			Coût (USD/an/ménage)		
			2005	2030 (1)	2030 (2)		2005	2030 (1)	2030 (2)	2005	2030 (1)	2030 (2)			
Electrifié	Cuisson	Charbon	100	25	15	kg	840	630	420	250	250	250			
		Bois	100	25	10	kg	3200	240	1600	150	150	150			
		Biogaz	5	50	70	l	300	300	300	300	300	300			
		Electricité	1	5	10	kWh	9125	9125	9125	2100	2100	1050			
	Eclairage	Electricité	100	100	100	kWh	365	365	60	84	84	42			
	Réfrigération	Réfrigération	100	100	100	kWh	730	730	730	168	168	84			
Non Electrifié	Cuisson	Charbon	1.1	5	5	kg	840	630	420	250	250	250			
		Bois	98.9	50	40	kg	3200	2400	1600	150	150	150			
		Biogaz	0.5	50	60	l	300	300	300	300	300	300			
	Eclairage	Kérosène	9.5	9.5	10	l	12	12	12	24	24	24			
		Agatadowa	70	70	10	l	6	6	6	12	12	12			
		Bois	18	18	0	kg	0	0	0	0	0	0			
		Biogaz	0.1	0.1	80	L	30	30	30	0	30	30			

INSR : EICV2, 2006 ; INSR : Indicateurs de Développement du Rwanda, (MINECOFIN, 2006) : Vision 2020 ; Jugement des Experts

L'analyse des tableaux ci-dessus montrent que les scénarios d'atténuations de GES proposés portent sur les options suivantes :

- Recours aux autres énergies alternatives pour les ménages : pour les ménages urbains, les mesures proposées concernent l'augmentation des utilisateurs du gaz de 0,2% à 50% pour la cuisson et l'augmentation des utilisateurs de l'électricité de 0,25 % à 20%. Pour les ménages ruraux, il est proposé l'augmentation des utilisateurs du biogaz de 5% à 70% pour les ménages ruraux électrifiés et de 0.5% à 60% pour les ménages ruraux non électrifiés. En plus, 100% de la population urbaine et 40% de la population rurale sont supposés avoir accès à l'électricité. Enfin pour les besoins de chauffage aussi bien en milieu urbain que rural, l'utilisation des chauffe-eau solaires sera soutenue et étendue étant donné que le pays dispose des potentiels solaires suffisants.
- Remplacement des ampoules à incandescence par les ampoules à faible consommation d'énergie : un projet MDP relatif à cette option est en cours.
- Promotion de l'utilisation du biogaz: la politique de la promotion du biogaz est déjà en cours. Néanmoins il faut encore la renforcer, notamment par l'amélioration de la technologie du biogaz, la création des entreprises de construction et de maintenance des digesteurs de biogaz.
- Electrification intensive : le Rwanda a des potentialités considérables d'électricité évaluées à 1,200 MW. Ces sources sont d'origine hydraulique, géothermale, de gaz méthane, de la tourbe etc.; la grande partie reste encore non exploitée.
- Introduction des foyers et des fours améliorés à grande échelle : cette option vise les foyers améliorés au prix abordable, capables de réduire la quantité de bois-énergie à 50% de la quantité actuellement utilisée pour la cuisson.

(ii) Scénarios de référence et d'atténuation pour les industries et les institutions

Comme nous ne disposons que de données sur les consommations, les utilisateurs de cette catégorie sont groupés en unités dénommées « Buildings » dans le logiciel LEAP. Le premier building caractérise les industries connectées au réseau électrique telles que principalement les sociétés BRALIRWA, SULFO et CIMERWA. Le deuxième building remplace les Petites et Moyennes Entreprises ainsi que les Institutions comme les usines à thé et les établissements des écoles secondaires.

Les hypothèses des scénarios de référence sont les suivantes: pour la catégorie du premier building, l'évolution de la consommation du fuel oil passera de 9.225 tonnes en 2005 à 19.315 tonnes en 2030. Pour la catégorie du deuxième building, le bois de chauffage est utilisé à 100% et va rester à 100% à l'horizon 2030.

Les hypothèses d'atténuation de gaz à effet de serre pour le secteur de l'industrie sont basées sur la substitution du fuel par le gaz méthane du lac Kivu, et la substitution du quart de bois de

chauffage utilisé dans les institutions par le biogaz, l'utilisation des fours à haut rendement énergétique, et le reboisement pour augmenter la quantité de bois de chauffage ainsi que la quantité de forêts qui serviraient à séquestrer les gaz à effet de serre.

Tableau 38: Scénarios de référence et d'atténuation pour le secteur de l'industrie et des institutions

Catégorie	Technologie	Utilisateur (*)		Intensités Energétiques Consommation annuelle				Coût (USD/an)		
		2005	2030	Unité	2005	2030 (1)	2030 (2)	2005	2030 (1)	2030 (2)
Réseau	Fuel	*	*	tonne	9.225	19.315	19.315	6.918.750	14.486.250	14.486.250
	Gaz méthane	*	*	m ³	0	0	28.742.560			
PME& Institutions	Bois	*	*	tonne	336.652	704.874	528.655	4.063.042	8.507.100	8.507.100
	Biogaz	*	*	m ³	0	0	121.394.967			

Source : MININFRA/ELECTROGAZ ; REMA : Rwanda State of Environment, 2009 ; Jugement des Experts
(1) Référence, (2) Mitigation

L'analyse du tableau ci-dessus montre que les scénarios d'atténuations de GES proposés dans le secteur de l'industrie et institutions portent sur les options suivantes :

- Remplacement du fuel utilisé dans les industries : cette option vise à remplacer le fuel utilisé par la BRALIRWA, la CIMERWA, l'UTEXRWA et autres usines similaires par le gaz méthane du lac Kivu.
- Introduction des fourneaux à faible consommation d'énergie et le remplacement des combustibles par les Petites et Moyennes Entreprises et les Institutions: cette option vise à introduire l'énergie solaire thermique, les fourneaux à faible consommation de bois-énergie dans certaines institutions scolaires, et le remplacement du bois-énergie par le biogaz.
- Introduction de nouvelles technologies industrielles: cette option vise à introduire les nouvelles technologies de fabrication du ciment par la CIMERWA. Celles-ci consistent en la réduction de la teneur en clinker et l'introduction des produits chimiques avant la cuisson de certains matériaux décarbonatés.

(iii) Scénarios de référence et d'atténuation pour le transport

En 2006, le nombre de véhicules motorisés était de 41.052 (INSR, 2006) et leur accroissement annuel de 10%. Pour la longue période de 2005 à 2030, ce dernier a été estimé à 6% correspondant à l'accroissement annuel du PIB. Les véhicules considérés sont classés dans les catégories ci-après: motos, voitures, camions et bus. Les données proviennent des utilisateurs ci-après: ATRACO, ACETAMORWA, VOLCANO, et RWANDA-MOTOR.

Tableau 39: Estimation des consommations du carburant par véhicule

Véhicules	Quantité de carburant par jour	Nombre total de jours de service
Motos	5l/J	360J
Voitures, jeeps et camionnette	10L/J	360J
Minibus	40L/J	360J
Camions	60L/J	300J
Bus	60L/J	360J

Source : Etablit a partir des données fournies par ATRACO, ACETAMORWA, VOLCANO, et RWANDA-MOTOR

Pour les scénarios d'atténuation de GES, nous supposons une croissance annuelle de 3% au lieu de 6% (cas du scénario de référence), suite aux mesures d'importation de véhicules de qualité et de régulation de quotas d'émissions, d'amélioration du transport publique, et de substitution de combustible.

Ces estimations ont conduit au calcul de l'intensité énergétique consommée chaque année et figurée dans le tableau 40 ci-après:

Tableau 40: Situation de base, scénarios de référence et d'atténuation pour le sous secteur des transports

Secteur des transports, Catégories	% Véhicule			Intensités Energétiques (Consommation annuelle)				Coût (\$/an/véhicule)		
	2005	2030 (1)	2030 (2)	Unité	2005	2030 (1)	2030 (2)	2005	2030 (1)	2030 (2)
Moto (Essence)	29,52	29,52	10	Litre	1.800	1.800	1.080	3.600	3.600	2.160
Voitures (Essence:90% Diesel : 10%)	57,96	57,96	75	Litre	3.000	3.000	1.800	6.000	6.000	3.600
				Litre	3.000	3.000	1.800	6.000	6.000	3.600
Minibus (Essence:90% Diesel :10%)	8,3	8,3	5	Litre	14.400	14.400	8.640	28.800	28.800	17.280
				Litre	14.400	14.400	8.640	28.800	28.800	17.280
Camions (Diesel)	3,9	3,9	5	Litre	18.000	18.000	10.800	36.000	36.000	21.600
Bus (Diesel)	0,2	0,2	5	Litre	21.600	21.600	12.960	43.200	43.200	25.920

Source: Enquête et Jugement des Experts (1) Référence (2) Atténuation

L'analyse du tableau ci-dessus montre que les scénarios d'atténuations de GES proposés dans le secteur de transport portent sur les options suivantes :

- Régulation des émissions des véhicules : cette option comprend en soi plusieurs mesures dont :
 - Le renforcement et l'amélioration du contrôle technique automobile incluant les mesures directes de GES émis par les véhicules ;
 - La régulation de la qualité des véhicules importés compte tenu de l'année de fabrication, de la distance parcourue et d'autres caractéristiques techniques requises ;
 - L'encouragement des véhicules au mode de compression injection (les moteurs diesel à injection directe et turbocompresseur) ;
 - La promotion des véhicules fonctionnant au gaz naturel (méthane du lac Kivu).
- Promotion du transport public : cette option comprend les mesures spécifiques concernant le transport public basées sur des autobus à économie de carburant, de haute capacité d'embarquement de passagers et évoluant sur les voies principales. Ces grands autobus seraient reliés aux bus de basse capacité évoluant sur les routes secondaires. Le système proposé devrait être coordonné pour assurer le confort, la ponctualité, la régularité, la représentativité et la facilité d'embarquement et de débarquement.
- Recours aux autres sources d'énergie et amélioration du rendement de transport et de distribution de l'énergie : cette option vise le recours à d'autres sources d'énergie propre telles que le biogaz, l'énergie solaire, la valorisation des déchets solides municipaux, l'exploitation du gaz méthane du lac Kivu ainsi que l'amélioration du rendement de transport et de la distribution de l'énergie.

(iv) Scénarios de référence et d'atténuation pour la transformation énergétique

En 2030, pour les scénarios de référence, les besoins électriques nationaux seront assurés à 40% par l'hydroélectricité, à 55% par les générateurs thermiques à gaz (gaz méthane du lac Kivu), à 4% par la géothermie et à 1% par l'énergie solaire. Les rendements de la production de l'électricité sont de 70% pour l'hydroélectricité et la géothermie, et de 45% pour les générateurs à gaz et à fuel. Les rendements de la production du charbon sont de 11% pour le mode traditionnel et de 35% pour le mode amélioré.

Les propositions des scénarios d'atténuation pour la transformation énergétique sont les suivantes :

- Le rendement du transport et de la distribution de l'électricité sera de 90% ;
- La contribution de la production de l'électricité est proposée à 50% pour l'hydroélectricité, à 20% pour le méthane du lac Kivu, à 4% pour le solaire, à 25% pour la géothermie et à 1% pour le biogaz et les déchets solides municipaux.

Tableau 41: Scénarios de référence et d'atténuation pour la production de l'électricité

Production de l'électricité	Contribution (%)			Rendement (%)		
	2005	2030 (1)	2030 (2)	2005	2030(1)	2030(2)
Hydroélectricité	50	40	50	70	70	90
Méthane du lac Kivu	0	55	20	45	45	90
Solaire	0	1	4	80	80	99
Géothermie	0	4	25	70	70	70
DSM (3)	0	0	1	70	70	70
Diesel	50	0	0	45	45	45
Biogaz	0	0	5	0	0	90

Source : MININFRA/RECO-RWASCO ; Jugement des Experts

Scénarios de référence (2), Scénarios d'atténuation, (3) DSM : Déchets Solides Municipaux

Tableau 42: Scénarios de référence et d'atténuation pour la production des autres sources d'énergie

Production d'autres sources d'énergie	Mode	Contribution (%)			Rendement (%)		
		2005	2030 (1)	2030 (2)	2005	2030 (1)	2030 (2)
Production du charbon	Traditionnel	100	100	0	11	11	11
	Amélioré	0	0	100	35	35	50
Production du méthane	Purification	100	100	100	80	80	100
Production du biogaz	Bio digesteur	100	100	100	100	100	100
Production de l'énergie solaire	Chaleur	100	100	100	80	80	100

Source : MININFRA/RECO-RWASCO, Jugement des Experts

Scénarios de référence (2) Scénarios d'atténuation

L'analyse du tableau ci-dessus montre que les scénarios d'atténuations de GES proposés dans le secteur de transformation énergétique portent sur l'amélioration du rendement de la production par l'utilisation des énergies propres. Cette option vise d'une part à supprimer la production de l'énergie par la thermoélectricité et à la remplacer par l'extension de l'hydroélectricité, et d'autre

part, à valoriser le gaz méthane et à remplacer la production traditionnelle du charbon par les fours améliorés.

La figure 16 ci-après montre la proposition d'atténuation pour la production, le transport et la distribution de l'énergie aux usagers selon leur demande.

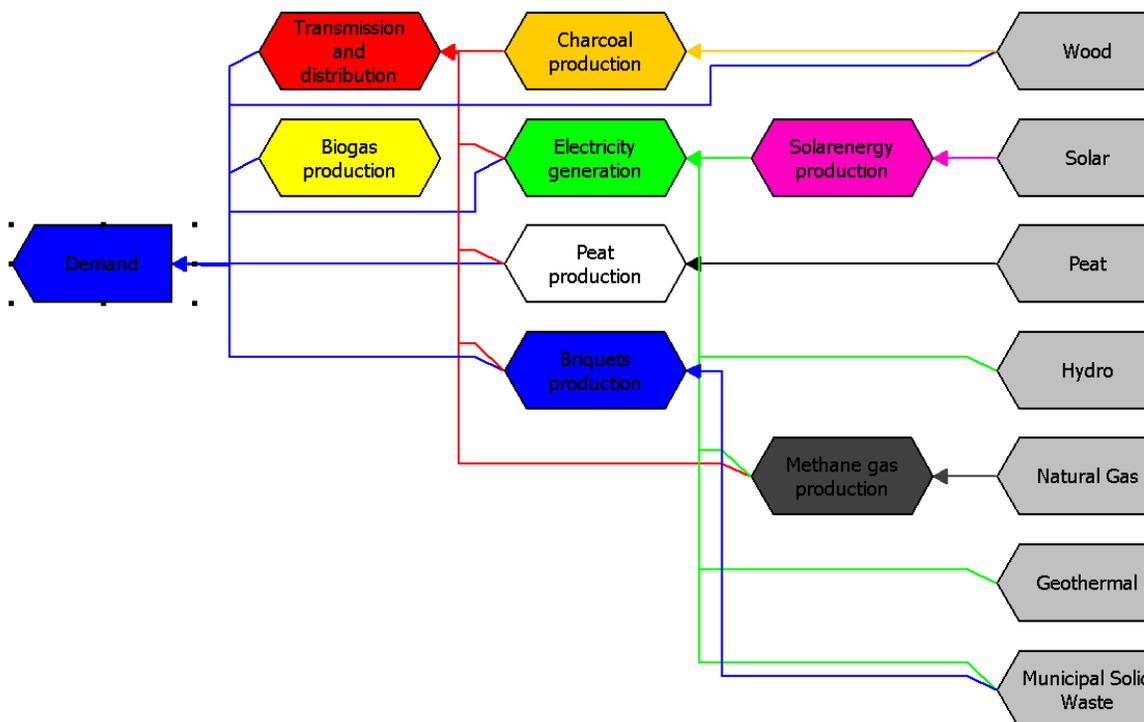


Figure 16: Diagramme de production, transmission et distribution de l'énergie selon la demande
Source : Etabli à partir du logiciel LEAP

3.2.3. Scénarios pour l'agriculture, l'affectation des terres et la foresterie

Les scénarios correspondant à ce point sont faits en tenant compte des suppositions ci-après:

- Agriculture mécanisée et intensive ;
- Elevage moderne en stabulation ;
- Accroissement de petites forêts de plantation (parcs verts) dans le cadre des services d'habitat regroupé ;
- Utilisation de terres marginales (fortes pentes, rochers) pour la plantation des forêts ;
- Plantation dans les villes des arbres le long des routes et dans les espaces de récréation et parcs en bois ;
- Augmentation de surfaces marécageuses cultivables et à jachère dans le cadre de l'auto-suffisance alimentaire et de l'agriculture du marché.

Les scénarios d'atténuations de gaz à effet de serre tiennent compte de la demande en bois dans les 40 ans à venir. Cependant, les espèces dont l'exploitation apporte les intérêts économiques plus importants et avec plus de chance du commerce de carbone (Mécanisme pour un développement Propre) sont privilégiées.

En 2005, la demande en bois-énergie était de 7.822.063 tonnes alors que l'offre était de 4.982.063 tonnes. Cette offre en bois correspond à 63.560 ha. Ceci veut dire que la demande actuelle correspondrait à 99.792 ha. En considérant l'accroissement de la population de 3% par an, il est évident que les plantations sur une surface de 325.525 ha combleraient la demande en bois en 2045. Mais, il est prévu que la consommation du bois-énergie par les ménages passera de 94% à 50% d'ici 2020. Nous estimons donc que 200.000 ha suffisent pour combler la demande en 2020 et 250.000 ha en 2045.

Pour combler ce déficit en bois-énergie, nous proposons l'eucalyptus. La sélection des espèces d'eucalyptus selon les sites au Rwanda a été étudiée par J. Nduwamungu et alii (2007).

Les critères de sélection des espèces appropriées pour les sites indiqués relèvent généralement de trois catégories: les performances en fonction des données biophysiques (par exemple l'altitude, les précipitations, les sols, les taillis, la résistance contre les parasites et les maladies), les objectifs de gestion (par exemple la production de bois d'œuvre et de chauffage) et l'impact sur l'environnement (par exemple l'érosion des sols, la conservation de la biodiversité et l'équilibre de l'eau). Le tableau 43 ci-après montre la répartition des terres pour le scénario d'atténuation de gaz à effet de serre.

Tableau 43: Répartition en '000 ha des terres pour les Scénarios d'atténuation

SCENARIOS DE MITIGATION	2005	2010	2020	2030	2040	2045
Terres couvertes de forêts						
Forêts naturelle (humide et dégradée)	118	118	118	118	118	118
Bambous	4	14	34	54	74	84
Savane	4	4	4	4	4	4
Plantation d'eucalyptus et taillis	103	133	193	253	313	343
Plantation de pinus	12	12	12	12	12	12
Zones récréatives, parcs et plantes urbaines	86	86.125	86.375	86.625	86.875	87
Autres plantations forestières (Gréwilléa, Cedrela, etc.)	0.5	20.5	60.5	100.5	140.5	160.5
Sous-total de terres couvertes de forêts	327	388	508	628	749	809
Terres cultivées						
Marais cultivés	148	154	167	180	193	200
Marais en friche	17	18	22	25	28	30
Terres arides cultivées	1370	1313	1199	1085	971	914
Pâturages permanent	470	448.75	406.25	363.75	321.25	300
Agroforesterie	200	262.5	387.5	512.5	637.5	700
Sous-total de terres cultivées	2,204	2,197	2,181	2,166	2,151	2,143
Autres						
Marais naturels	114	106	90	74	57	49
Lacs	149	149	149	149	149	149
Autres terres	39	57	93	129	166	184
TOTAL	2634	2634.1	2634.1	2634.1	2634.12	2634

Source: REMA : Rwanda State of Environment, 2009 ; MINECOFIN: Vision 2020; REMA: Inventaire des marais, 2009 ; Jugement des Experts

L'analyse du tableau ci-dessus montre que les scénarios d'atténuation de GES proposés dans le secteur de l'agriculture, de l'affectation des terres et de la foresterie portent sur les options suivantes:

- Restauration et protection des forêts naturelles. En 2005, la séquestration de CO₂ par les forêts était de 9.000 Gg. La restauration et la protection des forêts vont contribuer à l'augmentation et à la stabilisation de la séquestration de CO₂.
- Intensification de l'agroforesterie. Les espèces agroforestières proposées sont :
 - pour les hautes altitudes : *Alnus acuminata*, *croton macrostackys*;
 - pour les moyennes et basses altitudes : *Calliandra Colothyrsus*, *Leuceana diversifolia*, *Leuceana pollida*, *Leuceana diricandra*, *Gliricidia Sepium*, *Senna Spectabilis* ainsi que les espèces plastiques comme *Sesbania Sesban*, *Tephrosia Vogelii* et *Moringa oleifera*. Le choix de l'espèce dépend à la fois de son importance économiques et du commerce de carbone.
- Plantation des bambous sur les aires humides protégées. Le bambou offre essentiellement des avantages économiques, notamment pour faire du charbon de bois, des meubles, des clôtures, la construction de maisons, et la récupération de l'eau.
- Plantation de l'eucalyptus sur les montagnes non cultivables. Pour combler la demande en bois-énergie, il faudrait 200.000 ha d'eucalyptus en 2020 et 250.000 ha en 2045.
- Plantation de *Grevillea robusta*, *Cedrela Serata* et d'autres espèces à provision des planches.

3.2.4. Justification des options d'atténuation sélectionnées

Le tableau 44 ci-après donne les options sélectionnées pour réduire les émissions de gaz à effet de serre, leurs justifications ainsi que leurs impacts.

Tableau 44: Justification des options d'atténuation de gaz à effet de serre sélectionnées

Options	Justification	Impacts/Evaluation
<p>1. Le recours aux autres énergies alternatives pour les ménages</p>	<p>Pour la cuisson en villes, les mesures proposées concernent l'augmentation des utilisateurs du gaz de 0,2% à 50% et l'augmentation des utilisateurs de l'électricité de 0,25 % à 20% car 100% de la population urbaine sera électrifiée.</p> <p>Pour les ménages ruraux, l'augmentation des utilisateurs du biogaz de 5% à 70% (ménages ruraux électrifiés) et de 0.5% à 60% (ménages ruraux non électrifiés) sous entendu que 40% de la population rurale aura accès à l'électricité.</p> <p>Cette option sera facilitée par l'exploitation efficace et la valorisation du gaz méthane du lac Kivu et la réduction du coût de l'électricité.</p>	<p>Cette option pourra permettre la réduction du bois-énergie (en ville) de 94,6% à 35%</p>

Options	Justification	Impacts/Evaluation
	En fin pour les besoins de chauffage aussi bien qu'en milieu urbains que rurale, l'utilisation des chauffes aux solaire sera soutenu et étendue étant donné que le pays dispose des potentiels solaires suffisant.	
2. Le remplacement des ampoules à incandescence par les ampoules à faible consommation d'énergie	Un projet MDP relatif à cette option est en cours. Le porteur de ce projet est le RECO-RWASCO et les partenaires sont la Banque Mondiale et le Ministère des Infrastructures.	Cette option permet d'économiser l'énergie électrique qui peut être utilisée à d'autres fins nécessitant d'autres sources d'énergies émettrices de GES telles que le bois-énergie
3. La promotion de l'utilisation du biogaz	La politique de la promotion du biogaz est déjà en cours. Néanmoins, pour viser le nombre proposé (60% de la population rurale non électrifiée et 70 de la population rurale électrifiée), plus d'efforts sont à envisager y compris l'amélioration de la technologie du biogaz, la création des entreprises de construction et de maintenance des digesteurs de biogaz.	La population pourra utiliser le biogaz pour la cuisson et l'éclairage en remplacement avec le bois, le charbon, le kérosène et le gasoil.
4. Electrification intensive	<p>Le Rwanda a les potentialités considérables d'électricité évaluées à 1,200 MW. Ces sources sont d'origine hydroélectrique, gaz méthane, géothermale, la tourbe etc., et la grande partie reste toujours non exploitée. Cette option vise aussi bien la population rurale que la population urbaine.</p> <p>Dans les mesures d'atténuation de GES, il est prévu que 100% de la population urbaine et 40% de la population rurale seront électrifiés sous entendu que 30% de la toute la population seront urbains. Ceci veut dire que plus de 60% de la population totale sera électrifié à l'horizon 2030.</p>	L'exploitation et l'utilisation de ces sources peuvent permettre l'électrification à 100% de la population urbaine et rurale. Ceci va diminuer considérablement la dépendance du bois énergie pour la cuisson d'une part et du kérosène/gasoil pour l'éclairage d'autre part.
5. L'introduction des foyers et des fours améliorés à grande échelle	<p>Cette option vise les foyers améliorés au prix abordable, capables de réduire la quantité du bois-énergie de 75% à 50% de la quantité actuellement utilisée pour la cuisson.</p> <p>30% de la population urbaine, 25% de la population rurale électrifié et 40% de la population rurale non électrifiée sont visés par cette mesure.</p>	En plus de la réduction des GES, cette option va contribuer à la réduction de la quantité des arbres abattues ou à garantir le bois et le bois- énergie pour d'autres fins
6. Le remplacement du fuel utilisé dans les industries	Cette option vise à remplacer le fuel utilisé par BRALIRWA, CIMERWA et UTEXRWA par le gaz méthane du lak Kivu. L'unité de conversion du fuel avec le gaz méthane est : 1 l de fuel = 1,25 Nm ³ (N m ³ est le m ³ 0°C et 1013 hpa)	Cette option est économiquement viable avec l'exploitation efficace et la valorisation de gaz méthane du lac Kivu qui émet moins de GES comparé au fuel

Options	Justification	Impacts/Evaluation
<p>7. L'introduction des fourneaux à faible consommation d'énergie et le remplacement des combustibles pour les PME et institutions</p>	<p>Cette option vise à introduire des fourneaux à faible consommation du bois-énergie dans certaines institutions scolaires et le remplacement du bois-énergie par le biogaz dans d'autres, ainsi que le solaire thermique pour remplacer le bois dans les besoins de chauffage.</p>	<p>A l'horizon 2030, ¼ du bois-énergie sera remplacé par le biogaz et ½ du bois-énergie sera réduit à moitié par l'utilisation des fourneaux à faible consommation d'énergie dans les établissements scolaires. Le bois-énergie utilisé dans les usines à thé sera réduit de ¼ par les nouvelles technologies de récupération de chaleur.</p>
<p>8. L'introduction des nouvelles technologies industrielles</p>	<p>Cette option vise à introduire les nouvelles technologies de fabrication du ciment par la CIMERWA. Celles-ci consistent à :</p> <ul style="list-style-type: none"> (i) La réduction de la teneur en clinker ; (ii) L'introduction des produits chimiques avant la cuisson de certains matériaux décarbonatés 	<p>Cette option peut être accompagnée par des coûts additionnels qui pourront influencer le prix du ciment au marché. Une étude préalable avec le concours aux crédits carbone est nécessaire pour déterminer la viabilité de cette option</p>
<p>9. La régulation des émissions des véhicules</p>	<p>Cette option contient en soit plusieurs mesures dont :</p> <ul style="list-style-type: none"> (i) Le renforcement et l'amélioration du contrôle technique automobile incluant l'estimation des GES émit par les véhicules ; (ii) La régulation de la qualité des véhicules importés compte tenu de l'année de fabrication, de la distance parcourue et d'autres caractéristiques techniques requises ; (iii) L'encouragement des véhicules au mode de compression injection (les moteurs diesel à injection directe et turbocompresseur) (iv) La promotion des véhicules fonctionnant au gaz naturel (méthane du lac Kivu) 	<p>L'application d'une bonne partie de ces mesures, en particulier les six premiers mesures, pourra contribuer à la réduction de 20% à 30% des émissions de GES.</p> <p>La combinaison de la mesure du stockage du carburant avec celle de la technologie de dépollution pourra en plus contribuer à l'amélioration de la qualité de l'air dans les villes.</p>

Options	Justification	Impacts/Evaluation
<p>10. La promotion du transport public</p>	<p>Cette option comprend les mesures spécifiques concernant le réseau transport public basées sur des autobus à économie de carburant, de haute capacité d'embarquement de passagers et évoluant sur les voies principales. Ces grands autobus sont reliés aux bus de basse capacité évoluant sur les routes secondaires.</p> <p>Cette mesure visent à développer un système de transport de masses dans la ville de Kigali le transport reliant les districts à l'intérieur du pays peut aussi l'utiliser.</p> <p>Le système proposé devrait être coordonné pour assurer le confort, la ponctualité, la régularité, la représentativité et la facilité d'embarquement et débarquement.</p>	<p>Ce système sera facilité avec les infrastructures prévues dans « Kigali Master Plan ». Un système de transport similaire à celui proposé existe déjà en Colombie (Bogota) sous le nom de « TransMilenio CDM project » avec le concours de la Hollande et de la Suisse</p> <p>En conjonction avec l'option de régulation des émissions des véhicules proposée ci-haut, cette option va nettement influencer la population à préférer le transport public ou à utiliser les véhicules privés uniquement pour des cas échéants.</p> <p>Avec les marges de barrières possibles, ces deux options peuvent contribuer à la réduction de 40% à 60% des émissions de GES par rapport au scénario de référence. Nous appliquons la basse valeur (40%) pour notre scénario d'atténuation de GES.</p>
<p>11. Le recours aux autres sources d'énergie et amélioration du rendement de transport et de distribution de l'énergie</p>	<p>Cette option vise au recours d'autres sources d'énergie propres telles que le biogaz, l'énergie solaire, la valorisation des déchets solides municipaux, l'exploitation du gaz méthane du lac Kivu ainsi que l'amélioration du rendement de transport et distribution de l'énergie.</p>	<p>Cette option favorisera la sauvegarde des forêts, diminuera la dépendance aux produits pétroliers le coût de l'énergie</p>
<p>12. Amélioration du rendement de la production par l'utilisation des énergies propres</p>	<p>Cette option vise à supprimer la production de l'énergie par thermoélectricité en remplacement avec l'extension de l'hydroélectricité et la valorisation du gaz méthane ; le remplacement de la production traditionnelle du charbon par les fours améliorés ; l'amélioration généralisée du rendement de la production énergétique.</p>	<p>Cette option favorisera la sauvegarde des forêts et peut aussi diminuer le coût de l'énergie par la diminution de la perte pendant la production de l'énergie</p>
<p>13. Restauration et protection des forêts naturelles</p>	<p>La restauration des forêts naturelles concernent les parcs nationaux de Nyungwe et de Birunga ainsi que la forêt naturelle de Gishwati. La protection concerne les mêmes endroits plus le parc national de l'Akagera.</p>	<p>En 2005, la séquestration de CO₂ par les forêts était de 9.000 Gg. La restauration et la protection des forêts va contribuer à l'augmentation et à la stabilisation de la séquestration de CO₂</p>

Options	Justification	Impacts/Evaluation
14. Intensification de l'agroforesterie	Les espèces agroforestières proposées sont : (i) pour les hautes altitudes : <i>Alnus acuminata</i> , <i>croton macrostackys</i> ; (ii) pour la moyenne et basse altitude : <i>Calliandra Colothyrsus</i> , <i>Leuceana diversifolia</i> , <i>Leuceana Pollida</i> , <i>Leuceana diricandra</i> , <i>Gliricidia Sepium</i> , <i>Senna Spectabilis</i> ; (iii) Les espèces plastiques comme <i>Sesbania Sesban</i> , <i>Tephrosia Vogelii</i> et <i>Moringa oleifera</i> . Le choix de l'espèce dépend à la fois de son importance économiques et du commerce de carbone.	Les espèces agro-forestières sont toujours combinées avec les cultures sur les sols tropicaux surexploités et souvent dégradés.
15. La plantation des bambous sur les aires humides protégées	Le bambou offre essentiellement des avantages économiques, notamment pour faire de charbon de bois, des meubles, des clôtures, la construction de maisons, récupération de l'eau, et l'artisanat en particulier dans la production d'allumettes, des paniers, des cure-dents, et divers autres objets artisanaux et dans l'industrie de l'horticulture. Le bambou est utilisé par plus de la moitié de la population mondiale pour une application aussi variés que la nourriture, de carburant, et les vêtements.	Le bambou pousse plus vite et par conséquent, efficace pour le reverdissement des terres dégradées. En plus, il libère de l'oxygène 35% de plus que les peuplements de bois équivalent. Concernant l'absorption des GES, un hectare de bambou a la capacité d'absorber 12 tonnes de gaz carbonique de l'atmosphère.
16. La plantation des eucalyptus sur les montagnes non cultivables	Pour combler la demande en bois-énergie, il faudrait 200.000 ha d'eucalyptus en 2020 et 250.000 ha en 2045.	La sélection des espèces d'Eucalyptus selon les sites au Rwanda a été étudiée dans l'article scientifique intitulé : <i>Eucalyptus in Rwanda : Are the blames true or false ?</i> Selon cet article, les espèces proposées requièrent moins d'eau que les patates douces, les cannes à sucre et certaines autres plantes.
17. La plantation de <i>Grevillea robusta</i> , <i>Cedrela Serata</i> et d'autres espèces	Provision de planche	Séquestration de CO ₂

3.3. Analyse des Résultats des Options de GES

3.3.1. Evaluation et analyse de la variation de l'énergie et des émissions de gaz à effet de serre y relatives

Les évaluations et analyses dans les tableaux 45, 46 et 47 ci-dessous portent sur la variation de l'énergie (en millions de gigajoules) et la variation des émissions de gaz à effet de serre y relatives (en équivalents CO₂). Cette variation énergétique de 2005 à 2030, est liée aux scénarios de référence et d'atténuation de gaz à effet de serre pour la branche de la demande énergétique et ses trois sous branches (ménages, industrie et transport) ainsi que pour la transformation énergétique.

Tableau 45: Scénarios de référence et d'atténuation de la demande énergétique dans divers domaines

Demande: Unités Finales Demande en Energie								
Scénario: Base et Scénarios d'Atténuation, Carburants : Tous Carburants								
Branche: Demande								
Unités: Million de Gigajoules								
Sous-Branche	Scénarios	2005	2010	2015	2020	2025	2030	Total
Ménages	Base	87	92.1	95.5	96.9	95.5	90.7	558
	Atténuation	87	84.9	79.4	71.3	62.6	56.3	442
Industrie	Base	11.2	13.6	16.1	18.5	21	23.4	104
	Atténuation	11.2	13.7	16.2	18.8	21.3	23.8	105
Transport	Base	5.9	7.9	10.6	14.2	19	25.4	83
	Atténuation	5.9	6.6	7.3	7.9	8.6	9.1	45.4
Total	Base	104	114	122	130	136	140	745
	Atténuation	104	105	103	98.1	92.5	89.2	592

Résultats donnés par LEAP Software

Figure 17 : Demande énergétique

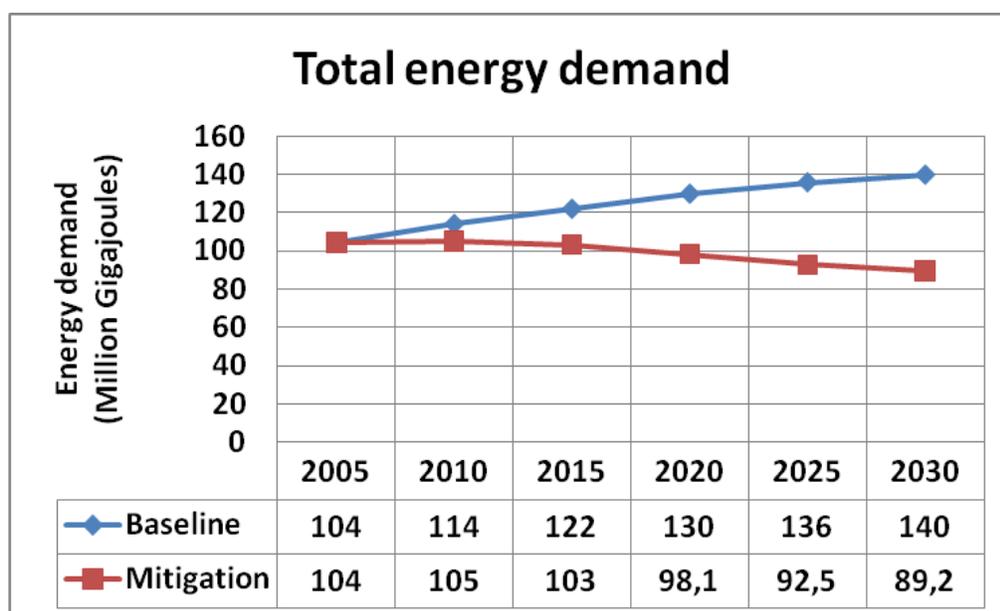


Figure17a: Demande énergétique totale

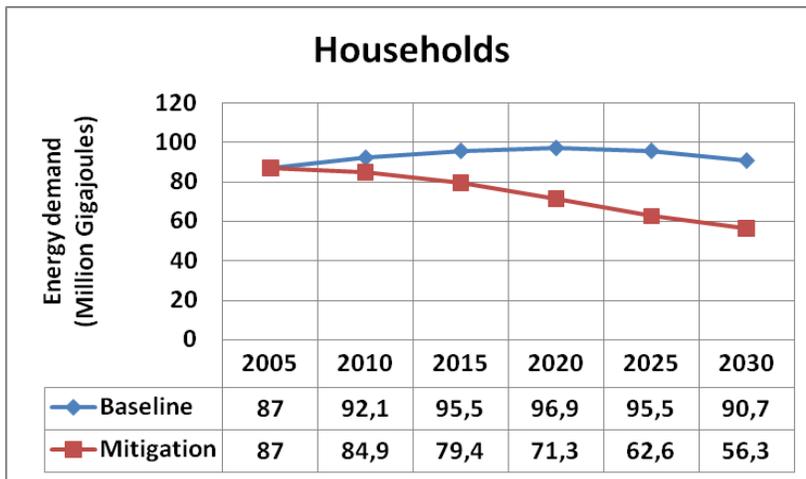


Figure 17b : Demande énergétique des ménages

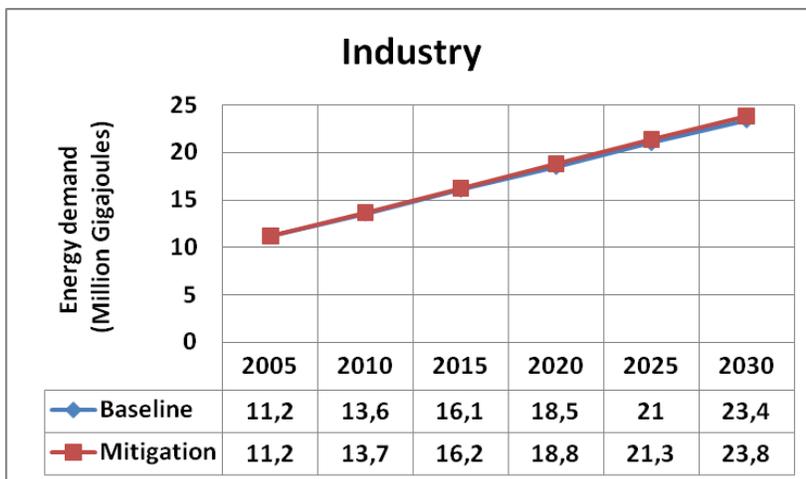


Figure 17c : Demande énergétique des industries

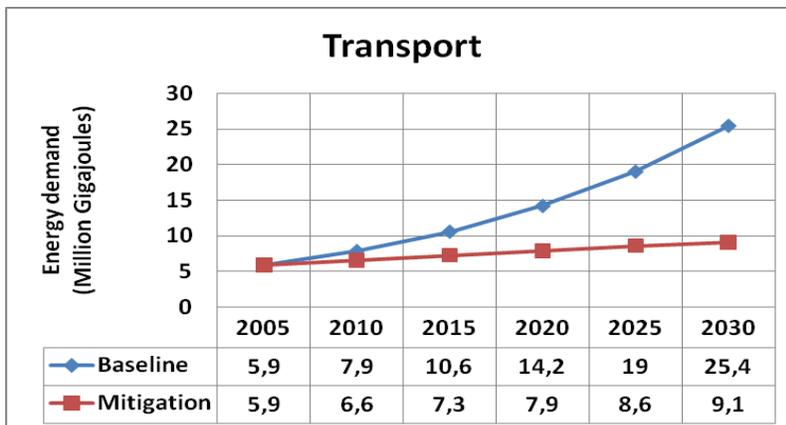


Figure 17d : Demande énergétique totale des transports

Tableau 46: Emissions provenant de la demande énergétique (données de référence et d'atténuation)

Environment: Global Warming Potential (CO ₂ e)								
Scenario: Baseline and Mitigation Scenario, Fuel: All Fuels, GHG: All GHGs								
Branch: Demand								
Units: Million Kilograms (Gg)								
Sub-Branch	Scenarios	2005	2010	2015	2020	2025	2030	Total
Households	Baseline	1528.1	1580	1598.1	1573	1494	1349.3	9122
	Mitigation	1528	1403	1220	995.4	757.7	556.1	6460
Industry	Baseline	76.5	93.2	109.9	126.6	143.4	160.1	710
	Mitigation	76.5	92.5	108.5	124.5	140.5	156.5	699
Transport	Baseline	429.3	574.6	768.9	1028.9	1376.9	1842.7	6021
	Mitigation	429.3	479	529.2	578.5	624.3	663.3	3304
Total	Baseline	2033.9	2247.7	2476.9	2728.6	3014.4	3352.1	15853
	Mitigation	2034	1974	1858	1698	1522	1376	10463

(Résultats donnés par LEAP Software)

Figure 18: Emissions totales provenant de la demande énergétique (données de référence et d'atténuation)

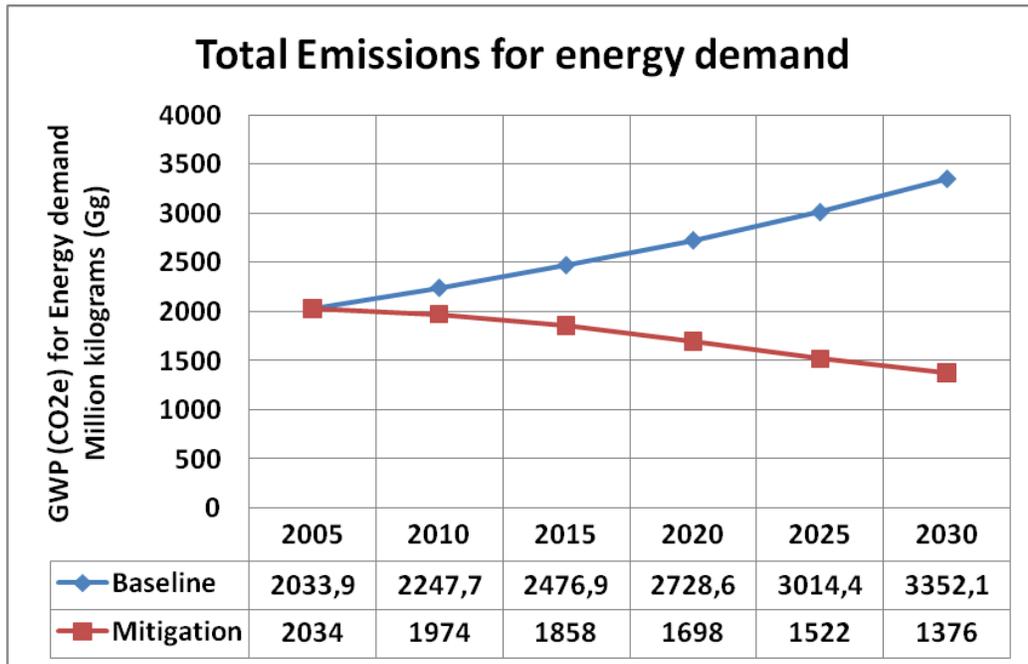


Figure18a: Total des émissions provenant de la demande énergétique

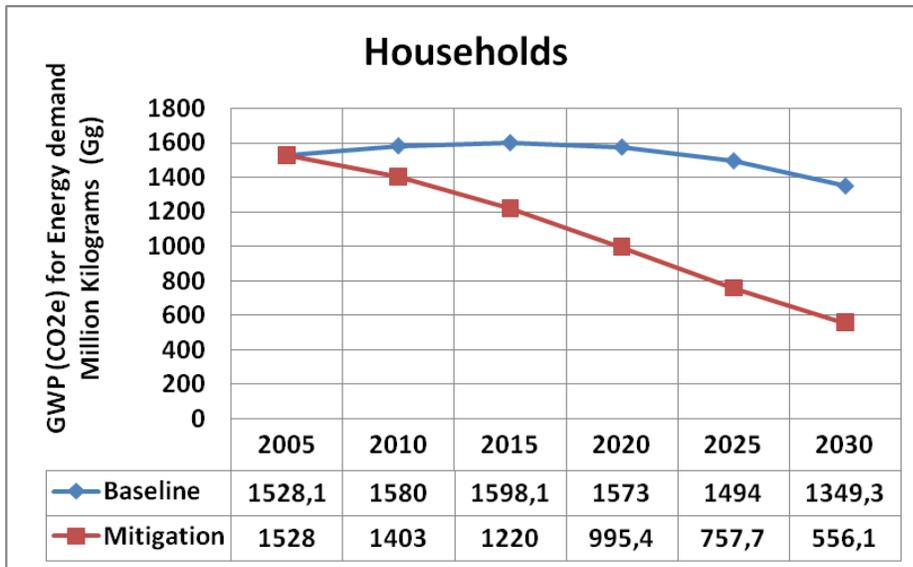


Figure18b: Emissions provenant de la demande énergétique/Ménages

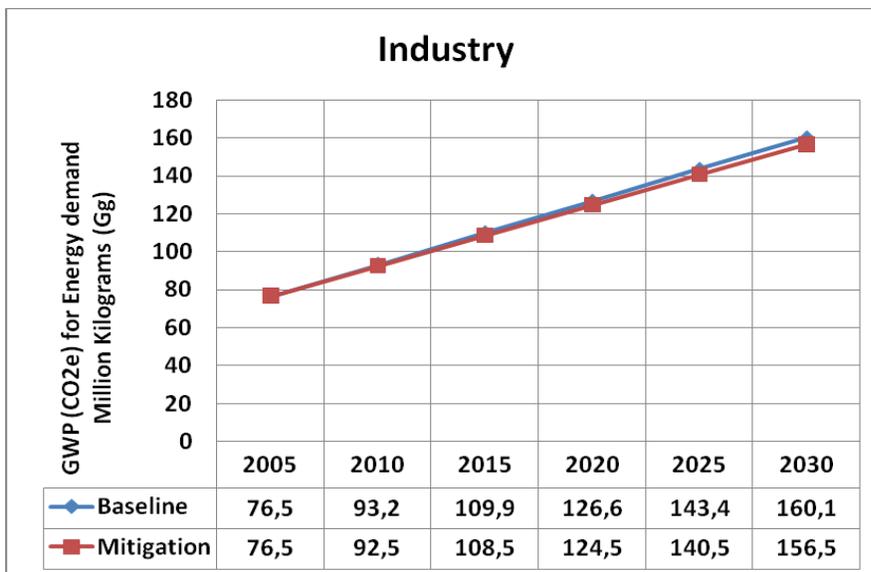


Figure18c: Emissions provenant de la demande énergétique/Industrie

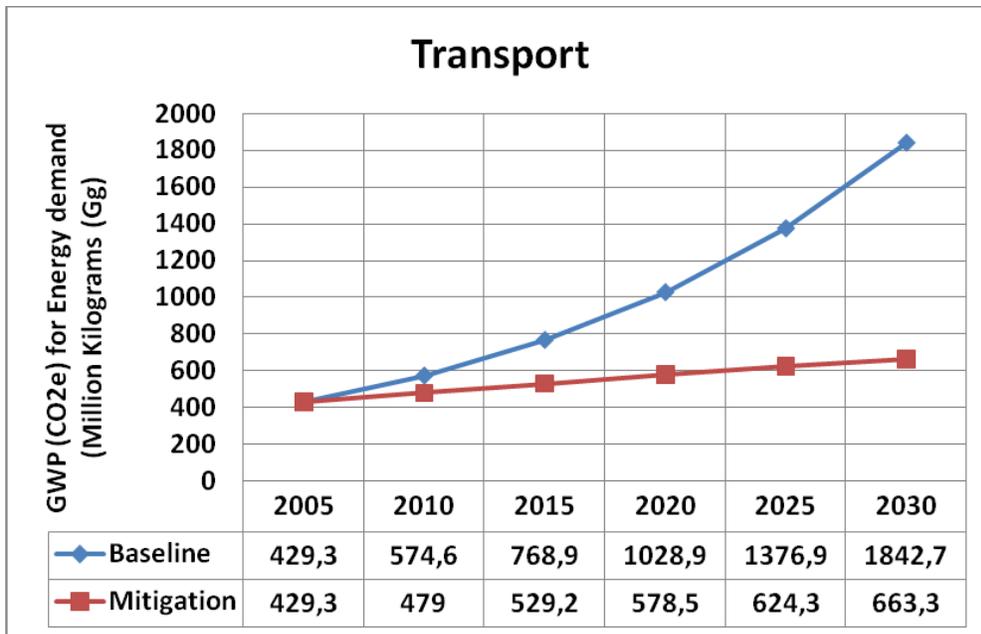


Figure18d: Emissions provenant de la demande énergétique/Transport

Tableau 47 : Emissions provenant de la transformation énergétique

Environnement: Potentiel de Réchauffement Global (CO ₂ e)								
Scénario: Base et Scénarios d'Atténuation, Carburants : Tous Carburants, GES: Tous les GES								
Branche: Transformation								
Unités: Million Kilogrammes (Gg)								
Sous-Branche	Scénarios	2005	2010	2015	2020	2025	2030	Total
Génération électrique	Base	18.2	58.7	113.1	182.6	266.3	360.5	999.4
	Atténuation	18.2	106.8	205.3	293.8	332.9	252.8	6460
Production du charbon	Base	527.8	860.8	1172.6	1439.6	1631.2	1709.4	7342
	Atténuation	527.8	897.9	939.4	746.3	444.2	166.7	3722
Production du gaz méthane	Base	0	7	30	81.9	182.3	360.5	661.7
	Atténuation	0	26.7	65.6	125.1	218	362.6	798
Total	Base	546	927	1316	1704	2080	2431	9003
	Atténuation	546	1031	1210	1165	995	782	5730

(Résultats donnés par LEAP Software)

Figure 19 : Emission provenant de la transformation énergétique

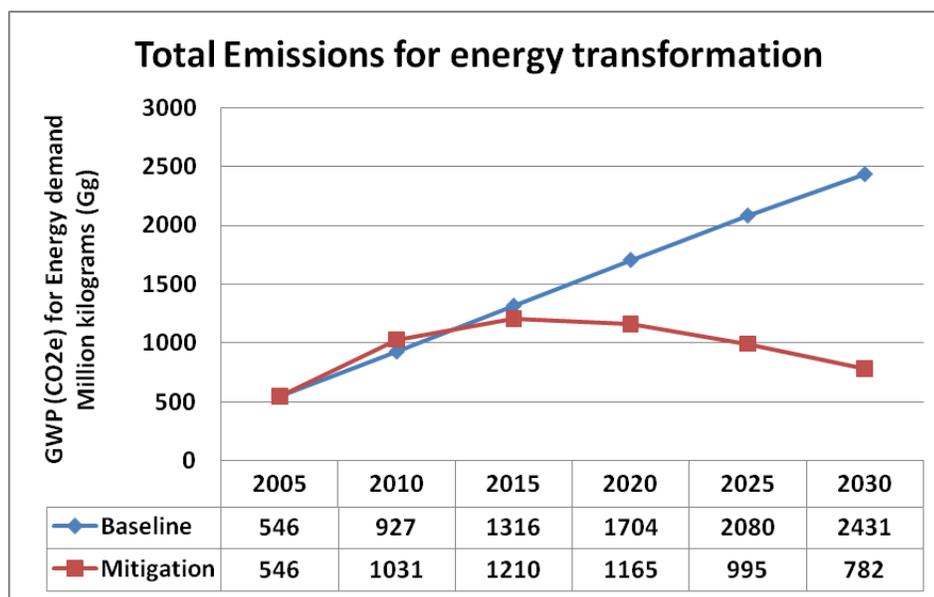


Figure 19a: Emissions totales provenant de la transformation énergétique

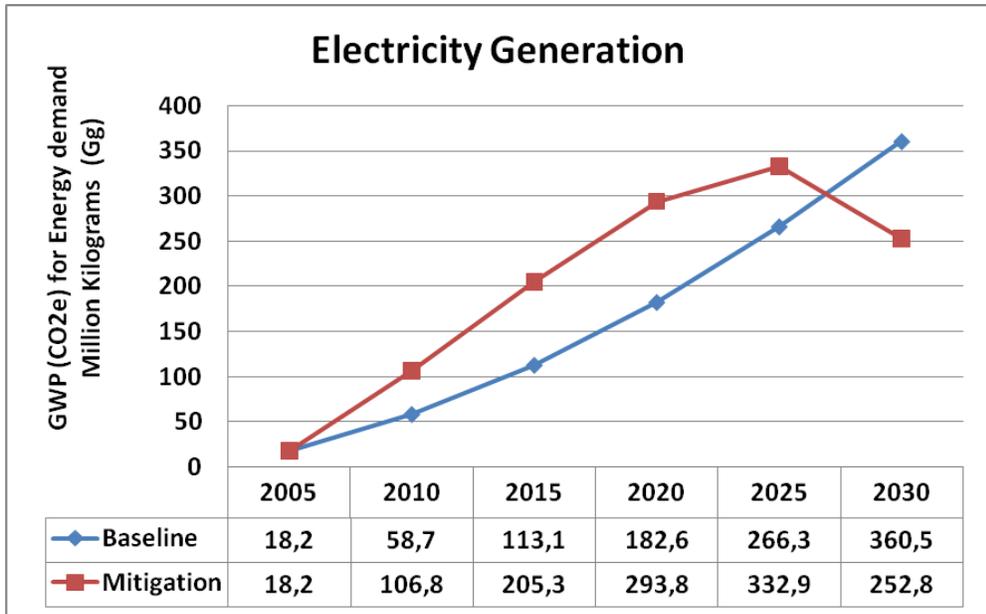


Figure 19b: Emissions provenant de la génération électrique

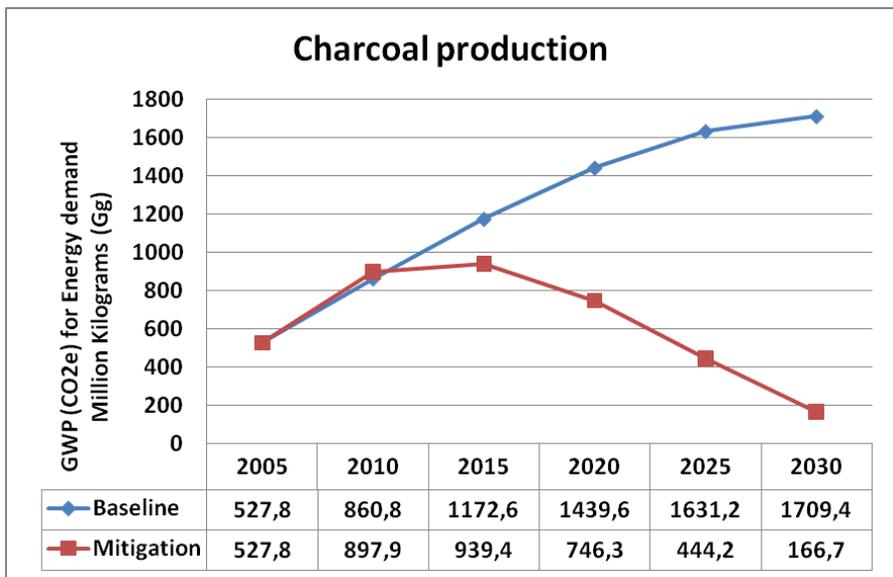


Figure 19c: Emissions provenant de la production du charbon

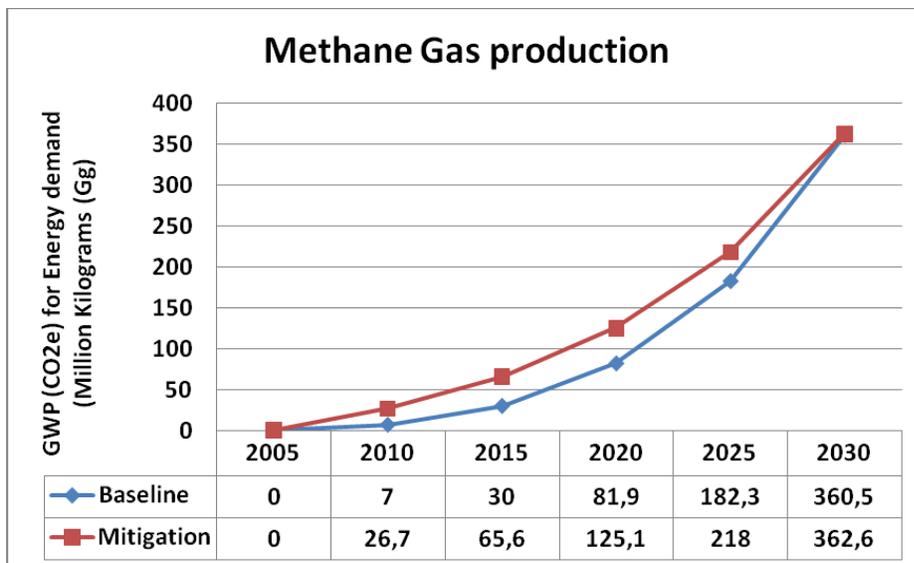


Figure19d: Emissions provenant de la production du gaz méthane

3.3.2. Emissions réduites

En ce qui concerne les émissions réduites, on distingue les émissions liées à l'utilisation de l'énergie, l'effet des options proposées sur l'environnement ainsi que les émissions réduites liées à l'agriculture, l'affectation des terres et la foresterie.

(i) Emissions liées à l'utilisation de l'énergie

Le tableau ci-dessous montre les émissions en équivalents CO₂ réduites par les options d'atténuation de gaz à effet de serre liées à l'utilisation totale de l'énergie (demande et transformation énergétique). L'importante réduction de l'utilisation du bois-énergie et du charbon va entraîner une nette diminution des émissions totales agrégées de GES à partir de 2015. A l'horizon 2030, les options d'atténuation proposées vont contribuer à la réduction totale des émissions de gaz à effet de serre de 1.569Gg d'équivalent CO₂ en 2020 et de 3.625Gg d'équivalent CO₂ en 2030. **La réduction totale des émissions de GES pour la période 2005-2030 est de 8.663Gg Équivalent CO₂ soit 8.663.000 tonnes d'équivalent CO₂**

Tableau 48 : Emissions totales réduites

Environnement: Potentiel de Réchauffement Global (CO ₂ e)							
Carburants : Tous Carburants, GES: Tous les GES							
Unités: Million Kilogrammes (Gg)							
	2005	2010	2015	2020	2025	2030	Total
Scénario de base	2579.9	3174.2	3792.7	4432.6	5094.1	5782.5	24856
Scénario d'Atténuation	2579.9	3005.7	3068.1	2863.5	2517.5	2158	16193
Emissions réduites	0	168.5	724.6	1569	2577	3625	8663

Source : Analyse par le logiciel LEAP

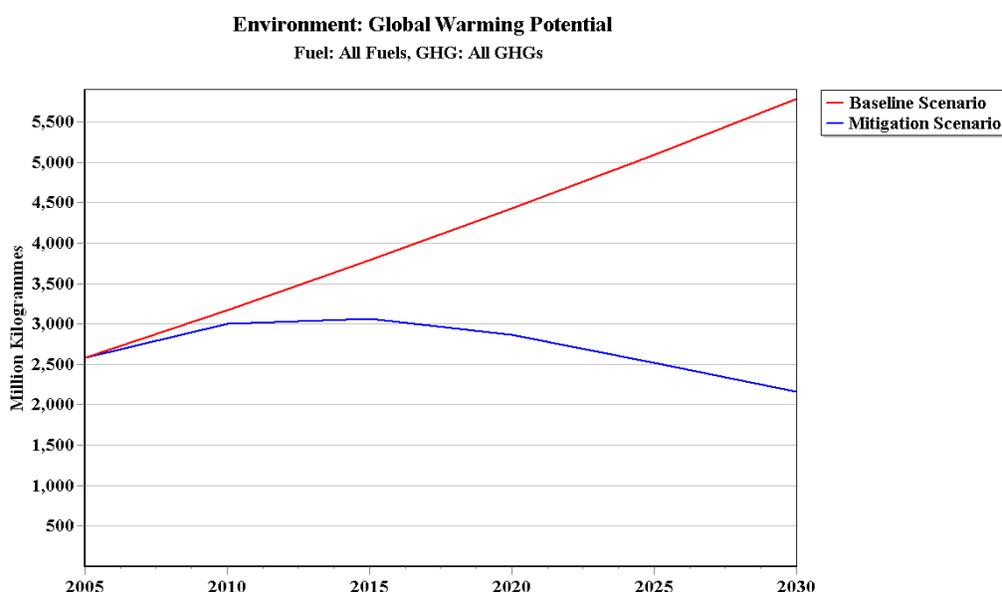


Figure 20: Evolution des émissions totales réduites

(ii) Effet des options proposées (en rapport avec l'énergie) sur l'environnement

Le tableau 49 et la figure 21 ci-dessous montrent l'effet des options proposées (en rapport avec l'énergie) sur l'environnement en considérant la réduction des émissions de tous les gaz. En effet, si on attribue aux émissions de 2005(année de base) l'index de valeur 1, les émissions de dioxydes de soufre, de particules PM10, de dioxydes de carbone non biogénique et les oxydes d'azote pourront augmenter respectivement 4,3 fois, 4,1 fois, 4 fois, et 3,6 fois à l'horizon 2030 si le Rwanda opte pour les scénarios de référence ou « Business as usual scenarios » comprenant les programmes et prévisions du Gouvernement.

Par contre, si le Rwanda préfère opter pour les mesures d'atténuation proposées ici, les mêmes gaz pourront augmenter en 2030, respectivement 1,1 fois, 1,1 fois, 1,8 fois et 1,7 fois par rapport à 2005.

Notons que parmi les gaz à effet de serre, le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄) et l'hémioxyde d'azote (N₂O) sont des gaz directs pour lesquels on calcule les émissions agrégées en équivalent CO₂ en passant par leurs valeurs de réchauffement global de la planète.

Tableau 49: Effet des options proposées sur l'environnement

Environnement: Tous les Effets		
Années: 2030, Carburants: Tous les Carburants		
Unités: Valeurs Indexées (2005: Année de Base = 1)		
	Scénario de Base	Scénario d'Atténuation
Gaz carbonique biogénique	1.1	0.6
Gaz carbonique non-biogénique	4	1.8
Monoxyde de carbone (CO)	1.4	0.5
Méthane (CH₄)	0.8	0.3
Oxydes d'azote (NO_x)	3.6	1.7
Oxyde nitreux (N₂O)	1	0.4
Composés Organiques Volatile Non-Méthaniques	1.6	0.4
Particules PM10	4.1	1.1
Dioxyde soufre (SO₂)	4.3	1.1
Total des Particules Suspendues	0.9	0.3

Source : Analyse par le logiciel LEAP

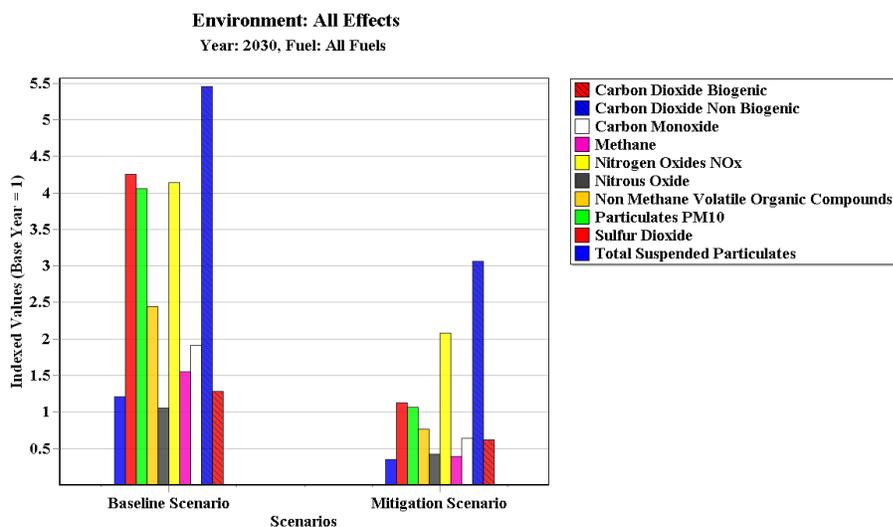


Figure 21: Effet des options proposées sur l'environnement

(iii) Emissions liées à l'agriculture, à l'affectation des terres et à la foresterie

Avec les options d'atténuation proposées, le tableau 49 ci-dessous montre qu'à l'horizon 2030, la quantité totale réduite en tonnes d'équivalent CO₂ (séquestrée par les forêts) sera de **18.862.500 tCO₂e**. Les valeurs d'émissions séquestrées par hectare et par an (tCO₂e/ha/an) ont été adoptées selon le rapport sur l'inventaire des gaz à effet de serre (MINITERE, 2005: Communication Nationale Initiale, Secteur des forêts; et le document trouvé sur le site web : <http://www.bamboocentral.org/shareinrepair/faq.htm>)

Tableau 50: Quantité totale de CO₂ réduite par l'atténuation de gaz à effet de serre relative à l'agriculture, à l'affectation des terres et à la foresterie

	Année de base (2005) surface (ha)	Emissions séquestrées par ha et par an (tCO ₂ e/ha/year)	Surface plantée (ha) 2005-2020	Total d'émissions séquestrées 2005-2020 (tCO ₂ e)	Surface plantée 2020-2030 (ha)	Total d'émissions séquestrées 2020-2030 (tCO ₂ e)	Total d'émissions séquestrées 2005-2030 (tCO ₂ e)
SCENARIO D'ATTENUATION							
Bambous	4000	60	30000	1800000	20000	1200000	3000000
Plantation d'eucalyptus et taillis	103000	37	90000	3330000	60000	2220000	5550000
Autres plantations forestières (Grévillea, Cedrela, etc...)	500	25	60000	1500000	40000	1000000	2500000
Agroforesterie	200000	25	187500	4687500	125000	3125000	7812500
Total d'émissions séquestrées en équivalents de CO₂ ; 2005-2030							18.862.500

Source : Résultats du logiciel COMAP

CHAPITRE IV: VULNERABILITE ET ADAPTATION AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES



La situation géographique du Rwanda, son relief, la densité de la population et les indicateurs socio-économiques rendent le pays vulnérable aux risques naturels et anthropiques.

Au Rwanda, on observe des changements climatiques liés à la circulation générale des vents et à la variation des températures dans la région de l’Afrique Centrale où se trouve notre pays.

Au cours de ces 30 dernières années, le Rwanda a subi des changements climatiques caractérisés par la fréquence, l’intensité et la persistance des extrêmes telles que les fortes précipitations, les vagues de chaleur, la sécheresse et les événements climatiques comme El Niño et la Nina. La fréquence des déficits pluviométriques a atteint 16%.

Le nombre d’apparition des déficits et des excédents pluviométriques a augmenté de façon significative ces dernières années. L’évolution du climat au cours de cette même période a eu des incidences sur l’environnement, l’économie et les vies humaines.

4.1. Scénarios des Changements Climatiques au Rwanda

4.1.1. Projection des changements climatiques au Rwanda

Le quatrième rapport d'évaluation du Panel Intergouvernemental sur les changements climatiques (IPCC AR4) a constaté que le changement observé dans la température moyenne de surface en Afrique est une augmentation entre 0,2°C et 2,0°C pendant la période de 1970-2004. Selon cette même estimation, les températures moyennes annuelles au Rwanda seraient de 1,0°C à 2,0°C plus chaudes.

Les projections climatiques pour le Rwanda ont été faites pour la période de 2010-2100 en prenant comme référence la période de 1971-2007. Elles sont basées sur les outputs des modèles de la Circulation Générale (GCM). Les coordonnées des outputs les plus proches du Rwanda se retrouvent dans deux carreaux: le premier entre les latitudes 0°C et 5°C Sud et les longitudes 25°C et 30°C Est tandis que le second est compris entre 0°C et 5°C de latitude Sud et 30°C et 35°C de longitude Est. Les données du Rwanda paraissent uniques dans ce sens que les données moyennes de différentes stations ne représentent pas la climatologie réelle à cause de la nette variation d'altitude des reliefs entre différentes stations.

Le Modèle MAGICC (Modèle pour l'évaluation des changements climatiques causés par les gaz à effet de serre) a été utilisé pour mettre en place les estimations climatiques du Rwanda par rapport aux données de la période 1971-2007. Là où les données sont indisponibles (1990-2007), nous avons proposé des données par la méthode statistique de corrélation entre la station de Kigali Aéroport et les autres stations choisies pour le besoin de la cause.

4.1.2. Méthodologies des scénarios climatiques

Pour la mise en place des scénarios climatiques, les étapes ci-après ont été suivies dans la sélection des trois modèles de Circulation Générale (GCMs) les mieux adaptés aux conditions du Rwanda :

- Calculer les températures moyennes du pays à partir des moyennes mensuelles observées à toutes les stations climatologiques;
- Considérer qu'un output obtenu de 1*CO2 équivaut à une concentration de gaz à effet de serre provenant des 17 GCMs;
- Comparer l'output régional de 1*CO2 avec les données climatiques observées en utilisant la corrélation statistique; et
- Choisir les trois modèles de Circulation Générale qui représentent le mieux le climat actuel.

Scénarios de référence

Le tableau 51 présente les données de divers éléments météorologiques provenant des archives de la banque de données du Service Météorologique du Rwanda. Conformément à ces données, la température moyenne annuelle du Rwanda est d'environ 18°C, la température maximum

d'environ 25°C et la température minimum d'environ 13°C. Il y a deux saisons, mars- mai (MAM) et septembre-décembre (SOND), avec une moyenne annuelle des pluies d'environ 1295mm. La moyenne mensuelle la plus élevée enregistrée en avril est d'environ 157mm.

Scénarios des changements climatiques

Trois des 17 modèles de Circulation Générale (GCMs) les plus adaptés au Rwanda sont figurés dans le tableau 51. Il s'agit de PCM_00, IAP_97 et LMD_98 qui ont été trouvés comme représentant le mieux les projections des données météorologiques de 2010 à 2100: température moyenne, température maximale, pluie moyenne, et évapotranspiration moyenne. Les projections faites pour la température montrent que tous les trois modèles prévoient une augmentation moyenne dans les températures minimale, moyenne et maximale vers les années 2020-2100. L'augmentation dans la moyenne annuelle des températures maximales atteint 3.3°C. Pour la pluie, les projections faites montrent que deux modèles, IAP_97 et LMD_98, respectent la variabilité de deux saisons humides durant les mois de mars, avril, mai et septembre- octobre-novembre, mais avec un changement croissant qui atteint 50 mm en avril et décembre pour les modèles LMD_98 et IAP_97.

Concernant les projections faites pour l'évapotranspiration potentielle moyenne, elle s'accroît pendant les saisons sèches de décembre- janvier et de juin- août, tandis qu'elle s'élève fortement de juin à août pour les scénarios du modèle PCM_00_, qui ne correspond pas aux conditions climatiques du Rwanda.

Ainsi, les outputs des modèles IAP_97 et LMD_98 montrent que l'évapotranspiration potentielle annuelle va s'accroître chaque année. Pour IAP_97, on prévoit qu'elle va atteindre 1351 mm vers 2020, 1432 mm vers 2050 et 1682 mm vers 2100.

Tableau 51: Scénario de référence

Baseline scenario	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEPT	OCT	NOV	DEC	ANNUAL
MEAN TEMPERATURE (oC)													
1971 - 2007	18,9	19,1	19,2	19,0	18,7	18,0	17,7	17,8	17,8	18,1	18,4	18,8	18,4
MINIMUM TEMPERATURE(oC)													
1971 - 2007	12,6	12,9	13,4	13,7	13,6	12,6	12,4	12,8	12,5	12,7	12,8	12,7	12,9
MAXIMUM TEMPERATURE(oC)													
1971 - 2007	25,5	25,7	25,5	24,8	24,2	23,8	23,5	23,4	23,6	23,9	24,4	25,3	24,5
RAINFALL													
1971 - 2007 (MM)	68,76	75,00	120,07	157,19	132,17	78,57	77,68	116,59	125,77	133,96	126,37	82,53	1294,7
NCAR RAINFALL (MM/DAY)	0,39	0,43	0,41	0,38	1,44	3,69	6,88	9,93	6,6	3,37	1,34	0,55	3,0
SOLAR RADIATION(W/M-2)													
1971 - 2007	4,35	3,96	3,75	3,75	3,78	5,04	5,05	4,34	4,12	3,91	3,80	3,48	4,1
RELATIVE HUMIDITY(%)													
1971 - 2007	73	78	80	80	80	70	60	62	69	75	78	80	73,8
WINDS (m/s)													
1971 - 2000	2,09	2,01	2,04	1,84	1,99	2,13	2,41	2,67	2,52	2,51	2,23	2,13	2,2
POTENTIAL EVAPOTRANSPIRATION ON GRASS(ETP in mm)													
1971 - 2000	109,16	106,40	107,51	105,85	101,98	119,94	129,06	124,92	121,32	112,48	106,68	96,17	1341,5

Tableau 52: Comparaison des performances des modèles

Table 51. COMPARISON OF MODEL PERFORMANCE													
MODELS	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEPT	OCT	NOV	DEC	Correlation
1971-2007	18,9	19,1	19,2	19,0	18,7	18,0	17,7	17,8	17,8	18,1	18,4	18,8	
BRCM98	23,1	23,2	22,9	23,4	26,8	28,7	28,0	28,9	29,1	27,4	23,9	22,6	-0,91
CCC199	19,9	20,2	21,1	21,2	20,0	18,4	18,5	20,2	22,0	22,1	20,9	20,2	0,16
CCSR96	25,4	25,2	25,2	23,8	24,4	25,5	25,0	27,2	29,5	31,4	26,5	26,0	-0,54
CERF98	21,7	21,7	21,8	21,8	21,6	21,9	24,2	25,5	26,0	24,1	22,3	21,8	-0,80
CSI296	20,9	21,3	21,6	21,5	21,0	19,8	19,6	20,4	21,7	21,9	21,4	21,0	0,44
CSM_98	20,6	21,9	22,2	21,7	21,1	20,4	20,6	21,4	21,5	21,4	21,0	20,5	0,41
ECH395	22,1	23,6	23,4	23,2	25,5	28,1	27,9	28,6	29,5	25,5	22,5	22,2	-0,85
ECH498	22,3	23,2	23,5	23,0	23,8	24,7	25,7	26,6	26,2	24,0	22,7	22,0	0,26
GFDL90	21,0	22,5	21,5	19,7	17,3	16,4	19,1	20,0	22,0	21,7	20,6	20,0	0,26
GISS95	22,8	23,4	24,4	24,5	24,0	24,0	25,4	25,9	25,6	24,8	23,8	23,1	-0,68
HAD295	21,5	22,0	22,5	23,1	23,5	23,3	22,8	22,7	22,7	22,6	22,3	21,8	-0,35
HAD300	22,7	23,8	24,1	23,7	23,5	23,4	22,8	23,0	23,7	23,9	23,2	22,8	0,28
IAP_97	22,5	24,1	24,8	23,1	21,0	19,7	19,9	21,7	23,1	24,2	23,5	22,6	0,55
LMD_98	25,3	25,7	24,8	23,3	22,3	21,9	22,9	24,3	23,3	21,7	21,2	22,7	0,48
MRI_95	24,0	24,7	25,4	24,5	23,2	23,7	25,3	25,9	25,6	25,8	25,3	24,1	-0,37
PCM_00	21,2	22,0	22,1	21,2	20,0	20,0	19,8	20,5	21,1	21,1	20,7	20,8	0,67
WM_95	26,5	27,6	27,9	26,8	25,5	25,4	26,9	27,8	28,8	29,4	27,2	25,9	-0,21

D'après le tableau 52, les modèles PCM_00, IAP_97 et LMD_98 ont respectivement démontré une corrélation de 0,67, 0,55 et 0,48 et ont été retenus comme les plus performants.

Pour la température minimum projetée (tableau 53 et figure 22), les trois modèles de Circulation Générale présentent la même tendance croissante chaque année et le changement annuel, par rapport à la moyenne de référence, varie de 0,44° à 0,6° pour 2020, de 1,2°C à 1,9°C pour 2050, et de 2,3°C à 3,3°C pour 2100.

Tableau 53: Projections de changement de température minimum

Température Minimum - Projections de changement	2020 (°C)	2050 (°C)	2100 (°C)
PCM_00	0.44	1.2	2.5
IAP_97	0.5	1.3	2.3
LMD_98	0.6	1.9	3.3

Figure 22 : Projections de la température

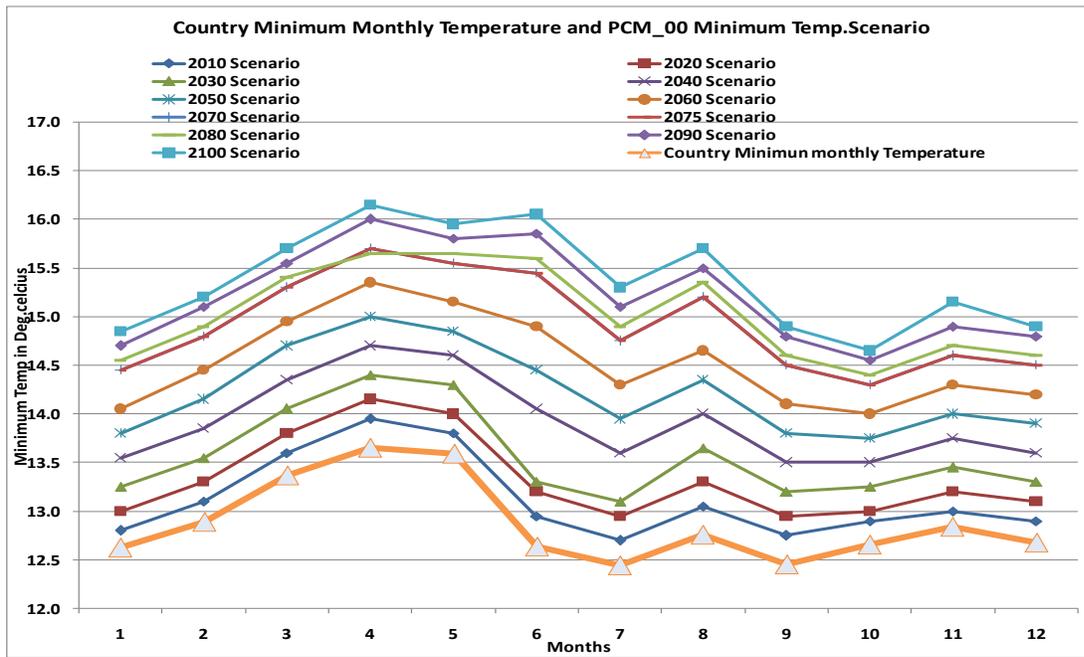


Figure 22a: Température minimum projetée du modèle PCM_00

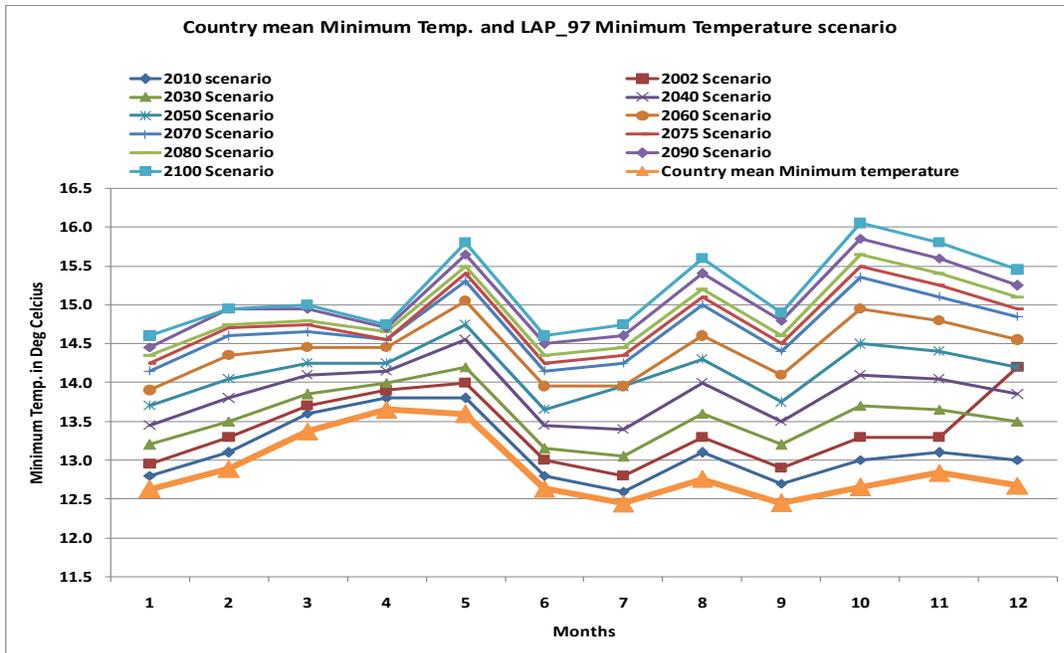


Figure 22b: Température minimum projetée du modèle IAP_97

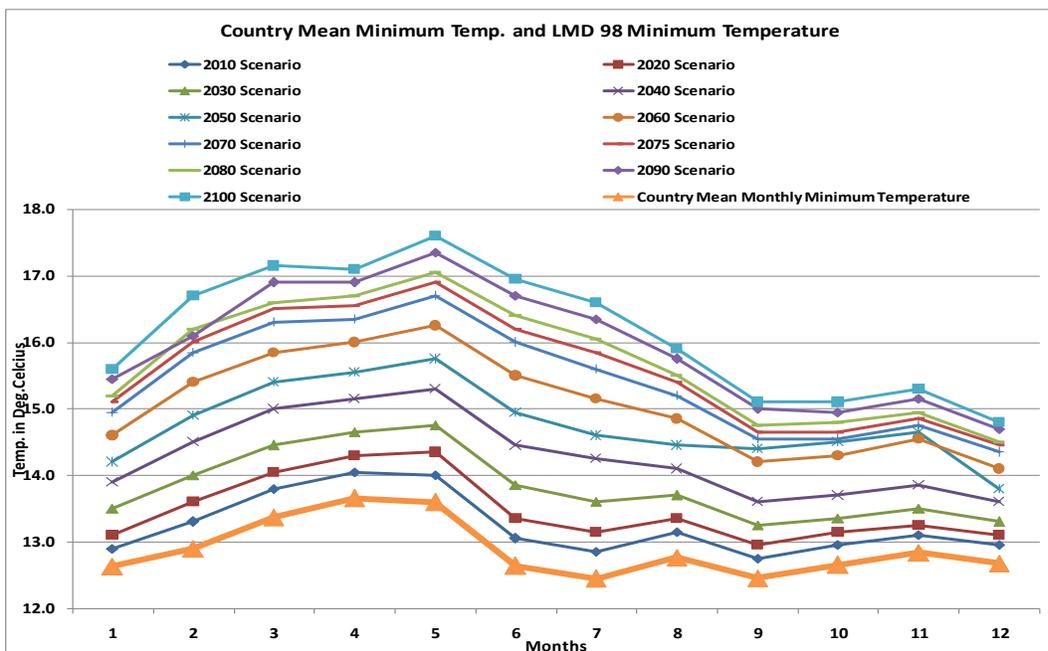


Figure 22c : Température minimum projetée du modèle LMD_98

Quant aux températures moyennes (tableau 54 et figure 23), elles sont supposées s'accroître pour tous les trois modèles, approximativement d'environ 1,3°C à 1,9 °C en 2050 et de 2.3°C à 3.3°C en 2100 au-dessus de la moyenne de référence.

Tableau 54 : T°C moyenne, projections de changement

Changements de T° moyenne	2020 (°C)	2050 (°C)	2100 (°C)
PCM_00	0.44	1.3	2.5
IAP_97	0.5	1.3	2.3
LMD_98	0.6	1.9	3.3

Figure 23: Température moyenne projetée des modèles de Circulation Générale

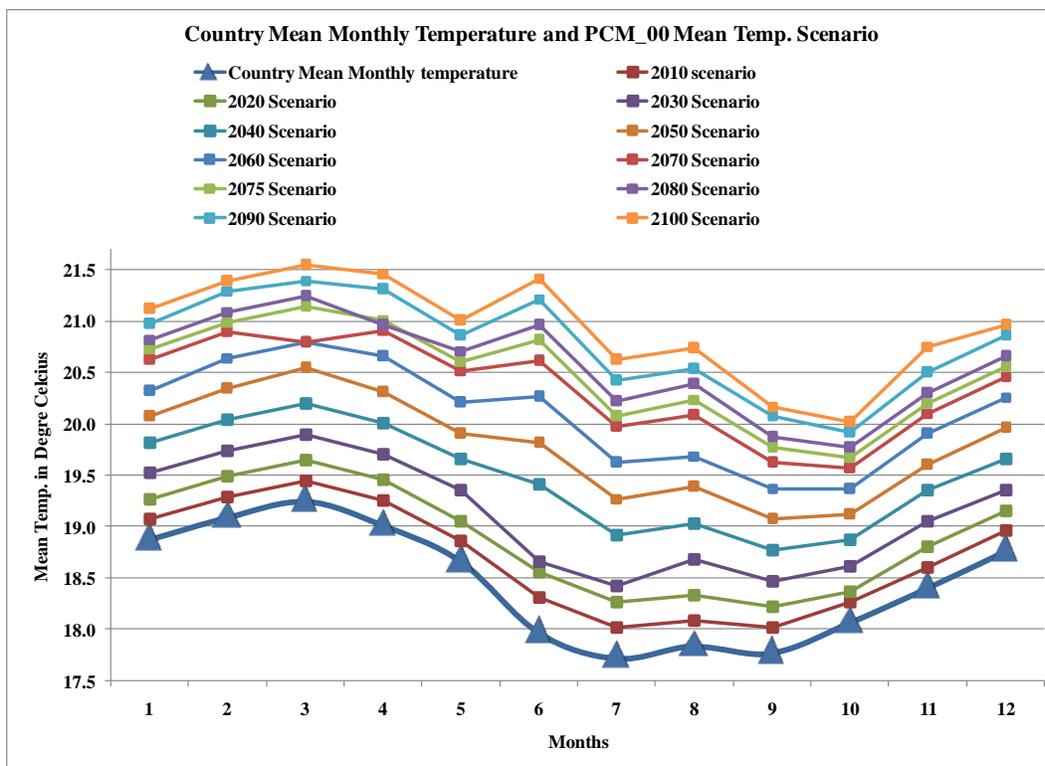


Figure 23a: Température moyenne projetée, PCM_00

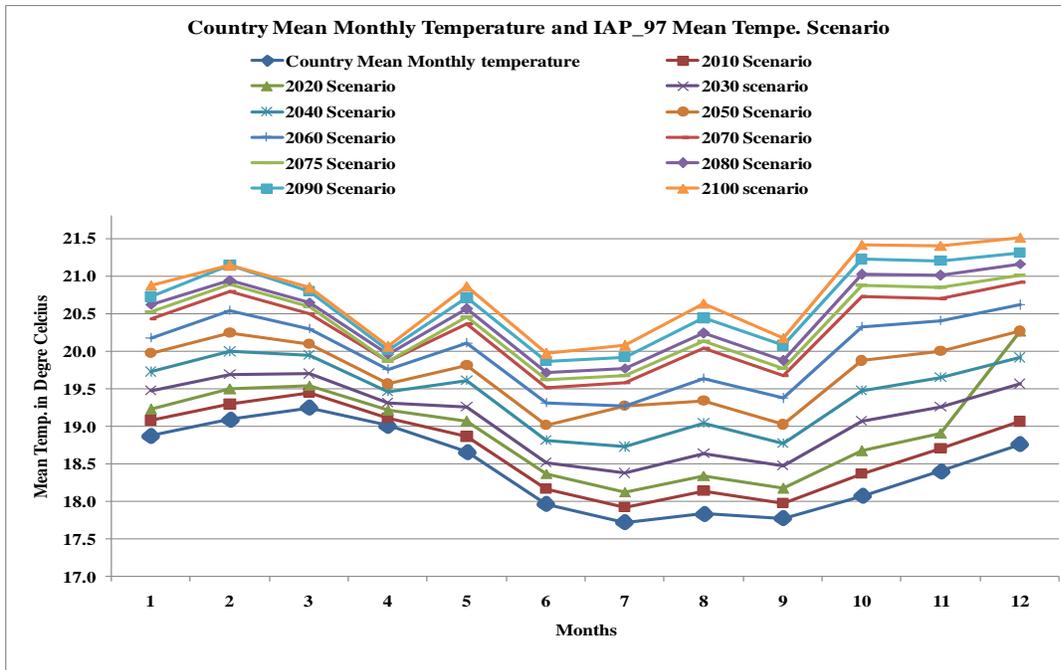


Figure23b :Température moyenne projetée, IAP_97

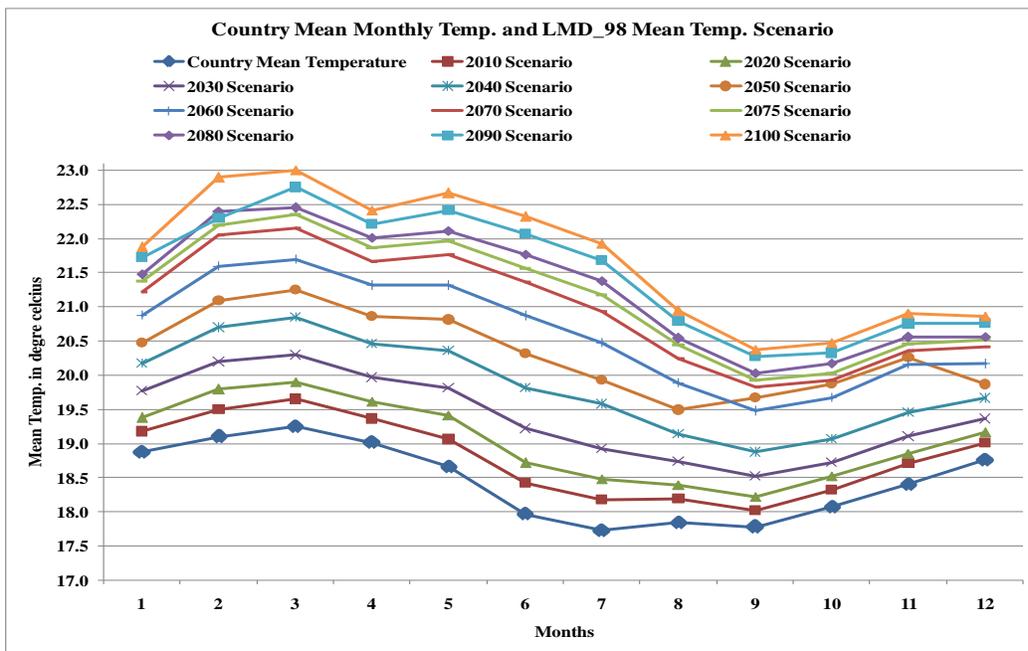


Figure 23c:Température moyenne projetée, LMD_98

Pour la température maximum projetée (tableau 55 et figure 24), les trois modèles de Circulation Générale présentent une même tendance dans l'accroissement annuel de la température moyenne maximum historique. L'accroissement de la température maximum varie de 0,44°C à 0,6°C en 2020, de 1,3 °C à 1,9 °C en 2050, et de 2,5°C à 3,3°C en 2100, pour les trois modèles.

Tableau 55: Projections de changement de la température maximum

T° max. projections de changement	2020 (°C)	2050 (°C)	2100 (°C)
PCM_00	0.44	1.3	2.5
IAP_97	0.5	1.3	2.3
LMD_98	0.6	1.9	3.3

Figure 24: Température maximum projetée des trois modèles de Circulation Générale (PCM_00, IAP_97, LMD_98)

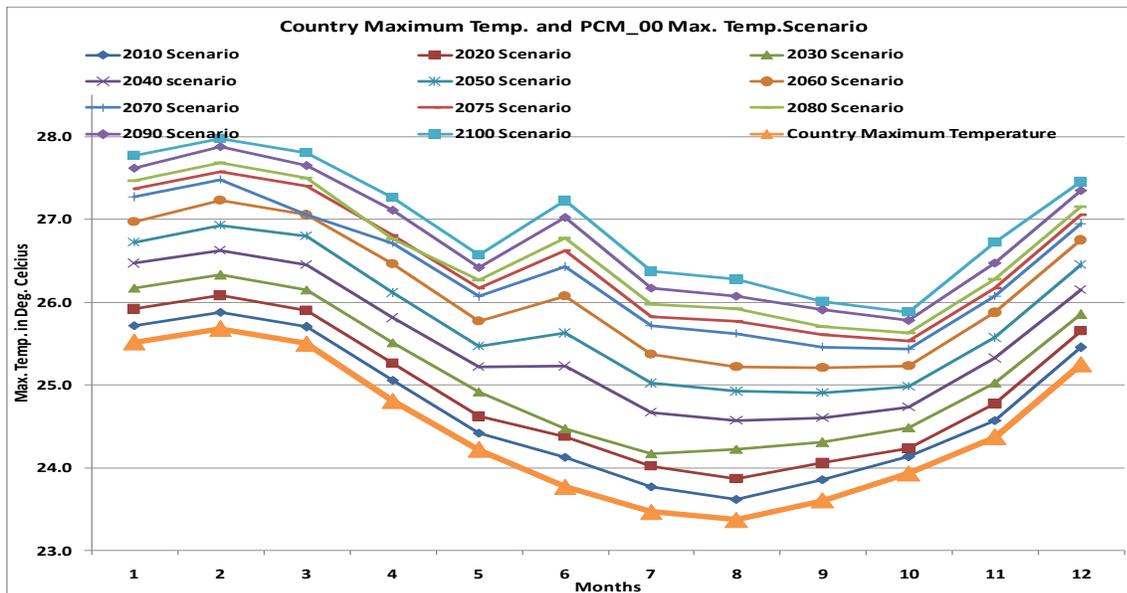


Figure 24a: Température maximum projetée du modèle PCM_00

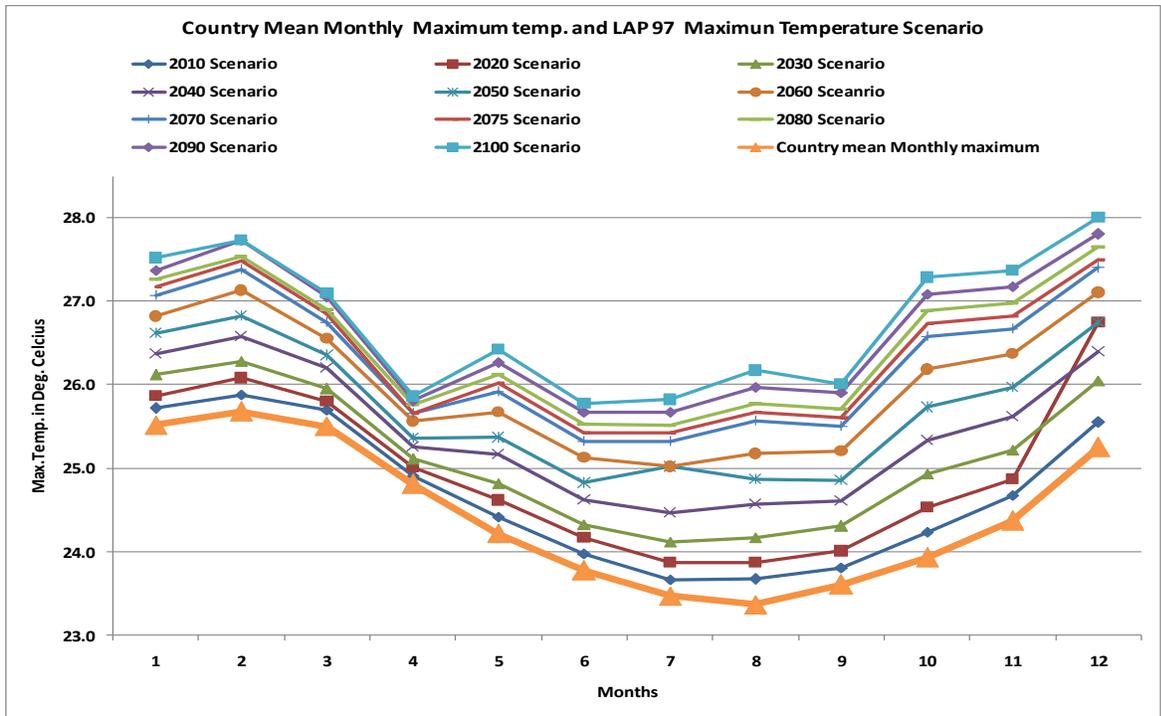


Figure 24b: Température maximum projetée du modèle IAP_97

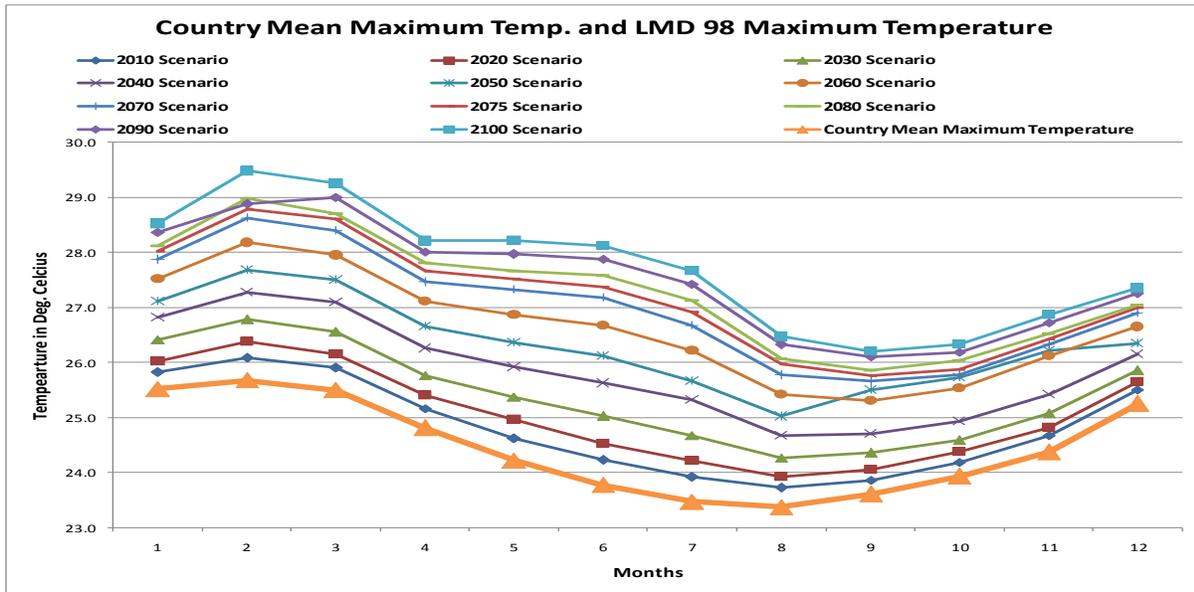


Figure 24c: Température maximum projetée du modèle LMD_98

Enfin, en ce qui concerne les pluies moyennes mensuelles projetées (figure 23), nous constatons dans le cas des modèles IAP_97 et LMD_98, qu'il y a les pics habituels des pluies moyennes mensuelles pendant les saisons pluvieuses de mars –mai et de septembre- décembre, alors que pour les scénarios du modèle PCM_00, les mêmes pics apparaissent durant la saison sèche (juin-août). Ainsi, les outputs du modèle, dans le cas d'IAP_97 et LMD_98, indiquent que comparés aux données observées, ils sont plus performants. Toutefois, le modèle LMD_98 montre une meilleure image des saisons sèches (décembre- janvier et juin- août) et des saisons pluvieuses (MAM et SOND).

Figure 25: Pluies moyennes mensuelles projetées selon les modèles de la Circulation Générale

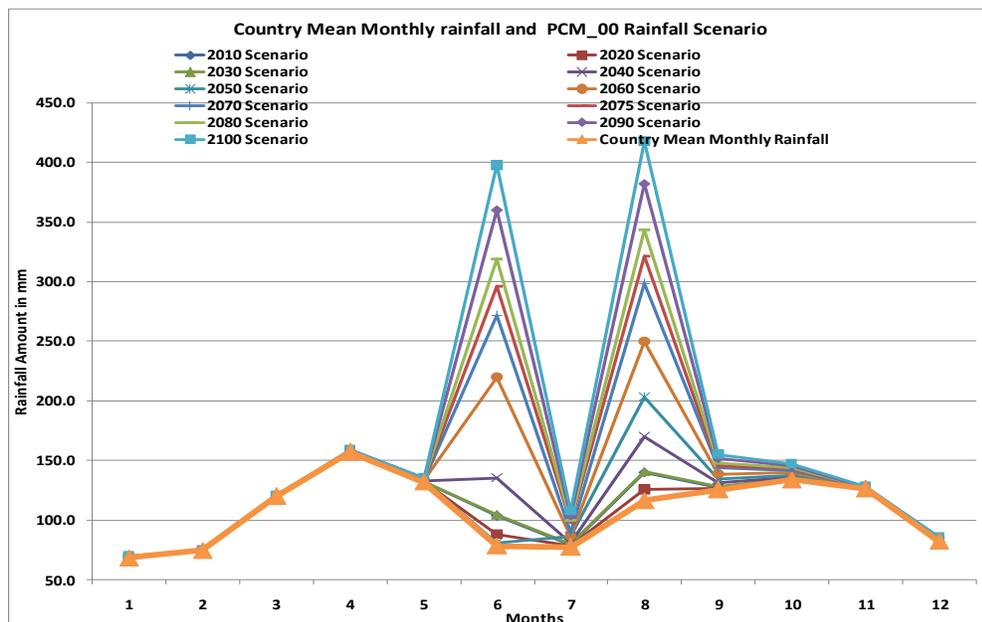


Figure 25a: Scénario des pluies, PCM_00

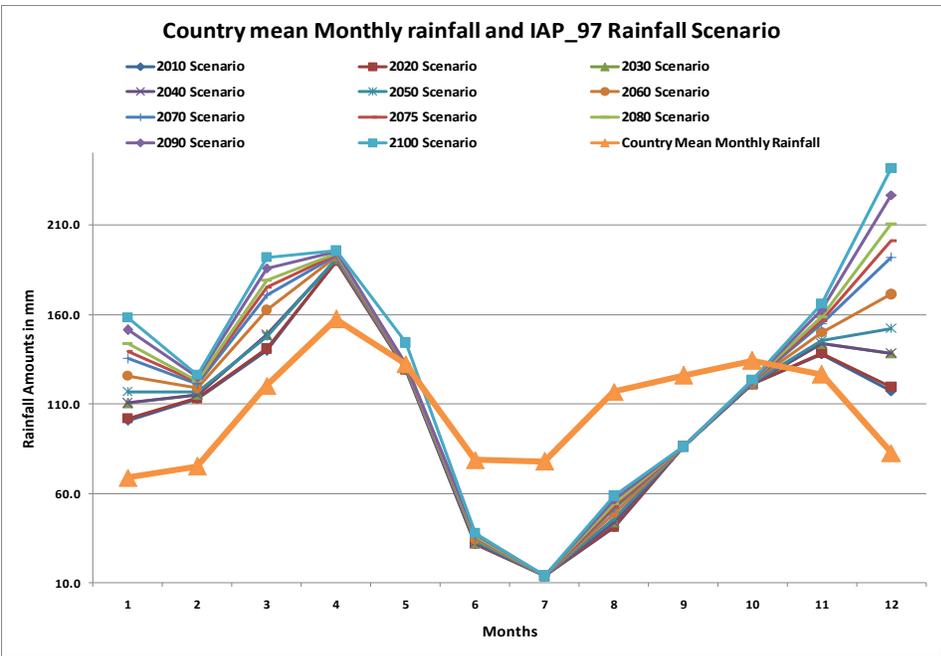


Figure 25b: Scénarios des pluies, IAP_97

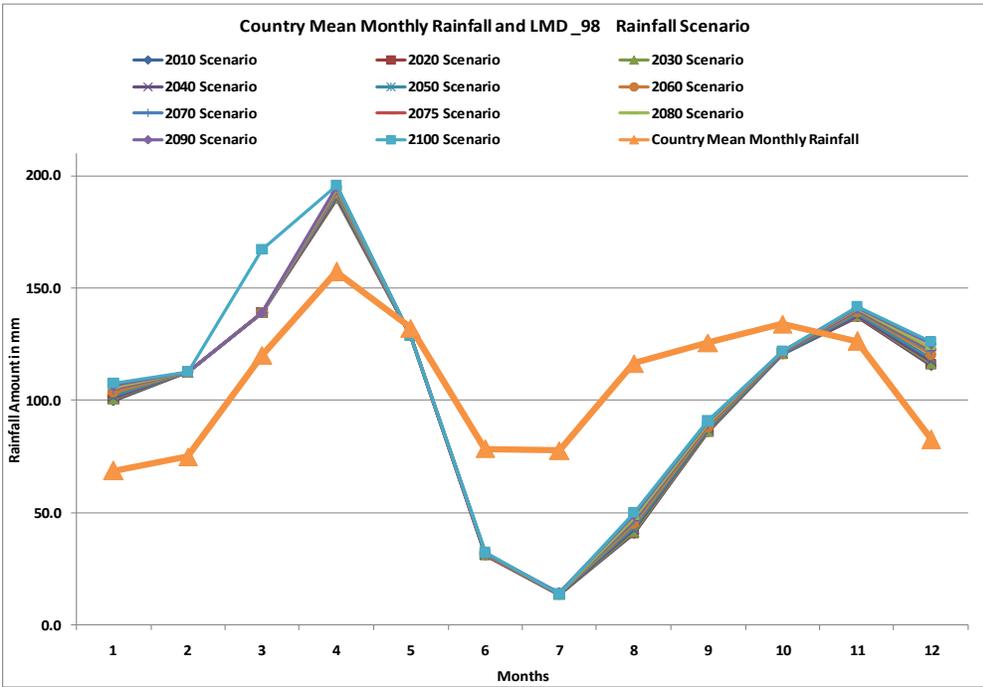


Figure 25c: Scénario des pluies, LMD_98

4.2. Ressources en Eau

Il est reconnu que les ressources en eau ont une influence directe sur la qualité de vie des populations, leur santé et leur productivité. L'eau est essentielle, non seulement pour la vie de l'homme mais aussi pour l'élevage, l'agriculture, le développement industriel, la production de l'hydroélectricité, le développement socio-économique et l'éradication de la pauvreté. Comme on peut l'imaginer, l'influence négative des changements climatiques sur les ressources en eau de surface et souterraines peut être catastrophique pour le pays.

Les eaux de surface et les eaux souterraines ont été étudiées dans la partie relative aux conditions propres.

4.2.1. Situation actuelle de l'utilisation et de la demande en eau

La demande et l'accès à l'eau potable

Selon le rapport récent de l'inventaire national de l'alimentation en eau potable et assainissement au Rwanda paru en 2009 et utilisant deux paramètres principaux à savoir, la disponibilité d'eau potable par litre et par tête, ainsi que l'accessibilité en termes de distance parcourue par un ménage, il apparaît que les régions connaissant un déficit pluviométrique sont les moins desservies en eau potable. Tel que l'atteste le tableau 56, la desserte totale en eau potable en 2009 au Rwanda était estimée à 73,81% de la population rwandaise, alors que la consommation moyenne par tête était estimée à 54,7 litres/tête/jour.

Tableau 56: La desserte totale en eau potable par Province en 2009, au Rwanda

Indicateurs	Ville de Kigali	Province Sud	Province de l'Ouest	Province du Nord	Province de l'Est	Rwanda
Population totale	892.036	2.266.110	2.250.086	1.610.831	2.38.107	9.057.170
Production totale d'eau potable (m ³)	72.632	145.478	114.312	99.984	63.034	495.441
Moyenne d'accessibilité à l'eau potable (%)	96,68	67,44	75,4	68,91	73,01	73,81
Consommation par tête par jour (en litres)	81,42	64,2	50,8	62,07	30,9	54,70

Source : MINIRENA (2009)

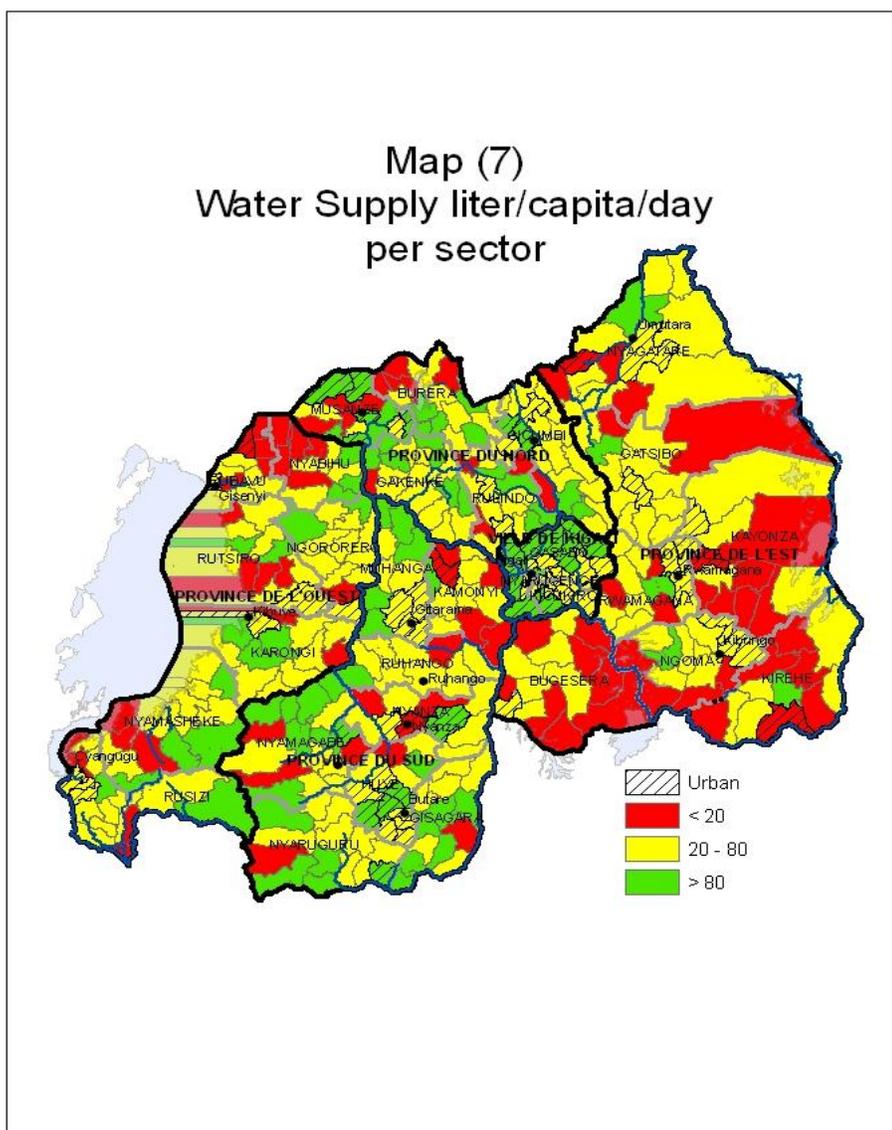


Figure 26: L’approvisionnement en eau potable par secteur et par tête (l/p/j)

Source : MINIRENA (2009)

D’après cette carte, les régions du Sud-Est (Bugesera, plateau de l’Est) habituellement déficitaires en pluviométrie connaissent des quantités faibles d’eau potable par ménage et par jour. La plupart des secteurs de cette région reçoivent des quantités d’eau potable inférieures à la moyenne nationale de 54,7 l/p/j et inférieures aux normes internationales de 20 l/p/j.

Les deux autres régions déficitaires en eau potable sont celles de la région des laves du Nord-Ouest et du pourtour du lac Kivu à l’Ouest du Rwanda. Pour ces régions, plus de 60% de

ménages parcourent plus de 500 m pour puiser l'eau potable puisque la desserte issue des infrastructures modernes y est encore de faible qualité.

Les besoins futurs en eau potable à l'horizon 2020 s'élèvent à 470.000 m³/jour ou 170 Mm³/an. Cela représente un doublement des besoins par rapport à 2005.

Concernant la qualité des eaux, seules des analyses ponctuelles, sans suivi en cours d'année, sont réalisées. Il est ainsi difficile de se faire une idée précise de la qualité de l'eau et de l'intensité de la pollution environnementale.

La demande industrielle

Le secteur industriel reste encore peu développé au Rwanda. La majorité des entreprises existantes sont présentes dans les domaines de l'agro-alimentaire, de la chimie ou parachimie, ainsi que de l'extraction de matériaux et minéraux.

La plupart des entreprises sont localisées dans la capitale Kigali. Sur la base des enquêtes effectuées par MINITERE (2005, PGNRE), le taux de croissance serait de 8% en 2010, 15% en 2015 et 10% en 2020. Les besoins passeraient ainsi de 1.300.000 à 6.100.000 m³/an.

Le taux de croissance est supposé devenir plus élevé entre 2010 et 2015 en fonction des mesures incitatives que compte prendre le Gouvernement et selon la volonté d'extension exprimée par les entreprises.

La demande en eau en agriculture

La demande en eau en agriculture est limitée à l'irrigation qui est peu pratiquée au Rwanda (essentiellement en riziculture).

Les besoins actuels ont été évalués sur base des aménagements irrigués existants, totalisant 5.000 ha et consacrés essentiellement à la riziculture. On estime à 140 Mm³ les besoins actuels pour les cultures intensives.

La consommation en eau du bétail reste faible et représente environ 10% des besoins totaux. Les besoins en eau à l'horizon 2020, évalués sur base de la méthodologie et de l'évolution des surfaces et têtes de bétail pour 2020, sont estimés à 840 Mm³/an

Les besoins en eau pour les cultures de collines irriguées restent relativement faibles comparés aux besoins de l'agriculture de marais, avec respectivement 48 Mm³/an contre 780 Mm³/an.

La consommation en eau du bétail reste faible : 14 Mm³/an.

La demande en eau en énergie

Le Rwanda connaît actuellement des carences importantes en énergie électrique. D'une part, seulement 6% de la population du pays sont raccordés au réseau, soit un taux de 20% en milieu urbain et de 2,5% en milieu rural.

Or le Rwanda dispose d'un réseau hydrographique dense et d'un relief souvent prononcé, qui peut permettre le développement de l'hydroélectricité qui constitue déjà sa principale source d'énergie.

4.2.2. Projections futures des débits de la Nyabarongo

Pour évaluer l'impact des changements climatiques sur les ressources en eau au Rwanda et les possibles mesures d'adaptation, le bassin versant de la rivière Nyabarongo a été choisi pour réaliser les techniques de simulation de l'équilibre hydrologique de nos cours d'eau, et déterminer la quantité totale de l'eau de ruissellement et d'infiltration, ainsi que les ressources en eau disponibles pour l'utilisation domestique, industrielle et agricole et pour les écosystèmes.

La technique de simulation appliquée pour cette étude est le modèle WATBAL (Spatial lumped conceptual integrated catchment Water BALance model). Ce modèle a deux composantes : un bilan hydrique, représentant l'écoulement de l'eau à l'entrée et à la sortie du bassin versant et une estimation de l'évapotranspiration potentielle.

Calibration du modèle et scénarios de référence

Pour appliquer ce modèle, le bassin hydrographique de la rivière Nyabarongo d'une superficie de 8.900 km² a été choisi. Pour cette étude, des températures et précipitations moyennes mensuelles des stations de Ruhengeri, Byimana, Gikongoro (Nyamagabe) et Rwamagana ont été utilisées pour la période de 1971 à 2005.

Pour l'évapotranspiration au niveau du bassin versant retenu, il a été nécessaire de procéder à l'utilisation des résultats des scénarios climatiques du modèle LMD_98 pour avoir des données de l'évapotranspiration sur les années de projection de 2010 à 2100.

Concernant les données hydrologiques, on a utilisé les débits mensuels moyens à la sortie du bassin versant de la Nyabarongo à Kigali (Station de Nyabarongo à Kigali), de 1961 à 2005. Le modèle a été également calibré en fonction des années de débits normaux, bas et hauts. Ainsi, les années 1997, 1998 et 2001 ont été identifiées comme les années de hauts débits, 1988 et 2002 comme les années de débits normaux et 1981 et 1984 comme les années de débits faibles. Le graphique ci-après donne les années de hauts, moyens et faibles débits du régime hydrologique de la Nyabarongo, 1971-2003.

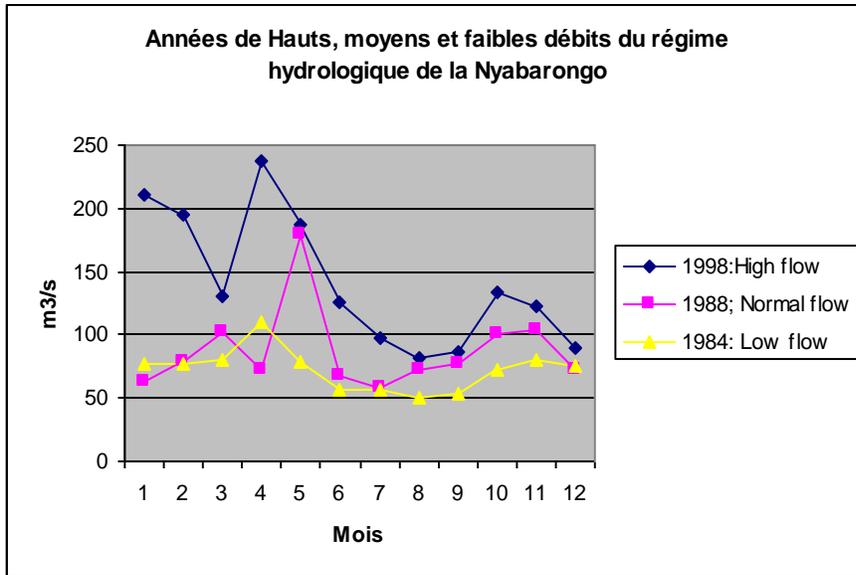


Figure 27: Années de hauts, moyens et faibles débits du régime hydrologique de la Nyabarongo à Kigali, 1971-2003

Pour l'année 1998, année de hauts débits hydrologiques, les hauts débits de la Nyabarongo commencent dès le mois de Janvier, avec un fléchissement en mars suivi d'une augmentation de l'écoulement des eaux en avril. Les débits bas apparaissent au mois de juillet et se prolongent jusqu'au mois de septembre où on enregistre une nouvelle montée des débits jusqu'en octobre.

L'année 1988, année de débits moyens se caractérise également par un écoulement à deux pics : une forte augmentation des débits en mai et une faible en novembre.

L'année 1984, année de faibles débits, présente un faible pic au mois d'avril et un autre encore plus faible en novembre.

Projections futures des débits de la Nyabarongo/Kigali de 2010 à 2100

Le graphique ci-après donne les projections des moyennes mensuelles des débits de la Nyabarongo à Kigali de 2010 à 2100.

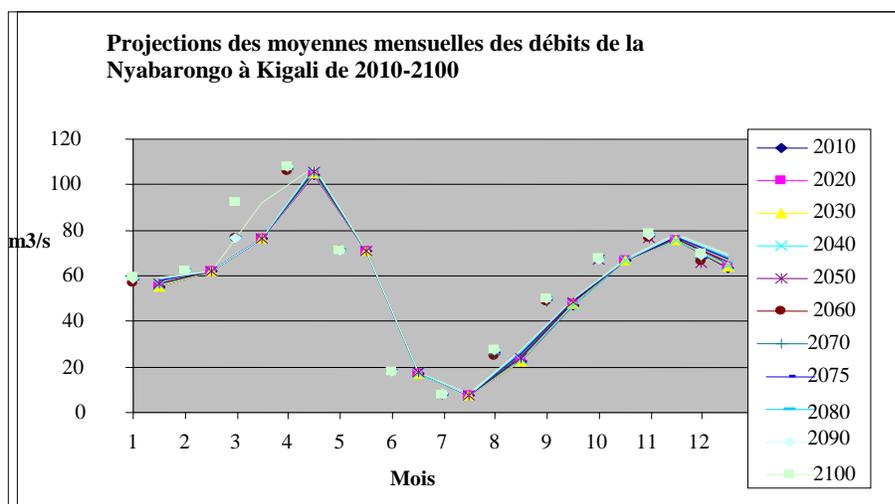


Figure 28: Projections des moyennes mensuelles des débits de la Nyabarongo à Kigali (2010-2100)

Pour ces projections de 2010 à 2100, les débits moyens de la Nyabarongo seraient légèrement faibles par rapport aux débits moyens de l'année de référence 1988. Ce qui implique une diminution des débits d'écoulement dans les années à venir. Par ailleurs, comme le montre le graphique (figure 28), les écarts de débits entre les années seraient très faibles.

Pour cette période de 2010 à 2100, il y aurait une diminution sensible des débits maxima par rapport à l'année de référence 1998 (année des débits maxima), passant de 240 m³/s à 120 m³/s. Toutefois, la configuration des débits au courant de l'année resterait la même, avec les hauts débits en mars-avril et la période d'étiage en juin-septembre.

Pour les minima, les débits d'écoulement seraient également faibles, ne dépassant pas 90 m³/s au mois d'avril, alors qu'en 1984, année de référence à faible débit, elles ont atteint 110 m³ dans ce même mois.

4.2.3. Evaluation de la vulnérabilité aux changements climatiques dans le secteur des ressources en eau

Les changements climatiques qu'a connu le Rwanda au cours des trois dernières décennies ont eu des incidences sur les ressources en eau en causant, tantôt les inondations, tantôt les sécheresses entraînant la diminution des débits des cours d'eau, la baisse du niveau des eaux des lacs et des cours d'eau, l'assèchement des sources d'eau, la perte de la biodiversité aquatique, ainsi que la diminution de la production de l'énergie électrique.

Erosion, glissements de terrain et inondations

De fortes précipitations fréquentes sont à l'origine du ruissellement sur de fortes pentes, qui, couplé à la fragilité naturelle des sols et à d'autres facteurs anthropiques dans l'utilisation des

terres, tels que la déforestation de la forêt (Gishwati), entraîne une quantité importante de terres vers les vallées et les bas fonds.

Des inondations imprévues dues à des pluies anormalement importantes ont causé d'importantes pertes en vies humaines et matérielles, mais aussi en biodiversité.

Ainsi, le 12 septembre 2007, 15 personnes sont mortes et deux autres ont disparu suite aux pluies torrentielles qui ont ravagé les secteurs de Bigogwe et de Kanzenze dans les districts de Nyabihu et de Rubavu respectivement, dans les Provinces du Nord et de l'Ouest. Un total de 456 maisons et des centaines d'hectares de plantations de pomme de terre furent également détruites ; 2.403 personnes de 438 familles ont été déplacées.

Entre 2006-2008, la Croix-Rouge Rwandaise a aidé plus de 5.820 personnes affectées par des inondations dans différentes régions du pays : Districts de Nyabihu, de Rubavu, de Musanze, de Kayanza, de Kirehe, de Ngoma et de Rwamagana.

En Septembre 2008 les fortes pluies et les vents ont affecté huit des 12 secteurs du district de Rubavu : Gisenyi, Rubavu, Rugerero, Nyamyumba, Nyundo, Cyanzarwe, Nyakiriba et Kanama. Les inondations ont submergé plus de 500 maisons, ont détruit environ 2.000 hectares de récoltes, des ponts, routes et pylônes, ainsi que des écoles. Jusqu'à 1.982 maisons, 72 écoles primaires, et 34 écoles secondaires ont été complètement ou partiellement détruites.



Figure 29: Crues subites avec de sérieux dégâts sur les vies humaines et les Infrastructures à Bigogwe dans le District de Nyabihu, Province du Nord

Les régions à risques importants d'inondation et de glissements de terrain sont situées dans les Provinces du Nord, de l'Ouest et du Sud à topographie très accidentée (fig. 30).

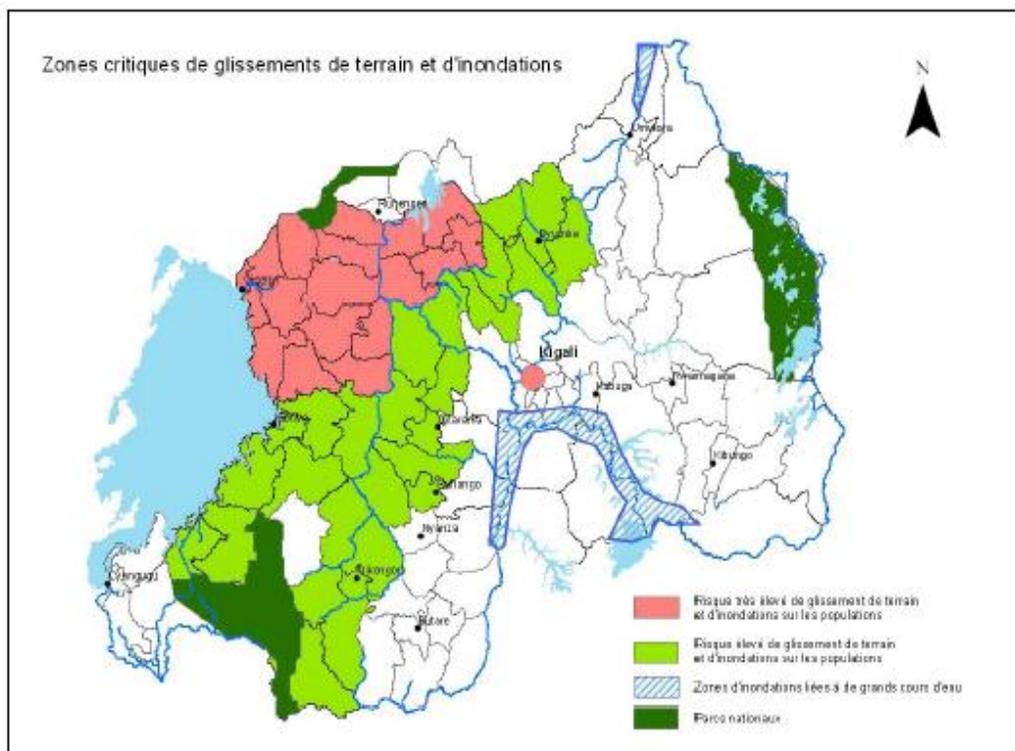


Figure 30: Régions plus exposées aux inondations et aux glissements de terrain

Les sécheresses

Les sécheresses prolongées accompagnées de températures élevées et d'une forte évapotranspiration ont provoqué une pression additionnelle sur les ressources en eau, provoquant notamment :

- la diminution des débits des cours d'eau ;
- la baisse du niveau de base des cours d'eau et des lacs ;
- le tarissement des sources d'eau ;
- et la perte de la biodiversité des systèmes d'eau aquatiques.

De telles sécheresses s'observent souvent dans les régions bioclimatiques de l'Est, du Sud-Est et dans quelques zones du plateau central du pays (Umutara, Kibungo, Bugesera, Mayaga et Muhanga) où sévissent parfois des famines au sein des familles vulnérables.

En 2004 – 2005, une sécheresse prolongée, couplée à une action anthropique d'ouverture d'un canal dans le marais de Rugezi alimentant les lacs de Bulera et de Ruhondo, a contribué sensiblement à la diminution de la production d'électricité des centrales hydroélectriques de Ntaruka et Mukungwa, suite à la diminution du niveau d'eau de ces lacs. La production d'électricité est passée de 12 MW à 3 MW pour la centrale de Ntaruka et de 11 MW à 2 MW pour la centrale de Mukungwa.



Figure 31: Baisse du niveau d'eau du lac Bulera alimentant les centrales hydroélectrique de Ntaruka et Mukungwa

De même, en saison sèche, les stations de traitement d'eau alimentant les villes du pays sont confrontées au problème de diminution sensible des débits des cours d'eau qui les alimentent, provoquant des pénuries d'eau potable dans les villes et les zones rurales desservies par ces stations.

A titre d'exemple, la station de traitement d'eau de Kimisagara manque, en saison sèche, une partie d'eau à traiter provenant de la rivière Yanze dont les débits d'eau baissent sensiblement à cause de l'augmentation des températures, mais aussi à cause des activités d'arrosage des cultures maraichères effectuées en amont par les agriculteurs pour sauver leur récolte en saison sèche.

Ces changements climatiques affectent également les eaux souterraines, provoquant la baisse des nappes phréatiques, et par conséquent, la réduction des débits des sources aménagées et des puits qui alimentent en eau potable la majorité de la population en milieu rural.

De plus, la carence en eau pluviale durant les périodes de sécheresse ont sévèrement affecté la production agricole, provoquant des disettes dans la région Est et Sud – Est du pays, surtout dans la région de Bugesera qui a connu des migrations de quelques familles fuyant cette catastrophe.

4.2.4. Mesures d'adaptation aux changements climatiques dans le secteur des ressources en eau au Rwanda

Dans le secteur des ressources en eau, trois mesures fondamentales d'adaptation sont possibles : augmenter l'approvisionnement en eau, réduire la demande en ressources en eau et gérer la demande et l'offre différemment. Cependant, pour le présent rapport, les mesures d'adaptation ont été identifiées sur base des critères ci-après: national, culturel, géographique, et risques de changements climatiques.

Etant donné que la liste des mesures d'adaptation est longue, les critères de sélection ci-après ont été utilisés pour identifier 2 à 5 mesures d'adaptation potentiellement les plus efficaces. Celles qui ont répondu avec plus de oui aux différents critères retenus pour leur analyse, ont été retenues pour la prochaine étape de l'évaluation.

Tableau 57: Sélection des mesures d'adaptation techniques

Adaptation	De grande priorité	Objectif prioritaire	Efficacité	Autres bénéfiques	Coûts faibles	Obstacles faibles
1. Planifier et coordonner la mise en valeur des bassins versants	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
2. Adopter un plan d'urgence de lutte contre la sécheresse	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Non
3. Contrôle de la pollution	Oui	Oui	Oui	Oui	Non	Non
4. Conservation de l'eau	Oui	Oui	Oui	Oui	Non	Non
5. Promouvoir l'utilisation des ressources en eau souterraines	Oui	Oui	Oui	Oui	Non	Non
6. Modifier les comportements dans l'utilisation de l'eau	Non	Non	Oui	Oui	Oui	Non
7. Réutiliser et recycler l'eau	Non	Non	Oui	Oui	Non	Non
8. Construction des barrages	Non	Non	Oui	Oui	Non	Non
9. Transferts d'eau entre les bassins versants	Non	Non	Oui	Oui	Non	Non
Approvisionnement de l'eau sur base d'un système des prix de marché	Non	Non	Oui	Oui	Non	Non
11. Changements mineurs sur les infrastructures de construction	Non	Non	Oui	Oui	Non	Non
12. Conservation de l'eau par réduction de la demande	Non	Non	Oui	Non	Non	Non

4.2.5. Plan d'action d'adaptation pour la mise en œuvre des mesures d'adaptation dans le secteur des ressources en eau

Le tableau 58 ci-après donne le plan d'action d'adaptation pour la mise en œuvre des mesures d'adaptation aux changements climatiques dans le secteur des ressources en eau au Rwanda

Tableau 58: Plan d'action d'adaptation pour la mise en œuvre des mesures d'adaptation aux changements climatiques dans le secteur des ressources en eau au Rwanda

Domaine d'intervention 1 : Renforcement d'un cadre politique, législatif et institutionnel favorable à la gestion et protection des ressources en eau

No	Objectifs	Résultats attendus	Indicateurs	Activités	Intervenants	Période
1	Responsabiliser les autorités locales et autres partenaires dans la gestion rationnelle et participative des ressources en eau.	Les responsabilités des entités locales dans la gestion des ressources en eau sont définies et largement connues.	Brochures et guides développés et distribués. Nombre de séminaires ateliers de sensibilisation organisés. Nombre de participants touchés. Tâches et responsabilités claires pour un % d'acteurs.	Elaboration d'un guide définissant les responsabilités des acteurs locaux.	MINIRENA MININFRA MINALOC REMA DISTRICTS	2011-2012
			Nombre de copies des politiques et lois distribuées ; Nombre des bénéficiaires touchés	Vulgarisation/diffusion des politiques et lois en matière de décentralisation et de gestion rationnelle des ressources en eau.	MINIRENA MININFRA MINALOC REMA DISTRICTS	2011-2012
		Les lois et règlements en matière de gestion des ressources en eaux sont appliqués et constamment renforcés	Nombre de lois actualisées ; Nombre de textes d'application adoptés et mis en œuvre	Actualisation des lois et élaboration des textes d'application	MINIRENA MININFRA DISTRICTS REMA	2011-2015
			Le nombre de copies des lois et règlements distribués ; Le nombre des bénéficiaires.	Diffusion des lois actualisées et des textes d'application.	MINIRENA MININFRA REMA DISTRICTS	2011-2015

Domaine d'intervention 2 : Gestion rationnelle des ressources en eau

No	Objectifs	Résultats attendus	Indicateurs	Activités	Intervenants	Période
1	Renforcer les connaissances de base et développer les systèmes d'information sur les ressources en eau.	Les populations des régions vulnérables sont régulièrement informées et alertées sur les manifestations climatiques	La quantité des réserves d'eau chiffrée et répartie selon les différents usages.	Amélioration des connaissances sur les ressources en eau.	MINIRENA MININFRA REMA Agence de l'Eau	2011-2015
			Nombre de bulletins climatologiques publiés par an.	Réhabiliter et équiper 120 stations météorologiques équitablement réparties sur les régions climatiques.	MININFRA	2011-2015
			Nombre d'annuaires hydrologiques publiés par an	Réhabiliter 100 stations hydrologiques et limnométriques endommagées	MINIRENA	2011-2015
			Nombre de publications de données hydrométéorologiques dans les médias par mois.	Impliquer les médias dans la publication des bulletins hydrométéorologiques dans la région	MININFRA MINIRENA	2011-2012
2	Développer et renforcer les programmes de gestion intégrée des ressources en eau.	La ressource en eau est bien gérée et exploitée rationnellement.	Nombre de lacs et cours d'eau dont les rives et les bordures sont protégées	Aménagements antiérosifs, y compris les glissements de terrain et protection des rives des cours d'eau et les berges des lacs.	MINIRENA REMA	2011-2016
			Proportion de la surface des rives des rivières et bordures des lacs protégées.	Aménagement antiérosifs, et protection des rives des cours d'eau et les berges des lacs.	MINIRENA REMA	
			% des écosystèmes dégradés réhabilités	Restaurer les écosystèmes aquatiques dégradés	MINIRENA REMA	2011-2020

Domaine d'intervention 3 : Mise en place d'un plan d'urgence de lutte contre la sécheresse

No	Objectifs	Résultats attendus	Indicateurs	Activités	Intervenants	Période
1	Responsabiliser les autorités locales et autres partenaires dans la mise en place et l'opérationnalisation d'un plan d'urgence de lutte contre les sécheresses.	La politique de lutte contre la sécheresse est connue et les responsabilités des entités locales dans la gestion des phénomènes de sécheresse sont définies et largement connues	<p>Nombre de copies de politique et lois distribuées ;</p> <p>Nombre de bénéficiaires touchés</p> <p>Brochures et guides développés et distribués ;</p> <p>Nombre de séminaires et ateliers de sensibilisation organisés ;</p> <p>Nombre de partenaires touchés</p> <p>Tâches et responsabilités claires pour % d'acteurs.</p>	<p>Vulgarisation/diffusion des politiques et lois en matière de décentralisation et gestion des</p> <p>Elaboration d'un guide définissant les responsabilités des acteurs locaux.phénomènes de sécheresses.</p>	<p>Ministère de gestion des catastrophes et Retour des réfugiés, MINALOC DISTRICTS</p> <p>MINALOC DISTRICTS</p>	2011-2012
2	Renforcer le système d'information et d'alerte hydro-agro-météorologique	Les populations des régions vulnérables sont régulièrement alertées sur les phénomènes climatiques	<p>Nombre de bulletins climatologiques publiés par an.</p> <p>Nombre d'annuaires hydrologiques publiés par an.</p> <p>Nombre de publications de données hydrométéorologiques dans les médias par mois.</p>	<p>Réhabiliter et équiper 150 stations météorologiques réparties sur les régions climatiques du pays.</p> <p>Réhabiliter 120 stations hydrologiques et limnométriques endommagés</p> <p>Impliquer les médias dans la publication des données hydrométéorologiques sur l'ensemble du pays et de la région.</p>	<p>MINIRENA MINIFRA</p> <p>MINIRENA</p> <p>MININFRA MINIRENA</p>	<p>2011-2014</p> <p>2011-2014</p> <p>2011-2012</p>
3	Doter la population des régions vulnérables de nouvelles techniques de lutte contre les sécheresses	Les conditions de vie des populations des régions vulnérables sont améliorées.	<p>Nombre de techniques de collecte d'eau diffusées.</p> <p>Nombre de variétés résistantes aux aléas climatiques diffusées</p> <p>Nombre et types de technologies de conservation des produits agricoles adoptées et valorisées.</p>	<p>Promotion et vulgarisation de nouvelles techniques de collecte d'eau de pluie et d'irrigation.</p> <p>Vulgarisation de nouvelles variétés précoces et résistantes aux aléas climatiques.</p> <p>Identification et vulgarisation des technologies de conservation des produits agricoles.</p>	<p>MINAGRI MINIRENA</p> <p>MINAGRI ISAR</p> <p>MINAGRI ISAR</p>	<p>2011-2020</p> <p>2011-2020</p> <p>2011-2020</p>

Domaine d'intervention 4 : Conservation de l'eau

N°	Objectifs	Résultats attendus	Indicateurs	Activités	Intervenants	Période
1	Assurer une meilleure utilisation des ressources en eau	Les populations sont sensibilisées sur l'utilisation de nouvelles techniques de collecte d'eau de pluie	Nombre de nouvelles techniques de collecte d'eau de pluie adoptées par la population ; Nombre de séminaires et ateliers de sensibilisation de nouvelles techniques organisés. Nombre de bénéficiaires touchés	Promotion et vulgarisation de nouvelles techniques de collecte d'eau de pluie.	MINIRENA MINAGRI RADA	2011-2014
		Les réservoirs d'eau naturels du pays (Forêts naturelles des Parc National de Nyungwe et Parc National des Volcans) sont réhabilités et protégés	Nombre d'Ha des forêts du PNN et PNV réhabilités ; Lois de protection de ces Parcs mises en place.	Reboisement de tous les espaces du Parc de Nyungwe et du Parc des Volcans dégradés.	MINIRENA RDB NAFA ISAR	2011-2015
		L'érosion hydrique est maîtrisée.	% des terres protégées contre l'érosion. Nombre d'hectares aménagés en terrasses radicales valorisées.	Aménagement et valorisation d'une superficie de 400.000 Ha en terrasses radicales à l'échelle nationale.	MINAGRI RADA DISTRICTS ONG Coopératives	2010-2012

Domaine d'intervention 5 : Gestion intégrée des bassins versants

N°	Objectifs	Résultats attendus	Indicateurs	Activités	Intervenants	Période
1	Assurer une meilleure gestion des bassins versants	Le plan directeur d'aménagement des bassins versants est opérationnel (quatre bassins versants pilotes)	Existence du plan directeur d'aménagement des bassins versants ; Existence des guides sur l'aménagement et l'utilisation des bassins versants au niveau national, de District et local.	Elaboration du plan directeur d'aménagement des bassins versants et évaluation des coûts de sa mise en œuvre ; Déterminer 4 bassins versants pilotes à aménager ;	MINAGRI MINIRENA DISTRICT	2011-2013
2	Responsabiliser les autorités locales, la population et autres partenaires dans l'aménagement et gestion intégrée des bassins versants	Les responsabilités des entités locales, de la population et des partenaires dans la gestion intégrée des bassins versants sont définies et connues	Brochures et guides sur les méthodes et techniques de lutte antiérosives dans les bassins versants sont développés et distribués. Nombre de participants touchés. Tâches et responsabilités claires pour un % d'acteurs	Elaboration d'un guide définissant les responsabilités des acteurs.	MINAGRI MINIRENA DISTRICT REMA	2011-2012
3	Assurer la conservation des terres et l'accroissement des productions agricoles sur 4 bassins versants pilotes	L'érosion hydrique est maîtrisée à 100%.	Pourcentage de terres protégées contre l'érosion ; Nombre d'hectares aménagés en terrasses radicales valorisées sur les bassins versants pilotes	Aménagement et valorisation d'une superficie de 500.000 ha en terrasses radicales sur les 4 bassins versants pilotes.	MINAGRI RADA DISTRICT ONG Coopératives	2011-2013

Domaine d'intervention 6 : Coopération internationale, régionale et sous-régionale

No	Objectifs	Résultats	Indicateurs	Activités	Intervenants	Période
1	Renforcer la coopération régionale et internationale	La participation aux forums internationaux est assurée.	% de forums auxquels le Rwanda a participé. Fonds mobilisés et projets financés.	Préparation des projets à présenter aux forums internationaux, régionaux et sous-régionaux sur la gestion des ressources en eau et les mesures d'adaptation dans ce secteur.	MINIRENA MININFRA MINAGRI Ministère de Gestion des Catastrophes et affaires des Réfugiés.	2011-2015
2	Mobiliser les ressources nécessaires à la mise en œuvre du plan d'action national d'adaptation aux changements climatiques dans le secteur des ressources en eau.	Les tables rondes des bailleurs de fonds sont organisées pour atteindre un plus grand nombre de bailleurs.	Nombre de tables rondes organisées.	Organisation des tables rondes des bailleurs de fonds.	MINIRENA MINAGRI MININFRA	2011-2015

Domaine d'intervention 7 : Recherche et système de suivi-évaluation

No	Objectifs	Résultats	Indicateurs	Activités	Intervenants	Période
1	Renforcement des connaissances de base et développer des systèmes d'information et d'observation pour les écosystèmes aquatiques vulnérables	Un réseau d'observation et de surveillance est mis en place pour suivre l'évolution des écosystèmes aquatiques fragiles	Réseau d'observation en place ; Rapports de suivi de l'évolution des écosystèmes fragiles ; Bases de données sur l'état des ressources en eau.	Renforcement des connaissances de base sur les ressources en eau et leur dégradation.	MINIRENA UNR ORINFOR MEDIA	2011-2015
2	Assurer le suivi du phénomène de dégradation des ressources en eau	Un système de collecte et de diffusion des données sur la dégradation des ressources en eau existe et est fonctionnel	Système d'information mis en place. Données collectées et diffusées.	Développement d'un système de suivi-évaluation et d'une stratégie de communication du plan d'action national d'adaptation aux changements climatiques dans le secteur des ressources en eau.	MINIRENA MININFRA MINAGRI REMA	2011-2015
3	Orienter, planifier et suivre la mise en œuvre du plan d'action national d'adaptation aux changements climatiques dans le secteur des ressources en eau.	Les indicateurs de suivi-évaluation de la mise en œuvre et de l'impact du plan d'action national d'adaptation aux changements climatiques dans le secteur des ressources en eau ont été établis et sont appliqués. Une stratégie de communication est mise en œuvre et l'information circule entre tous les acteurs impliqués dans la gestion des ressources en eau.	Rapports réguliers sur la mise en œuvre du Plan d'action national d'adaptation aux changements climatiques dans le secteur de l'eau ; Orientation/cadres bien définis et distribués aux acteurs ; Fonctions de suivi-évaluation bien définies à tous les niveaux. Existence d'une stratégie de communication ; Circulation de l'information entre les acteurs ; Messages diffusés.	Développement d'un système de suivi-évaluation et d'une stratégie de communication du Plan d'action national d'adaptation aux changements climatiques dans le secteur de l'eau.	MINIRENA MININFRA MINAGRI NISR MEDIA	2011-2015

4.2.6. Mécanismes et moyens de mise en œuvre des mesures d'adaptation aux changements climatiques dans la gestion des ressources en eau

Les secteurs relatifs à l'utilisation de l'eau sont nombreux et les actions, les techniques ou les mesures d'adaptation pour faire face aux changements climatiques varient en fonction de la vulnérabilité des ressources en eau de chaque secteur. Ainsi, des mesures s'imposent pour assurer une meilleure coordination de toutes les actions visant une utilisation efficiente des ressources en eau en vue d'un développement durable du pays.

(i) Les différents niveaux de mise en œuvre des mesures d'adaptation aux changements climatiques dans la gestion des ressources en eau

A l'échelle locale

Les mesures d'adaptation aux changements climatiques dans la gestion des ressources en eau passent par les contrats de performance qui déterminent des actions annuelles que les autorités des Districts, après consultations avec la population, les intervenants et les autorités de base au niveau des villages (Imidugudu), des cellules et des Secteurs administratifs, s'engagent devant le Président de la République du Rwanda à réaliser dans une période d'une année. Cet exercice a prouvé son efficacité et sera utilisé dans le cadre de la mise en œuvre du plan d'action national d'adaptation aux changements climatiques dans le secteur des ressources en eau. Les principales actions qui sont retenues au niveau de chaque District sont notamment :

- La protection des cours d'eau et des lacs contre l'érosion ;
- La collecte des eaux de pluie des toitures des maisons d'habitation et des établissements ;
- L'aménagement de 100 ha de terrasses radicales par an ;
- L'aménagement de fossés antiérosifs et la plantation des arbres agro-forestiers ;
- Le reboisement des surfaces dégradées (60 ha par Secteur administratif, 12 ha par Cellule administrative, 2 ha par agglomération) ;
- La protection des marais ;
- La construction de microcentrales hydroélectriques ;
- Le développement des infrastructures d'alimentation en eau potable et d'assainissement;
- L'aménagement des sources d'eau souterraines.

A l'échelle nationale

Au niveau national, le Ministère ayant les ressources naturelles dans ses attributions sera chargé du suivi et de l'évaluation régulière des réalisations des actions consignées dans les contrats de performance relatifs à la mise en œuvre du présent plan d'action. Tous ceux qui interviennent dans les politiques et programmes du Gouvernement, notamment les Départements ministériels et parastataux, sont concernés et plus particulièrement :

- Le Ministère en charge des ressources naturelles ;

- Le Ministère des Infrastructures qui a en charge l'eau et l'assainissement, l'énergie, les transports et l'habitat;
- Le Ministère de l'Agriculture ;
- Le Ministère des Finances et de la Planification Economique ;
- Le Ministère des Affaires Etrangères qui a en charge la coopération internationale et la mobilisation des bailleurs de fonds ;
- Le Ministère de la Gestion des Catastrophes et des Affaires des Réfugiés ;
- Les projets, Commissions, Offices nationaux dont notamment REMA, NAFA, RADA, RHODA, RDB et RARDA.

(ii) Les mécanismes de concertation et de coordination des actions

La concertation entre les projets et programmes du plan d'action national d'adaptation aux changements climatiques est un passage obligé ; mais elle ne sera viable que si tous les acteurs (l'Etat, les partenaires de coopération, la société civile, les bénéficiaires) lui accordent une crédibilité en tant que cadre d'échanges d'information et de recherche collective sur l'harmonisation des interventions. Cette harmonisation doit avoir lieu autant au niveau des communautés rurales qu'au niveau des Districts, Provinces et Pays.

Pour garantir le bon fonctionnement des cadres de concertation, il est indispensable de préciser les statuts, les objectifs, la composition, l'organisation et le fonctionnement qui devront les régir.

(iii) Les mécanismes financiers

Dans le cadre de la mobilisation des ressources financières en vue de la mise en œuvre du plan d'action national d'adaptation aux changements climatiques dans le secteur des ressources en eau, le Rwanda peut opter pour:

- L'utilisation du Fonds National pour l'Environnement au Rwanda et du Fonds Forestier National;
- Et l'exploitation des sources traditionnelles de financement (budget de développement, ONG,...).

Conclusion

Sous l'effet du réchauffement climatique mondial, l'on devra assister à l'expansion des effets des impacts des changements climatiques au Rwanda, notamment ceux en rapport avec la diminution du niveau des cours d'eau et des lacs, les inondations, les glissements de terrain, l'érosion, les sécheresses rendant plus précaires et instables les conditions de vie des populations des zones vulnérables.

C'est dans ce contexte qu'un plan national d'action d'adaptation à ces différentes catastrophes naturelles ou anthropiques s'avère indispensable pour assurer de meilleures conditions aux populations des zones vulnérables et pour contribuer au développement du pays.

Pour que ce plan d'action réussisse, il faudra mettre en place un système de suivi et d'évaluation efficace pour corriger et orienter les actions entreprises dans le cadre du plan d'action national d'adaptation aux changements climatiques dans le secteur des ressources en eau.

4.3. Agriculture

4.3.1. Situation actuelle du secteur de l'agriculture

Depuis les années 80, le secteur agricole du pays se heurte à une série de contraintes uniques. A cause de sa haute densité de population, les terres restent insuffisantes au moment où la plupart des agriculteurs pratiquent surtout l'agriculture pluviale. La fertilité des sols s'est détériorée avec cette pression démographique sur les terres tandis que l'utilisation des intrants, organiques et non organiques, reste très basse. En plus, beaucoup de terres au Rwanda sont à haut risque d'érosion de part son relief montagneux à fortes pentes. Ces caractéristiques physiques et socio-économiques du pays sont accentuées par la variabilité et le changement saisonniers et interannuels du climat.

Dans le but de remédier à cette situation, la politique agricole encourage les changements dans les techniques de production pour que l'agriculture passe de la phase de l'agriculture de subsistance à celle du marché par des techniques agricoles qui soient modernes et prometteuses. Le pays s'est alors engagé dans une stratégie d'intensification dans laquelle l'accent est mis sur un certain nombre des cultures vivrières stratégiques de haute valeur comme le riz, le maïs, le haricot, la pomme de terre et le blé ainsi que les fruits et légumes.

L'orientation actuelle consiste à accélérer et à promouvoir l'intensification de l'utilisation des intrants et des techniques modernes de production végétale et animale, l'utilisation efficiente des terres et des eaux y compris la collecte des eaux de ruissellement et l'irrigation sur collines, la commercialisation des produits agricoles, et le renforcement des capacités de recherche et des services de vulgarisation.

Avec la Vision 2020, le Gouvernement compte développer et adopter les politiques agricoles basées sur les projets d'irrigation dans les villages et les projets d'agroforesterie intensive en irrigation concernant les cultures céréalières consommant une petite quantité d'eau et gérés par les structures sociopolitiques traditionnelles. Ces politiques ont le double objectif de rétablir la couverture de protection de la biomasse dans les sols désertifiés et dégradés et de réduire la sécheresse conduisant aux migrations vers les zones urbaines. Ainsi, les activités envisagées sont les suivantes :

- 60.650 ha des marais seront aménagés et valorisés en cultures de riz et autres cultures ;
- 156 étangs et 22 réservoirs souterrains seront construits dans le pays pour une petite irrigation ;
- 45.360 ha des terres sur collines seront aménagés pour irrigation.

Le tableau ci-après donne les activités prévues en cas de collecte des eaux de pluie et d'irrigation sur les collines (2009-2020).

Tableau 59: Activités prévues en cas de collecte des eaux de pluie et d'irrigation sur les collines (2009-2020)

STRATEGIE	ACTIVITÉS PRÉVUES	PÉRIODE D'ACHÈVEMENT
INVESTISSEMENT DES ACTIVITÉS SUR LES COLLINES	120 ha de terres des collines seront sous système d'irrigation	Fin 2009
	240 ha de terres des collines seront sous système d'irrigation dans le District de Bugesera	Fin 2009
	Selon les objectifs de EDPRS, 3.000 ha de terres des collines seront sous système d'irrigation	Fin 2012
	Selon les objectifs de la vision 2020, 10.000 ha de terres des collines seront sous système d'irrigation	Fin 2020
	Élaboration du Schéma Directeur d'Irrigation	Le Schéma Directeur d'Irrigation est élaboré pour le pays en 2010

En matière de collecte de l'eau de pluie et d'irrigation, les contraintes et faiblesses rencontrées sont les suivantes :

- Quelques agriculteurs semblent négliger l'intégration de l'agriculture et de l'élevage tout en attendant que RADA continue de leur donner les intrants modernes non remboursables ;
- Quelques associations des utilisateurs de l'eau ne fonctionnent pas convenablement à cause du manque de collaboration des parties après vente ; d'autres ne maximisent pas à temps et régulièrement l'utilisation de l'eau dans les valley-dams ;
- Manque de personnel technique qualifié en matière de gestion des ressources en eau dans certaines zones, et des ressources financières en particulier ;
- Connaissances insuffisantes en matière de planification des projets d'irrigation au niveau national ;
- Manque de données météorologiques et hydrologiques et de données fiables sur l'eau en général ;
- Pratiques d'opération et de maintenance insuffisante;
- Le poids de l'agriculture traditionnelle (sans intrants suffisants ni pratiques en irrigation et sans mesures propres de conservation et de fertilisation des sols) ne peut, à lui-seul, produire assez de revenus pour justifier l'installation des infrastructures d'irrigation et l'investissement en opération et maintenance ;
- Les questions de la propriété foncière (les conflits fonciers et la très petite échelle de production foncière n'encouragent pas les agriculteurs d'investir en matière de gestion de l'eau et des sols) ;

- Rareté de plaines convenables pour l'irrigation dans le pays, excepté les plaines le long des rivières Nyabarongo-Akagera et Muvumba dans la Province de l'Est.

Face à ces contraintes, les solutions ci-après sont proposées par le gouvernement :

- Sensibiliser l'administration locale à encourager les agriculteurs sur l'importance de l'utilisation de l'eau de pluie collectée et des intrants modernes (semences améliorées, fongicides et pesticides) pour augmenter la production ; et
- Former régulièrement les fermiers et les agronomes des Districts sur l'utilisation de l'eau collectée de pluie, les intrants modernes, etc.

4.3.2. Vulnérabilité climatique sur l'agriculture et la sécurité alimentaire

Méthodologie

Par manque de certaines données nécessaires pour lancer le programme des modèles comme par exemple DSSAT et SPUR, le présent travail rassemble seulement les informations sur les activités déjà réalisées par le Ministère de l'Agriculture et des Ressources Animales (MINAGRI) depuis l'édition de la communication nationale initiale relative à la CCNUCC.

Vulnérabilité climatique dans le domaine agricole

Depuis quelques années, il a été remarqué un déplacement des saisons culturales A (Septembre – Décembre) et B (Mars-Mai); mais les vulnérabilités climatiques observées restent presque inchangées dans les mêmes régions, identifiées aussi bien dans la Communication Nationale Initiale que dans le rapport PANA (Programmes d'Action Nationaux d'Adaptation aux changements climatiques). La petite saison sèche (mi-décembre – mi-février) semble disparaître ainsi que le suggère la continuité des pluies jusqu'à la première décade du mois de mai. Ce qui cause actuellement le retard de la Saison B.

Cette perturbation désoriente les agriculteurs sur les dates de semis. De ce fait, ils cultivent tardivement avec risque d'apparition de la saison sèche avant la récolte. Ainsi, on observe la baisse des rendements, l'intensification des maladies des cultures, et la diminution des eaux d'irrigation.

Les inondations récemment observées dans le Nord-Ouest du pays causent la perte de la production vivrière et des déplacements des vies humaines restant sans abri et sans nourriture. Les inondations observées dans les marais de la Nyabarongo et de l'Akanyaru durant les mois d'avril – mai détruisent les cultures.

La sécheresse est le choc le plus souvent rencontré dans le Sud-Est du pays où il se présente comme le facteur important de vulnérabilité. Dans cette région, la diminution des précipitations annuelles de 1000 mm à 700 mm ainsi que les sécheresses prolongées et cycliques conduisent à l'insécurité alimentaire et au déplacement des populations.

L'Institut National des Statistiques du Rwanda, souvent en collaboration avec le Ministère de l'agriculture et de l'élevage, mène des enquêtes par échantillonnage pour déterminer l'état nutritionnel après une longue période (5 ans pour l'EICV et 2 ans pour l'EDS).

Selon l'enquête conduite en 2009 par CFSVA, 21,5% de ménages rwandais sont vulnérables à l'insécurité alimentaire contre 34,6 % en 2006, à cause du manque de produits vivriers et de protéines adéquates. Les femmes en âge de reproduction (15-49 ans) et les enfants de moins de cinq ans sont les plus affectés avec respectivement 7% et 4,6%; les sous-poids représentent 15,8%.

Les sécheresses et les pluies irrégulières affectent 60-90% des ménages notamment dans les Districts de Bugesera, Nyanza, Gisagara, Huye, Rusizi- Nyamasheke ; ce qui entraîne la hausse des prix d'aliments de base.

Parmi cette population vulnérable, des disparités géographiques existent compte tenu des expositions variées liées aux conditions climatiques. Durant la première enquête sur la sécurité alimentaire en 2006, les chocs les plus fréquents (sécheresse) ont affecté sévèrement deux des 13 régions naturelles du Rwanda à savoir :

- Le plateau de l'Est avec 5% de la population affectée et qui a connu les précipitations de l'ordre de 53,3 % de la moyenne des précipitations annuelles en temps normal.
- La région de Bugesera avec 4,8% de la population affectée et qui a connu 30 % de la moyenne des précipitations annuelles en temps normal.

L'évaluation de 2009, présente une autre tendance (pluies extrêmes) ; trois régions à savoir la crête Congo- Nil, la bordure orientale du lac Kivu, et la région du Sud-Est sont les plus vulnérables (carte, figure 32). Ceci s'explique par le fait que les régions de l'Ouest et de la Crête Congo-Nil, ont connu des pluies extrêmes causant l'érosion des sols et des inondations qui ont eu un impact négatif plus significatif que dans d'autres régions. Ces régions sont d'habitude caractérisées par des sols dégradés suite à l'érosion régulière qui s'accroît durant les saisons pluvieuses anormales.

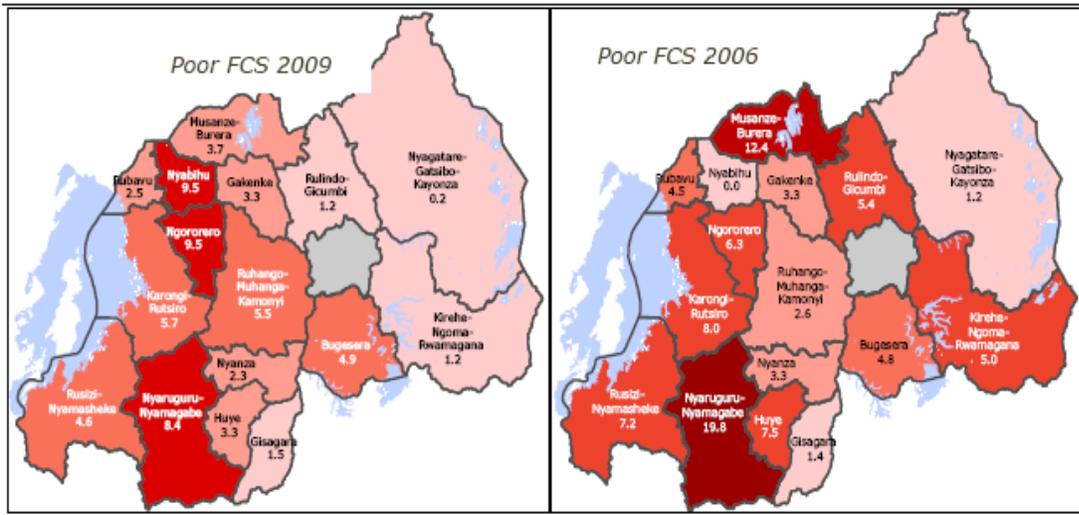


Figure 32: L'insécurité alimentaire par district en 2009
 Source : CFSVA, 2009.

Cette carte montre qu'en terme d'insécurité alimentaire, le Rwanda connaît cinq régions dont la plus vulnérable est la région de la crête Congo-Nil (8,4 -9,5%) dans les Districts de Ngororero, Nyabihu, Nyaruguru et Nyamagabe représentant 14% de la population nationale et 42% de toute la population nationale en insécurité alimentaire.

Vulnérabilité climatique dans le domaine de l'élevage et de la pisciculture

Selon les scénarios climatiques pour le Rwanda, les températures de l'air vont augmenter de 1° à 3°C d'ici l'an 2100. Ceci aura plusieurs implications ci-après :

- Déplacement des saisons sèche et humide et par conséquent du bétail dans la région orientale du pays à la recherche du pâturage et de l'eau ; l'assèchement favorise la déshydratation à la base de la fatigue du bétail ainsi que l'apparition des maladies respiratoires;
- L'apparition des maladies respiratoires et du piétin dans le Nord-Ouest du pays à plus fortes précipitations ;
- Diminution de la production laitière entraînant celle des sources de revenus de la population ;
- Ruissellement important (consécutif à l'assèchement) sur les versants sous cultures entraînant une forte sédimentation dans les lacs où se pratique la pêche.

4.3.3. Projection de la production agricole de 2000 à 2100

Bien que n'ayant pas utilisé le modèle DSSAT, nous nous sommes quand même servis de ses coefficients pour faire une tentative de la projection de la production agricole. Cette dernière semble montrer, parmi les cultures principales choisies, une forte augmentation de superficies de culture des céréales et une légère augmentation de celles de l'arachide. Toutefois, si les températures continuent à monter, la production escomptée pourrait diminuer à moins que

l'irrigation ne soit maximisée. Les résultats donnés dans les tableaux ci-après sont quelque peu douteux car ne montrant pas la simultanéité de croissance et de diminution des surfaces cultivées ; la superficie cultivable étant supposée constante.

Tableau 60 : Estimation du taux croissance annuelle en surface occupée par les cultures

TYPE DE CULTURES	2000	2001-2010	2011-2025	2026-2050	2051-2075	2075-2100
CEREALES						
TAUX DE CROISSANCE ANNUEL (%)		0,9	0,7	0,4	0,3	0,3
SUPERFICIE DES TERRES CULTIVEES, SCENARIO (000 ha)	263.248,000	289.309,552	319.687,055	351.655,760	378.029,942	406.382,188
RIZ						
TAUX DE CROISSANCE ANNUEL (%)		0,9	0,7	0,4	0,3	0,3
SUPERFICIE DES TERRES CULTIVEES, SCENARIO (000 ha)	4.266,000	4.688,334	5.180,609	5.698,670	6.126,070	6.585,525
ARACHIDES						
TAUX DE CROISSANCE ANNUEL (%)		0,9	0,7	0,4	0,3	0,3
SUPERFICIE DES TERRES CULTIVEES, SCENARIO (000 ha)	333.205,000	366.192,295	404.642,486	445.106,735	478.489,740	514.376,470
NB: Taux de Croissance Annuel FAO (1993) selon les notes de Lecture de Joel Smith, 1994.						

Tableau 61: Données de base des cultures (1971-2000)

TYPE DE CULTURES	SUPERFICIE CULTIVEE (000 ha)	SUPERFICIE RECOLTEE (000 ha)	RENDEMENT Kg/ha	PRODUCTION (000 Tonnes)
CEREALES				
SORGHO	17.4195,0		890,0	155.106,0
MAIS	89.053,0		702,0	62.502,0
TOTAL DES CEREALES	263.248,0	0,0	796,0	217.608,0
RIZ				
MARAI	4.266,0			11.564,0
IRRIGUE	30.000,0	20.000,0	4.265,0	127.953,0
TOTAL RIZ	34.266,0	20.000,0	4.265,0	139.517,0
VOLUBILES	333.205,0		646,0	215.347,0
TOTAL DE TOUTES LES CULTURES	630.719,0	20.000,0	5.707,0	572.472,0

Tableau 62: Projections de la production en MT (Scénario de 2000 à 2100)

Culture	2000	2001-2010	2011-2025	2026-2050	2051-2075	2075-2100
Mais	217.608	256.385,746	322.533,268	386.233,588	467.342,642	565.484,597
Riz	11.564	15.252,916	20.400,775	27.898,060	33.198,691	39.506,443
Arachide	215.347,000	279.068,177	37.4090,892	534.949,975	617.867,221	713.636,641

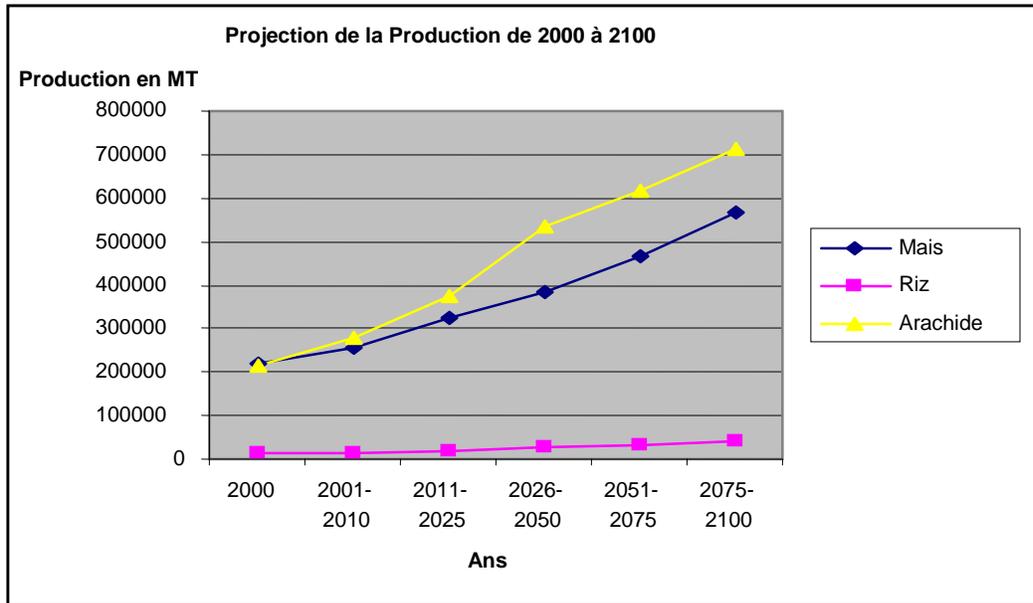


Figure 33: Evolution de la Production de 2000 à 2100

4.3.4. Adaptation aux changements climatiques adoptée par le Gouvernement Rwandais dans les secteurs de l'agriculture, de l'élevage et de la pisciculture

Le Rapport PANA a proposé des actions immédiates et urgentes à entreprendre dans les différents secteurs socio-économiques du pays.

Dans le secteur de l'agriculture, les priorités ci-après ont été identifiées:

- La gestion intégrée des ressources en eau;
- La mise en place des systèmes d'information, d'alerte hydro-agro-météorologique et d'intervention rapide ;
- La promotion des activités génératrices de revenus non agricoles ;
- La promotion de l'agri-élevage intensif ;
- L'introduction des variétés résistantes aux conditions du milieu ;

- Le développement des ressources d'énergie alternatives du bois.

L'EDPRS 2008-2010 a intégré les priorités du PANA et a développé les stratégies et actions suivantes:

- Diversification et intensification de la production végétale, animale et halieutique ;
- Organisation, mobilisation et renforcement des capacités des producteurs et des organisations professionnelles;
- Promotion de l'approche genre, et réduction de la vulnérabilité des groupes défavorisés ;
- Diversification des ressources de revenus et d'emploi des populations rurales ;
- Relation de la production avec le marché, et intégration de l'économie agricole dans l'économie nationale et régionale ;
- Renforcement des capacités des prestataires de service, privatisation et promotion du secteur privé ;
- Gestion durable des eaux, des sols et des ressources naturelles ;
- Création d'un environnement favorable à l'investissement productif, et au développement de l'entreprenariat et de l'emploi dans l'agri- business.

Dans le cadre de la présente étude, nous énumérons ici certaines des stratégies d'adaptation au changement climatique que le Gouvernement pourrait appliquer dans les différents secteurs.

Agriculture

- Investissement dans les systèmes d'alerte rapide et de prévisions saisonnières ;
- Développement des variétés précoces (maïs, haricot, manioc, soja et pomme de terre) qui donnent le haut rendement, résistant à la sécheresse, aux maladies et insectes nuisibles ;
- Introduction des technologies et méthodes améliorées en agriculture ; par exemple l'irrigation sur collines et l'utilisation des engrais non organiques et organiques et le changement des dates de semis suite au déplacement actuel des saisons culturales ;
- Le Programme d'Intensification Agricole (CIP) compte cultiver 150.000 ha pendant la saison culturale 2010B à l'Est et au Nord du pays ;
- Introduction de jardins potagers au niveau des ménages.

Elevage

- Adopter l'élevage en stabulation et donner une vache par famille pour produire de la fumure organique ;
- Développer le petit élevage (chèvres, moutons, lapins et volaille) pour la production de la viande ;
- Appliquer la culture moderne en introduisant la traction animale.

Pisciculture :

- Protection des zones lacustres et des marais en interdisant aux agriculteurs de cultiver dans les 50 m proches du lac et dans les 10 m des berges des cours d'eau pour éviter la sédimentation à cause des cultures pratiquées sur les flancs des collines ;
- Introduction des espèces adaptées de poissons dans les lacs, étangs et rivières.

Conservation des sols :

- Plantation d'arbres;
- Pratique de l'agroforesterie ;
- Pratique des terrassements progressif et radical selon la nature du terrain.

Jusqu'à l'an 2020, le Gouvernement s'est fixé le Programme de réaliser 80% du terrassement radical prévu. Actuellement 6,2 % sont déjà aménagés (Source : RADA). Toutes les terrasses progressives doivent être transformées en terrasses radicales là où c'est possible pour lutter contre l'érosion, les éboulements de terre et les inondations. Un hectare de terrasses radicales peut produire facilement jusqu'à 25 tonnes de pommes de terre.

Les tableaux 63 et 64 ci-après donnent en détail la liste des mesures ou stratégies d'adaptation en cours ou préconisées ainsi que le plan d'action national d'adaptation pour leur mise en œuvre.

Tableau 63: Exemples de mesures d'adaptation aux changements climatiques dans le secteur de l'agriculture

Secteur	Stratégies d'adaptation
Agriculture	<ul style="list-style-type: none"> -Amélioration des techniques de conservation des sols surtout dans les régions de haute altitude (Nord-Ouest du Rwanda et dans les zones de la Crête Congo-Nil) et introduction de l'agroforesterie ; -Introduction de nouvelles variétés culturales surtout précoces, résistantes et adaptées au climat ; -Utilisation des technologies améliorées en agriculture (par exemple cultures irriguées) et intensification de la vulgarisation servant de lien entre le chercheur et l'agriculteur ; -Promotion des activités génératrices de revenus et développement des mutuelles ; -Formation des agriculteurs groupés en associations et coopératives.
Elevage	<ul style="list-style-type: none"> -Promotion de l'élevage en stabulation ; -Aménagement et exploitation des pâturages modernes ; -Amélioration des conditions d'alimentation et d'abreuvement ; -Lutte contre les épizooties et mise en place de la veille sanitaire ; -Promotion des laiteries ; -Appui à la recherche vétérinaire et zootechnique ; -Amélioration du potentiel génétique et développement de l'intégration agriculture/élevage ; -Relance de la filière bétail-viande ; -Appui à l'organisation des professionnels de la filière élevage ; -Appui à la privatisation de la profession zoo-vétérinaire. -Une vache par ménage
Pisciculture	<ul style="list-style-type: none"> - Protection des ressources en eau et des écosystèmes aquatiques ; -Augmentation de la productivité des milieux de pêche à travers l'élaboration et la mise en œuvre des plans d'aménagements intégrés des bassins versants et de la production aquicole par l'utilisation des techniques piscicoles à haut rendement, pisciculture intégrée ; -Restauration des stocks halieutiques ; -Protection de la biodiversité ;

	-Développement de l'initiative privée et professionnalisation des acteurs de la filière poisson.
Conservation des sols	-Intégration des méthodes de lutte antiérosive, de restauration et d'amélioration de la fertilité des sols efficaces adaptées au milieu et aux conditions socio-économiques des bénéficiaires ; -Collecte des eaux de pluies visant à les garder sur l'exploitation et les concentrer dans la zone racinaire afin de satisfaire au maximum les besoins des cultures en eau ; -Constitution d'un plan d'aménagement intégré à l'échelle des bassins versants qui tient compte des particularités des exploitations agricoles familiales ; -Aménagement des zones d'écoulement qui permettra de limiter la vitesse d'écoulement de l'eau, de favoriser sa dérivation lorsqu'elle est très abondante et de stabiliser les ouvrages situés en aval.

Tableau 64: Plan d'action national d'adaptation pour la mise en œuvre des mesures d'adaptation dans le secteur de l'agriculture

Objectifs	Résultats attendus	Indicateurs	Activités	Période	Institutions responsables
1. Développer l'irrigation	L'irrigation collinaire est pratiquée dans les régions vulnérables.	Nombre d'hectares avec irrigation collinaire	-Accroître les pratiques d'irrigation collinaire dans les zones vulnérables -Aménagement des marais	2011-2013	MINAGRI
2. Améliorer les techniques de conservation des sols	La lutte antiérosive est pratiquée dans les régions de haute altitude	La lutte antiérosive est faite à 70%	-Sensibiliser la population sur les pratiques de protection des sols -Construire des retenues d'eau sur collines pour des activités agropastorales -Faire et valoriser les terrasses radicales	2011-2014	MINAGRI/ RADA
3. Assister la population démunie	Le système d'alerte rapide est mis en place	La sécurité alimentaire est améliorée	-Distribuer les semences précoces et résistantes (haricot, maïs, soja et boutures de manioc) -Distribuer le petit bétail (caprins, volaille) -Encadrer la population sur la culture irriguée dans les marais.	Indéterminée	MINAGRI, MINALOC FAO
5. Renforcer le système d'information hydro-agro-météorologique.	Alertes régulières sur les manifestations climatiques	Nombre de bulletins climatologiques publiés par an.	Réhabiliter et équiper 150 stations météorologiques équitablement réparties dans les régions climatiques	2011-2013	MININFRA
		Nombre d'Annuaire hydrologiques publiés par an	Réhabiliter 80 stations hydrologiques et limnométriques endommagées	2011-2013	
		Nombre de publications de données hydrométéorologiques dans les médias par mois.	Impliquer les médias dans la publication des données hydrométéorologiques surtout dans les régions vulnérables.	2011-2013	
		Nombre d'Experts	Recruter et former le personnel qualifié au service	2011-2013	

		travaillant au service météorologique national	météorologique national		
		5 cartes thématiques montrant les régions vulnérables sont élaborées et actualisées chaque année.	Cartographier les phénomènes climatiques dans les régions à risques climatiques	2011-2013	

Conclusion et Recommandations

Depuis les années 80, le secteur agricole du pays se heurte à une série de contraintes uniques. A cause de sa haute densité de population, les terres restent insuffisantes, au moment où la plupart des agriculteurs pratiquent surtout l'agriculture pluviale. La fertilité des sols s'est détériorée avec cette pression démographique sur les terres tandis que l'utilisation des intrants, organiques et non organiques, reste très basse. En plus, beaucoup de terres au Rwanda sont à haut risque d'érosion de par son relief montagneux à fortes pentes. Ces caractéristiques physiques et socio-économiques du pays sont accentuées par la variabilité et le changement saisonniers et interannuels du climat.

Dans le but de remédier à cette situation, la politique agricole encourage les changements dans les techniques de production pour que l'agriculture passe de la phase de l'agriculture de subsistance à celle du marché par des techniques agricoles qui soient modernes et prometteuses. Le pays s'est alors engagé dans une stratégie d'intensification dans laquelle l'accent est mis sur un certain nombre des cultures vivrières stratégiques de haute valeur comme le riz, le maïs, le haricot, la pomme de terre et le blé ainsi que les fruits et légumes.

A cause des aléas climatiques, les projections positives faites sur la production de 2000 à 2100 ne pourraient pas être atteintes. Avec les phénomènes actuels de changement climatique au Rwanda surtout pendant les saisons culturales, la production quelquefois est en baisse ou en hausse. En effet, en matière de vulnérabilité climatique dans le domaine agricole, il a été remarqué depuis quelques années un déplacement des saisons culturales A (Septembre – Décembre) et B (Mars-Mai). La petite saison sèche (mi-décembre – mi-février) semble disparaître ainsi que le suggère la continuité des pluies jusqu'à la première décade du mois de mai. Ce qui cause actuellement le retard de la Saison B.

Cette perturbation désoriente les agriculteurs sur les dates de semis. De ce fait, ils cultivent tardivement avec risque d'apparition de la saison sèche avant la récolte. Ainsi, on observe la baisse des rendements, l'intensification des maladies des cultures, et la diminution des eaux d'irrigation.

Une intervention rapide qui pourrait se faire serait de revoir les débuts des saisons, déterminer les besoins en eau des cultures par saison culturale et par région agro-bioclimatique. Une

sensibilisation auprès des agriculteurs par les services de vulgarisation serait prioritaire pour l'amélioration des systèmes de production et de l'élevage.

Dans les termes de références, il avait été recommandé d'utiliser le programme DSSAT pour faire les projections sur la production jusqu'à l'an 2100. Malheureusement cela n'a pas été le cas suite au manque de données pour lancer le programme et à l'ignorance des solutions alternatives.

Pour améliorer cette situation, il est proposé ici les recommandations suivantes:

- Mise en place d'une base de données sur la production en collaboration avec le Ministère de l'Agriculture et le Ministère de l'Environnement et des Terres et l'Institut National des Statistiques ;
- Continuer la réhabilitation de toutes les stations météorologiques, climatologiques et hydrométéorologiques et faire les observations systématiques suivant les normes de l'OMM ;
- Recrutement et formation du personnel qualifié ;
- Formation des experts nationaux sur l'utilisation des programmes comme le DSSAT Model ;
- Finaliser la carte pédologique du pays et rendre disponible les données nécessaires du sol.

4.4. Forêts

Le couvert végétal qui était très important vers 1960 avec une étendue de 658.500 ha (MINAGRI, Direction des Forêts, 2001) s'est vu réduit au fil des temps jusqu'à atteindre 240.746 ha en 2007 (National Forest Inventory by NUR- CGIS & MINITERE). Ce qui représente une diminution d'environ 63%. A ce rythme, si rien n'est fait, on assistera à la disparition totale de la forêt avec toutes les conséquences négatives que cela implique. Nous sommes donc obligés de prendre des mesures correctives et préventives pour lutter contre ce fléau causé par la déforestation et les changements climatiques.

Pour la réalisation de ce travail, les modèles WINGAP et HOLDRIDGE sont recommandés pour faire les projections. Malheureusement, le manque de données nécessaires a conduit à l'échec dans l'application des modèles de simulation et dans l'estimation de l'incertitude comme recommandé par le document guide du GIEC.

4.4.1. Types de végétation du Rwanda

Le Rwanda est caractérisé par 17 types de végétation dont les six principaux sont les suivants:

- La forêt pluviale de montagne dans la Province de l'Ouest (Cyamudongo, Gishwati, Mukura et Nyungwe) située à 1500-3000 m ;
- La forêt dégradée submontagneuse autour des forêts Cyamudongo, Gishwati, Mukura et Nyungwe trouvées dans la Province de l'Ouest à 1500-2000 m ;
- La savane herbeuse avec *Brachiaria platynota* et différents types de cultures dans le plateau central à 1600-2000 m ;

- Les savanes de basse altitude avec *Themeda triandra* et *Hyparrhenia filipendula* avec des zones de *Loudetia simplex*, la forêt xérophile sur les pentes et la forêt mésophile dans les vallées des Provinces de l'Est et du Sud (Akagera, Amayaga, Bugesera et Umutara) à l'altitude de 1300-1600 m ;
- La végétation marécageuse de moyenne et de haute altitudes à 1300-2500 m ; et
- La végétation alpine et subalpine des terrains volcaniques à 3000-4500 m.

4.4.2. Principales espèces d'arbres dominants

Au Rwanda, les forêts produisent beaucoup de produits de bois et de non bois et autres services de bénéfice direct à l'humanité. Les Rwandais utilisent le bois pour divers usages : combustible, charbon, construction, mobilier, etc.

Les arbres et les arbustes sont également importants pour leur remarquable rôle dans l'amélioration de notre bien-être: milieu de vie, productivité des sols, climat, protection des ressources en eau, et séquestration de dioxydes de carbone.

Au Rwanda, il est reconnu que l'Eucalyptus et le Pinus sont des principales espèces d'arbres d'importance socio-économique tandis que le *Grevillea* vient en tête en agroforesterie.

En vue d'évaluer la vulnérabilité aux changements climatiques des forêts et de la foresterie, nous avons choisi ces trois espèces d'arbres pour faire les projections. Il est évident que la mauvaise gestion de ces espèces d'usage multiple peut causer des effets négatifs remarquables sur l'espèce humaine et spécialement affecter les forêts.

De l'autre côté, la vulnérabilité au changement climatique peut être constatée si ces espèces ne peuvent pousser, ou se déplacer d'une zone à une autre, à cause de la variabilité et des changements climatiques

4.4.3. Estimation de la vulnérabilité aux changements climatiques des forêts

Les forêts subissent des pressions qui conduisent aux changements dans leurs structure, composition, et fonction, lesquels sont, non seulement causés par le climat mais aussi par les facteurs socio-économiques. Par contre les facteurs politiques agissent notamment dans l'utilisation et le changement d'affectation des terres.

Sous des conditions de changements climatiques futurs, la hauteur et la distribution des pluies ainsi que la forte évapotranspiration pendant la période végétative vont limiter l'existence des conditions bioclimatiques de ces trois espèces d'arbres dans les zones plus basses (zones planaires et collinaires). Par contre, dans les zones plus élevées, les autres facteurs tels que les vents extrêmes et les inondations vont affecter les forêts. Ces dernières sont influencées par le climat qu'elles influencent en retour. L'effet des forêts sur le climat se manifeste directement de l'échelle locale à l'échelle régionale, à travers leur mode caractéristique d'absorption de la radiation solaire, de

l'évaporation de l'eau, de la rugosité superficielle, et aussi indirectement, à l'échelle globale, à travers le carbone qui est séquestré ou émis (UNEP/IVM Handbook of forest).

Au Rwanda, les facteurs détériorant la vulnérabilité des forêts et de la foresterie aux changements climatiques seront :

- Un déplacement dans l'aire géographique favorable à la forêt: ce facteur est seulement contrôlé par le climat. D'après le scénario, on observe que le Pinus va disparaître dans les hauteurs en 2100 ;
- L'inadaptation: les changements climatiques seront de grande magnitude et les forêts ne s'adapteront pas. Par exemple, certaines graines ne pourront germer dans certaines régions ;
- Les maladies des forêts : les conditions climatiques défavorables deviendront la cause de la dégradation et des maladies des forêts. Par exemple, dans les basses terres, les températures élevées vont diminuer le potentiel d'entrée de l'air dans les sols et causer des maladies des racines ;
- Le stress anthropique: à cause de la perturbation des conditions climatiques, la population va être exposée et va ainsi se réfugier dans la forêt où elle va exploiter leurs produits et services, réduire l'étendue des forêts, dégrader la composition des espèces, diminuer les réserves forestières et sa capacité de production, et modifier la composition de l'âge des forêts ;
- Les incendies: les conditions plus sèches vont entraîner une augmentation des incendies et des pertes en biomasse et en carbone du sol. Comme la température va s'accroître au cours des années, nous nous attendons aux incendies comme cela fut le cas dans les Parcs Nationaux de l'Akagera, de Nyungwe (à cause de l'apiculture) et récemment en 2010 dans le Parc des Volcans ;
- Les activités des agents abiotiques nuisibles (vents extrêmes, inondations et sécheresses): au Rwanda, les étendues des forêts supramontagneuses dans les Provinces du Nord et de l'Ouest représentent les régions les plus exposées. Les écosystèmes les avoisinant sont moyennement menacés (plantations) ;
- Les activités des agents biotiques nuisibles (insectes): parmi les agents biotiques nuisibles, les insectes qui dévorent les feuilles et attaquent les écorces d'arbres prédominent dans la zone planaire et collinaire. Ceci fut le cas au Bugesera dans les années 1998 -2002, à cause de l'augmentation de la température et de la faible humidité du sol, favorable à la croissance des insectes nuisibles dans cette région ;
- La disparition du couvert forestier: le changement climatique va occasionner d'une part l'augmentation des températures de l'air, la dessiccation des sols et la baisse des pluies, et d'autre part menacer les forêts et provoquer la dégradation des terres, l'érosion des sols et les glissements de terrain.

Ces changements vont affecter les systèmes socio-économiques qui dépendent de la foresterie : perte ou gain de turnover, revenue d'exportation, emplois, accès au bois énergie, matériau de construction, et autres produits de forêts. Ils vont aussi avoir des conséquences sur les espèces dépendant des forêts et sur le rôle de l'écosystème dans sa fonction de maintenance de l'approvisionnement régulier en eau potable. La modification de ces conditions bioclimatiques va menacer la structure des

communautés existantes et l'occurrence des espèces d'arbres, spécialement le *Grevillea*, le *Pinus* et l'*Eucalyptus*.

Les tableaux ci-après montrent le comportement des arbres de la savane dans les basses et hautes altitudes. Les espèces d'arbre en question peuvent être favorables dans les hautes altitudes parce que leurs températures de croissance (*Pinus* 19 – 21°C, *E. maidenii*: 18 – 22°C, *E. globulus*: 12 – 18 °C) sont comprises dans l'intervalle des températures de croissance. Ainsi, le *Grevillea* (14 – 30 °C) ne sera pas affecté aussi bien dans les moyennes que dans les hautes altitudes.

En tenant compte des variations de température au cours des années (2010 - 2100), il n'y aura pas un déplacement significatif dans la distribution des forêts parce que beaucoup d'espèces vont rester dans l'intervalle de leur température de croissance. Toutefois, les autres facteurs tels que l'inadaptation, les maladies des forêts, les incendies, la disparition du couvert forestier, et les activités des agents abiotiques nuisibles qui conduisent à la vulnérabilité forestière doivent être contrôlés.

Tableau 65: Savane de basse altitude (Akagera, Amayaga, Bugesera et Umutara)

Année	2010	2030	2050	2075	2100
Temp. max. en °C	26.7	27.4	28	28.7	29.2
E. camaldulensis Intervalle de croissance 22 – 41°C	Favorable	Favorable	Favorable	Favorable	Favorable
Grevillea Intervalle de croissance 14-30 °C	Favorable	Favorable	Favorable	Favorable	Favorable
Pinus Intervalle de croissance 14-22°C	Non fav. (déplacement de forêt)				

Tableau 66: Haute altitude (Buberuka, zone de lave, crête Congo- Nil)

Année	2010	2030	2050	2075	2100
Temp. max.	20.2	20.7	21.3	22	22.5
E. maidenii Intervalle de croissance 18 -22 °C	Favorable	Favorable	Favorable	Favorable	Favorable
Grevillea Intervalle de croissance 14-30 °C	Favorable	Favorable	Favorable	Favorable	Favorable
Pinus Intervalle de croissance 14-22°C	Favorable	Favorable	Favorable	Favorable	Not favorable

4.4.4. Stratégies et plan d'action national d'adaptation et de réduction de gaz à effet de serre dans le secteur de la forêt

Il est évident que seule, ni l'adaptation ni la réduction des gaz à effet de serre ne peut empêcher tous les effets des changements climatiques. L'adaptation et la réduction des gaz à effet de serre peuvent se compléter l'un l'autre et ensemble peuvent réduire de façon significative les risques de changement climatique.

Ceci inclut les stratégies ci après: afforestation, reforestation, gestion de forêts, déforestation réduite, gestion des produits de bois coupé, utilisation des produits forestiers (bioénergie) en remplacement du pétrole, amélioration des espèces d'arbres pour augmenter la productivité de la biomasse et la séquestration du carbone, technologies améliorées de télédétection pour l'étude de la végétation, du sol, du potentiel de séquestration de carbone et pour la cartographie de l'utilisation et du changement d'affectation des terres.

Le tableau ci-après donne le plan d'action proposé pour la mise en place des options d'adaptation et de réduction des gaz à effet de serre dans le secteur de la foresterie. Il est important de savoir que beaucoup de ces actions sont en cours et vont réussir à cause de la forte volonté politique. En effet, elles sont incluses dans différents programmes de développement (Vision 2020, EDPRS, VUP,) et dans les plans stratégiques des institutions concernées (MINIFOM, MININFRA, MINAGRI).

Tableau 67: Plan d'action pour l'adaptation et la réduction des GES dans le secteur de la foresterie

Identification: mesure/politique	Objectif et / ou activité affectés	Temps projeté	Type d'instrument	Entité(s) de réalisation	Obstacles / Risques
Protection du sol	Augmentation du stock du carbone du sol (100% terrassement radical)	2017	Réglementation	Environnement Agriculture Administration	Diminution dans les plantations des forêts
Réglementation et valorisation de l'extraction du bois/constr.	Réduction de la surface définitivement déforestée	2017	Réglementation	Foresterie Administration	Faible engagement de tous les partenaires
Afforestation de la surface non forestière	Augmentation des puits de GES	2017	Réglementation	Foresterie Environnement Agriculture Administration	-Budget -Catastrophes naturelles
Changement de composition des espèces d'arbres	Séquestration de carbone dans la biomasse des arbres de la forêt (augmentation du stock d'unités carbone) Et augmentation de l'adaptabilité de la forêt au changement climatique	2015	Technique	Foresterie	Politiques critiques
Augmentation de	Remplacement des	2013	Réglementation	Foresterie	-Budget

Identification: mesure/politique	Objectif et / ou activité affectés	Temps projeté	Type d'instrument	Entité(s) de réalisation	Obstacles / Risques
l'utilisation de l'énergie autre que le bois	combustibles fossiles par les sources d'énergie renouvelables		tation&Economie	Energie Administration	-Pas de sources alternatives d'énergie -Echec des Infrastructures
Renforcement de la diversité génétique et des espèces des forêts	Renforcement de l'adaptabilité des écosystèmes forestiers au changement climatique	2015	Technique	Agriculture Foresterie Education Environnement ISAR, IRST,..)	-Budget -Capacité d'exécution -conception complexe (complexité technique)
Adaptation des technologies d'extraction et de production aux exigences environnementales	Réduction des surfaces définitivement déforestées	2015	Technique	Foresterie Environnement Education ...	-Budget -Echec des infrastructures
Changement de l'influence hydrique des forêts	Contrôle régulier et évaluation des éléments hydrologiques et climatiques	2017	Technique	Eau Foresterie RURA	-Engagement du Gouvernement /Volonté politique
Renforcement des lois existantes	Renforcement de la conscience du public	2013	Réglementation	Foresterie Environnement Administration	-Echec de partenariat
Stratégies et priorités de la recherche, stratégies d'extension et de regroupement	Harmoniser et renforcer la recherche en agroforesterie et développement des programmes	2013	Réglementation	Foresterie, Environnement, Education ISAR IRST	-Budget, -Vision stratégique, planification et communication -Echec de coordination

Conclusion et recommandations

Le couvert végétal qui était très important vers 1960 avec une étendue de 658.500 ha (MINAGRI, Direction des Forêts, 2001) s'est vu réduit au fil des temps jusqu' à atteindre 240.746 ha en 2007 (National Forest Inventory by NUR- CGIS & MINITERE). Ce qui représente une diminution d'environ 63%. A ce rythme, si rien n'est fait, on assistera à la disparition totale de la forêt avec toutes les conséquences négatives que cela implique. Nous sommes donc obligés de prendre des mesures correctives et préventives pour lutter contre ce fléau causé par la déforestation et les changements climatiques.

Au Rwanda, l'Eucalyptus et le Pinus sont les principales espèces d'arbres d'importance socio-économique recommandées, de même que le *Grevillea* en agroforesterie. Ainsi, en vue d'évaluer la vulnérabilité aux changements climatiques des forêts et de la foresterie, ces trois espèces d'arbres ont été choisies pour faire les projections.

Malheureusement, les modèles WINGAP et HOLDRIDGE recommandés n'ont pu être utilisés par manque de données. Toutefois, sous des conditions de changements climatiques futurs, la hauteur et la distribution des pluies ainsi que la forte évapotranspiration pendant la période végétative vont limiter l'existence des conditions bioclimatiques de ces trois espèces d'arbres dans les zones plus basses (zones planaires et collinaires). Par contre, dans les zones plus élevées, les autres facteurs tels que les vents extrêmes et les inondations vont affecter les forêts.

Au Rwanda, les facteurs détériorant la vulnérabilité des forêts et de la foresterie aux changements climatiques seront : un déplacement dans l'aire géographique favorable à la forêt, l'inadaptation, les maladies des forêts, le stress anthropique, les incendies, les activités des agents biotiques (insectes) et abiotiques nuisibles (vents extrêmes, inondations et sécheresses), et la disparition du couvert forestier.

Ces changements vont affecter les systèmes socio-économiques qui dépendent de la foresterie : perte ou gain de turnover, revenu d'exportation, emplois, accès au bois –énergie, matériau de construction, et autres produits de forêts. Ils vont aussi avoir des conséquences sur les espèces dépendant des forêts et sur le rôle de l'écosystème dans sa fonction de maintenance de l'approvisionnement régulier en eau potable. La modification de ces conditions bioclimatiques va menacer la structure des communautés existantes et l'occurrence des espèces d'arbres, spécialement le *Grevillea*, le Pinus et l' *Eucalyptus*.

La plus grande recommandation concernant le cadre organisationnel est la création d'un comité national de coordination en Agroforesterie par le Gouvernement Central pour la mise en place de ses politiques.

4.5. Santé

4.5.1. Impact des changements climatiques sur la santé humaine

Le Rwanda n'est pas à l'abri des catastrophes et chocs naturels liés au climat depuis le début du dernier siècle tels que l'ont constaté les experts du GIEC et cela à cause de l'augmentation de la température à la surface du globe.

L'une des manifestations de ces catastrophes est l'impact qu'ils entraînent sur le secteur de la santé en causant des maladies transmissibles telles que le paludisme, le choléra et les maladies d'origine hydrique ainsi que les maladies non transmissibles telle que la méningite.

En 2008, il y a eu plus de cinq millions de nouvelles consultations de patients au Rwanda. De ces consultations il est apparu que les principales causes de consultations de patients étaient des infections pulmonaires (34,1 %), la malaria/ paludisme (11,3%) ainsi que des maladies liées au manque d'hygiène (10,5%), lesquelles peuvent en grande partie être empêchées par l'amélioration de l'hygiène et le changement de comportement.

Toutefois, les causes principales de la mortalité dans toute la population sont le SIDA avec ses maladies opportunistes ainsi que la malaria grave. Les deux maladies comptent à elles seules plus de 35% de cas de mortalité. Parmi les enfants de moins de 5 ans, les infections pulmonaires, la diarrhée, la malnutrition et la prématurité liée aussi à la malaria sont les causes principales de la mortalité.

Ces catastrophes se manifestent encore par une prévalence de la malnutrition chez les individus habituellement victimes d'autres chocs tels que l'extrême pauvreté, les maladies chroniques, le manque de terres cultivables et le manque d'autres sources de revenus.

Le paludisme

Le paludisme continue de peser sur la santé et le développement national. Malgré une nette réduction de la mortalité et de la morbidité du paludisme au cours de 2007, la malaria reste la deuxième cause de mortalité et est responsable des 23,27% des décès enregistrés dans le pays, dont 11,5% de malaria sévère. Alors que cette maladie est évitable et facile à traiter, elle touche particulièrement les femmes enceintes et les enfants de moins de 5 ans.

Etant donné que les différents scénarios faits par les Experts du GIEC (projections d'ici 2080) prévoient une augmentation future de la température et par conséquent de la malaria dans toute la région (Afrique de l'Est), il est donc impérieux pour le Rwanda de mettre en place un système de prévention plus efficace afin de continuer à bénéficier de sa situation actuelle, somme toute positive. Ceci implique qu'au niveau du Rwanda et de toute l'Afrique de l'Est des investissements dans le secteur de la santé devraient augmenter pour prévenir l'accroissement de cette prévalence.

Dégâts matériels et humains occasionnés par l'érosion, les inondations et les glissements de terrain

L'érosion, les glissements de terrain et les inondations sont les autres catastrophes affectant la santé humaine à cause des changements climatiques au Rwanda. Les régions à haut risque d'inondation et de glissements de terrain sont celles à plus fortes fréquences de précipitations quotidiennes de plus de 50 millimètres. Ces régions caractérisées par des pluies extrêmes sont situées dans les provinces montagneuses du Nord, de l'Ouest et du Sud.

Ces catastrophes n'ont cessé d'occasionner des dégâts matériels et humains avec d'autres conséquences négatives sur la production agricole et l'économie nationale en général.



Figure 34: Inondations à Bigogwe, District de Nyabihu, le 12 Septembre 2007

Ainsi que nous l'avons vu plus haut (4.2. Ressources en eau), des inondations imprévues dues à des pluies anormalement importantes ont causé à Bigogwe d'importantes pertes en vies humaines et matérielles, mais aussi en biodiversité.

Les maladies tropicales négligées

Les infections des maladies parasitaires et bactériennes tropicales négligées représentent un des plus grands fardeaux économiques et de santé éprouvés par les Rwandais. La cartographie de ces maladies a indiqué que 65% de Rwandais sont atteints par des vers intestinaux (helminthes transmis par le sol, la schistosomiase, et les filariais).

Cette cartographie présente trois régions:

- Ouest: haute prévalence: >70%;
- Est : prévalence modérée: entre 70-50%;
- Centre : faible prévalence : < 50%

La région de l'Ouest présente la plus grande prévalence car elle est caractérisée par de fortes précipitations et des sols plus perméables qui favorisent l'infiltration des eaux contaminées par

les pathogènes qui ont pu survivre suite à cet environnement favorable. Une étude plus poussée pourrait analyser la qualité des eaux des sources de la région pour évaluer tous les paramètres biochimiques et leur niveau de potabilité.

Le choléra

Le choléra est une maladie dévastatrice et parfois mortelle causée par la bactérie *Vibrio cholerae* et qui se transmet généralement par le biais de l'eau contaminée. Il provoque une infection gastro-intestinale aiguë avec une période d'incubation de 2 à 6 jours.

Les Experts en santé environnementale et en changements climatiques s'accordent sur les vraies causes de cette maladie. Il s'agit de la contamination de l'eau de consommation causée par les extrêmes climatiques (déficits hydriques ou pluies excédentaires), les guerres qui occasionnent les déplacements et les camps de réfugiés sans systèmes d'assainissement, ainsi que la pauvreté. C'est pour cela que cette épidémie continue de sévir dans les pays d'Asie, du Moyen orient, de l'Amérique Latine et de l'Afrique subsaharienne y compris le Rwanda.

Alors que la première évaluation de la vulnérabilité du secteur de la santé (2004) parlait de la prévalence du choléra dans les régions du Sud-Ouest et du Nord du Rwanda suite à la contamination des sources d'eau de consommation par les pluies extrêmes, l'évaluation récente (2006-2008) la signale également dans d'autres régions comme la région plus sèche de l'Est. Un cas exceptionnel a été signalé dans la ville de Kigali.

Selon le rapport de TRAC (2008) et de l'OMS, les cas de choléra au Rwanda sont sporadiques et ont évolué de 338 en 2006, à 894 en 2007 pour tomber à 425 en 2008. Si en 2006 il n'y a pas eu de morts, par contre, il y a eu 17 morts en 2007 et 20 morts en 2008. L'analyse climatique montre que ces cas correspondent aux saisons sèches pour la région de l'Est déficitaire en pluviométrie et aux périodes d'inondation pour les régions du Nord-Ouest dont les précipitations sont souvent supérieures à la moyenne nationale.

Tableau 68: Synthèse sur les types de maladies liées aux changements climatiques

Catégories de maladies	Maladies	Manifestation des phénomènes climatiques	Régions de prédilection	Catégories sociales les plus affectées	Tendance actuelle
Maladies hydriques	Paludisme	Inondation, forte chaleur	Tout le pays, surtout : -Est (1000-1500m d'altitude) ;- Plateau central aux alentours de zones marécageuses (entre 1675-1862 m d'altitude).	-Enfants de moins de 5 ans ; - Les femmes enceintes	En diminution
	Parasites intestinaux (Diarrhées)	Contamination des eaux lors des inondations ; Manque d'hygiène suite au déficit hydrique lié à la sécheresse	Tout le pays mais plus particulièrement les régions de l'Est, de l'Ouest et des laves(Nord)	- Enfants de moins de 5 ans ; -Les femmes enceintes	Stationnaire
	Choléra	-Inondation ; -Déficit hydrique	- Bordure du Lac Kivu ; - Région des Laves ;- Périphéries de la Ville de Kigali ; -Plateau de l'Est.	Toutes catégories	Sporadique
Maladies liées à la chaleur	Méningite cérébro-spinale	Forte chaleur ; Sécheresse	Plateau central et Plateau de l'Est	Toutes catégories	Sporadique
	Maladies Cardio-vasculaires et cérébro-vasculaires	Forte chaleur, sécheresse	Savanes de l'Est	Vieillards	Sporadique
Maladies respiratoires	Bronchite aiguë, Bronchiolite	Forte chaleur, sécheresse	Tout le pays	Toutes catégories	Stationnaire
Pneumonies		Forte chaleur, sécheresse	Tout le pays	Enfants et vieillards	En baisse
Asthme		Chaleur, sécheresse	Tout le pays	Enfants, vieillards	En baisse
Insécurité alimentaire	Malnutrition	Sécheresse ; Inondation ; Eboulements	-Bugesera ; -Crête Congo Nil ; -Sud du Pays ; - Savanes de l'Est	Enfants de moins de 5 ans	Stationnaire
	Anémie	Sécheresse ; Inondation ; Eboulements	Tout le pays: surtout Ville de Kigali Région de l'Est	-Enfants de moins d'un an ; - Femmes	Evolutive
Victimes des inondations et des glissements de terrain.	Catastrophes naturelles	Inondations Glissements de terrain	Régions du Nord, de l'Ouest et du Sud.	Toutes catégories de personnes habitant les maisons perchées sur les hautes collines fragiles et les vallées.	Sporadique

4.5.2. Investissements publics dans le secteur de la santé et impact des changements climatiques sur l'économie nationale

Investissements publics dans le secteur de la santé

L'objectif global de l'investissement public dans le secteur de la santé est d'améliorer l'accès financier aux services de santé. Ceci contribue à la protection de la population contre le risque financier et le piège de la pauvreté médicale. La proportion du budget total –Minisanté par rapport au budget total national est restée inférieure à 10% de 2002 à 2007 à l'exception de 2006 avec 13%. Le taux de croissance moyen tourne autour de 5%.

Quant aux dépenses individuelles, les cibles pour les dépenses publiques annuelles par habitant à allouer à la santé ont été estimées à 16\$ en 2009, (14,1\$ en 2006 et 11,3\$ en 2008).

Les projections du scénario socio-économique indiquent une incidence positive sur l'évolution du PIB si l'on considère le taux de croissance du PIB ainsi que celui des secteurs clés qui le constituent : l'agriculture, l'élevage, la foresterie, la pêche, l'électricité, l'eau et l'assainissement, le commerce, les services et le transport.

Si le taux d'accroissement naturel de la population évolue comme prévu de 2,7% en 2010 à 1,4% en 2100, le taux de croissance du PIB restant supérieur à 8% avec plus de 5,9% dans le secteur agricole et plus de 15% dans le secteur des services et industries, l'évolution du PIB restera aussi positive. Mais le budget global pour l'adaptation devra augmenter continuellement pour faire face à la vulnérabilité de ces secteurs suite aux changements climatiques.

4.5.3. Identification des options d'adaptation les plus appropriées pour le secteur de la santé au Rwanda

Il est possible de trouver des mesures d'adaptation aux phénomènes de changements climatiques qui affectent le secteur de la santé humaine même si certaines sont très chères.

Bien plus, certaines sont déjà intégrées dans les stratégies nationales en cours d'exécution (EDPRS, Stratégies sectorielles du Secteur de la santé) d'autres sont exécutées avec peu d'attention, tandis que d'autres sont à planifier de nouveau.

Tableau 69: Options d'adaptation les plus appropriées dans le secteur de la santé

Catégories de maladies	Stratégies en cours	Stratégies à renforcer	Nouvelles stratégies ou options	Observations
Toutes les catégories de maladies	Accroître les capacités des populations à adhérer aux systèmes de mutuelles de santé.	<p>Un système d'information, d'alerte hydro-agro-météorologique a besoin d'être renforcé par :</p> <ul style="list-style-type: none"> -La réhabilitation et la création de nouvelles stations hydrométéorologiques, - Le recrutement du personnel en quantité et qualité suffisante au service météorologique national, - La confection de cartes de risques qui permettraient de cartographier les régions les plus exposées aux diverses intempéries et d'aviser à temps les populations à ne pas s'y installer ou à ne pas faire des investissements risqués. 		<p>A la fin de l'année 2008, 91% de la population adhéraient aux systèmes de mutuelles de santé au niveau national (y compris RAMA, MMI, et les autres systèmes privés).</p> <p>Le centre météorologique national reste mal équipé et mal pourvu en ressources humaines pour la collecte, le suivi et la publication des données de prévision météorologique.</p>
	Institutionnalisation d'un système d'éducation, formation et sensibilisation.			<ul style="list-style-type: none"> -Les animateurs de santé existent dans toutes les cellules du pays et aident la population à se prévenir contre les maladies évitables. -Les Programmes PHAST⁵ et HAMS⁶ ont été institutionnalisés dans toutes les structures sanitaires et dans toutes les écoles.
	Accroître l'accessibilité géographique aux services sanitaires			<p>A la fin de l'année 2008, environ 77% de la population faisaient moins de 5 km pour arriver au centre de santé (World Bank Rwanda Country Status Report, 2009).</p>
			Renforcement des	

⁵ Participatory Hygiene and Sanitation Transformation

⁶ Hygiène et Assainissement en Milieu Scolaire

Catégories de maladies	Stratégies en cours	Stratégies à renforcer	Nouvelles stratégies ou options	Observations
		capacités professionnelles du secteur de la santé		dispose pas d'assez de professionnels spécialistes de la santé environnementale.
Les maladies hydriques	La réalisation de l'ODM ⁷ N°6 : a été intégrée dans l'EDPRS et sera particulièrement mise en œuvre par les institutions chargées du secteur de la santé aussi bien nationales que décentralisées. - L'utilisation de moustiquaires imprégnées, - L'éradication des gîtes de moustiques, - La démoustication à l'échelle nationale.			-La première stratégie nationale de traitement du paludisme est la préventive suivie de la curative pour éliminer complètement les nouvelles infections causées par le parasite du falciparum d'ici 2013. Cependant le pays se heurtera au problème du voisinage avec les pays connaissant une haute endémicité du parasite. En 2009, 58% et 64% respectivement d'enfants et de femmes enceintes dormaient sous une moustiquaire imprégnée.
		L'utilisation des latrines améliorées et la culture de lavage des mains après les toilettes dans les ménages et toutes les institutions.		Actuellement la majorité des ménages rwandais n'utilisent pas les latrines améliorées (55%) et le lavage des mains après les toilettes est aussi à un taux très bas : 34%.

⁷ Objectif de Développement du Millénaire

Catégories de maladies	Stratégies en cours	Stratégies à renforcer	Nouvelles stratégies ou options	Observations
Insécurité alimentaire	La réalisation de l'ODM N°1 : Eradiquer l'extrême pauvreté et la faim a été intégrée dans l'EDPRS et sera mise en œuvre par toutes les institutions concernées : agriculture, santé, commerce et affaires.	<ul style="list-style-type: none"> -Enrôler tous les enfants dans les centres de Développement de l'enfance (ECD) où la nutrition, la santé et l'éducation sont intégrées. - Vulgariser à outrance la disposition des jardins potagers pour chaque ménage du monde rural et de l'urbain. - Créer des emplois non agricoles dans les régions vulnérables aux changements climatiques affectant la production agricole. - Accroître l'agriculture irriguée à grande échelle. - Relancer les techniques de stockage, de transformation et de conservation des produits alimentaires (Stock de sécurité alimentaire dans chaque secteur administratif). 	<ul style="list-style-type: none"> - Lancer un système d'information sur les marchés agricoles et aider les agriculteurs à adhérer au circuit : production, transformation, commercialisation . - Faire le suivi régulier de l'état de malnutrition dans chaque district et freiner les migrations des campagnes vers les villes par la création de nouveaux emplois dans les régions les plus vulnérables. 	<ul style="list-style-type: none"> -Actuellement le taux d'enrôlement dans les centres de développement de l'Enfance est de 3% ; ils sont à majorité pilotés par les organisations privées ; la nouvelle politique gouvernementale est d'investir beaucoup pour le développement de l'enfance. - Actuellement le % de la population active employée dans le secteur non-agricole est de 13% (grande pression sur la terre agricole et la vulnérabilité que connaissent les populations vivant de ce métier en cas d'aléas climatiques). - l'EDPRS envisage l'accroissement des superficies irriguées de 15,000 ha en 2008 à 24000 ha en 2012, mais cela devra aller ensemble avec la collecte, la conservation et l'utilisation des eaux de pluie - Il existe des petites unités de transformation de quelques produits alimentaires comme le manioc, le maïs, le soja, le sorgho. Il en faut autant pour les denrées les plus consommées comme la pomme de terre, la patate douce et le haricot.
Les victimes des inondations et glissements de terrains		Favoriser l'habitat planifié dans les agglomérations qui évitent les zones inondables et à fortes pentes à haut risques de glissements de terrain. (Musanze, Nyamasheke, Rusizi, Nyabihu and Rubavu)		L'habitat en agglomération rurale (Imidugudu) est de 17%, celui urbain dans les quartiers lotis est d'environ 15%. Ces taux encore très bas reflètent le danger que courent toutes les populations qui restent toujours exposées aux calamités de glissements de terrain surtout dans les régions du Nord-Ouest où l'habitat reste perché sur les hautes collines fragiles.

Conclusion et recommandations

Certaines maladies à transmission vectorielle devraient être plus fréquentes et plus répandues géographiquement sous l'effet du réchauffement mondial.

D'après une étude des effets du climat sur les maladies infectieuses dans les régions actuelles à risque (GIEC, 1997), étude reposant sur un éventail de scénarios MCG, on doit craindre une hausse du potentiel épidémique de 12 à 27 % pour le paludisme et de 31 à 47 % pour la dengue et une hausse de 11 à 17 % pour la schistosomiase.

L'incidence des maladies infectieuses d'origine hydrique ou liées à l'eau, déjà responsables de la plupart des épidémies dans la région, devrait également augmenter puisque la hausse des températures et de l'humidité s'ajoutera aux conditions actuelles : accroissement démographique, urbanisation, détérioration de la qualité de l'eau et autres tendances.

Si le taux d'accroissement naturel de la population évolue comme prévu de 2,7% en 2010 à 1,4% en 2100, le taux de croissance du PIB restant supérieur à 8% avec plus de 5,9% dans le secteur agricole et plus de 15% dans le secteur des services et industries, l'évolution du PIB restera aussi positive. Mais le budget global pour l'adaptation devra augmenter continuellement pour faire face à la vulnérabilité de ces secteurs suite aux changements climatiques.

CHAPITRE V : AUTRES INFORMATIONS JUGEES UTILES POUR ATTEINDRE L'OBJECTIF DE LA CONVENTION

5.1. Intégration des Changements Climatiques

Dans le but d'intégrer les changements climatiques dans les plans nationaux de développement, le rapport PANA (Programmes Nationaux d'Adaptation aux changements climatiques), a identifié les priorités d'adaptation, urgentes et immédiates, et constitue un document guide d'orientation politique aux différents secteurs économiques. C'est dans ce cadre que les plans stratégiques sectoriels (SSP 2008 – 2012) ont intégré les priorités du PANA dans leurs domaines respectifs.

Il serait souhaitable que des efforts similaires soient également faits dans le cadre de l'atténuation des gaz à effet de serre.

En novembre 2010, le Gouvernement a lancé, en collaboration avec « Climate and Development Knowledge Network (CDKN) et Smith School of Enterprise and Environment d'Oxford University », le projet d'une stratégie nationale sur les changements climatiques et le développement à faible émission de carbone. De cette collaboration, il est attendu un support dans les quatre domaines ci-après: recherche, assistance technique, transfert de connaissance et partenariat. Le but de ce projet est triple:

- Produire un rapport proposant une stratégie nationale sur les changements climatiques et le développement à faible émission de carbone ;
- Développer les capacités des Rwandais en matière de techniques de modélisation de l'impact climatique, les aspects de production de données, et la mise en place d'un observatoire climatique au Rwanda ;
- Fournir un cadre permettant des études sectorielles détaillées et la mise en place des plans.

5.2. Transfert de Technologies

Bien qu'il existe plusieurs causes d'augmentation des émissions de gaz à effet de serre, certaines parmi elles sont toutefois évitables; c'est le cas de l'ignorance de la population dans le domaine des technologies d'adaptation aux changements climatiques. Il s'avère donc nécessaire au gouvernement Rwandais de former et d'informer la population sur ce type de technologies et d'y investir.

Parmi ses moyens de lutte, le gouvernement pourrait interdire l'usage des technologies et équipements dépassés, l'utilisation non efficiente des ressources de carburant et d'énergie.

En outre, le Gouvernement devrait non seulement mettre en place mais aussi veiller à la bonne exécution de ses politiques visant à réduire l'émission de gaz à effet de serre. Il devrait également faciliter les opportunités financières et technologiques visant la promotion du processus de transfert de ces technologies appropriées pour la réduction de gaz à effet de serre et l'adaptation aux changements climatiques.

Plusieurs secteurs prioritaires existent au Rwanda dans lesquels il est possible de mettre en œuvre ces mesures. Il s'agit des secteurs de l'énergie, des établissements humains, de l'agriculture et de la sécurité alimentaire, de la gestion des déchets et des eaux usées, de l'hydrologie et ressources en eau et de l'industrie.

Actuellement, le Gouvernement essaie de mettre en place une politique spéciale d'épargne de l'énergie existante basée sur les technologies appropriées et à moindre coût. C'est ainsi qu'il encourage la fabrication des braséros non électriques et des fours améliorés à faible consommation de bois-énergie et que la technologie des braséros électriques utilisant les déchets de charbon a reçu son appui; les fabricants ont été abrités à l'Ecole Technique Don Bosco de Kicukiro.

Il est donc important au gouvernement de proposer des projets d'adaptation aux changements climatiques et de réduction des émissions de gaz à effet de serre dans ces différents secteurs. Toutefois, plusieurs obstacles se présentent face au gouvernement, tels que le manque et l'insuffisance des investissements locaux et étrangers, l'incapacité de disposer des équipements modernes et une capacité technique insuffisante pour la réalisation, le maintien et le perfectionnement de ces nouvelles technologies.

Information sur les technologies d'adaptation aux changements climatiques

Comme dans le cas de nombreux pays en développement, le Rwanda a dû faire face à une crise énergétique grave en matière d'électricité. Force est de constater que grâce à une politique efficace, le Rwanda a réussi à résoudre en grande partie ce problème grâce à l'utilisation du gaz méthane, des ampoules à faible consommation d'énergie et surtout à l'utilisation complémentaire des sources d'énergie thermique.

Cette dernière solution s'est accompagnée d'une forte hausse du prix du KWH de l'électricité qui ne permet pas à la majeure partie de la population d'y accéder. Ceci a pour conséquence que la population se rabat sur le bois comme source d'énergie; ce qui contribue à la déforestation et donc à la diminution des puits de gaz à effet de serre. Pour faire face à cette situation, l'utilisation des technologies appropriées d'adaptation aux changements climatiques s'avère nécessaire. Il s'agit, bien entendu, des technologies adaptées au contexte socio-économique et environnemental du Rwanda, comme celles signalées ci-haut.

Ces technologies devraient concerner les secteurs de l'industrie, de l'énergie, des établissements humains, du transport, de l'agriculture et de la sécurité alimentaire, des forêts, de la gestion des déchets et des eaux usées, de l'hydrologie et des ressources en eau, des écosystèmes terrestres et d'eau douce et enfin de la santé.

D'autres technologies sont liées au changement de comportement en matière de consommation des produits importés. Ces technologies sont, soit habituellement en vigueur dans le pays, soit alors proposées pour une mise en œuvre initiale.

Pour la plupart de ces technologies, les principales informations disponibles présentent les estimations du coût, le groupe cible et éventuellement les moyens nécessaires pour la fabrication de certains outils à des fins d'adaptation ou d'atténuation des effets des changements climatiques. Pour chaque technologie, il faudrait mener des études d'impacts environnementaux et socio-économiques avant sa vulgarisation.

5.3. Recherche et Observation Systématique

La recherche tout comme l'observation systématique de données exige l'existence d'un personnel hautement qualifié. Ce dernier se rencontre notamment dans les Institutions de recherche et ou d'enseignement supérieur public ou privé.

Les plus vieilles parmi elles à l'échelle nationale sont l'Institut de Recherche Scientifique et Technologique (IRST), l'Institut des Sciences Agronomiques du Rwanda (ISAR) et l'Université Nationale du Rwanda (UNR). Ce n'est que plus récemment que d'autres unités de recherche et /ou d'enseignement supérieur aussi bien publiques que privées ont été mises en place (KIST, KIE, ISAE, UMUTARA/POLYTECHNIC, ULK, UAAC, UNILAK, INADES, etc.).

Bien qu'il existe au Rwanda environ 28 Etablissements d'Enseignement Supérieur et deux Centres de Recherches (IRST et ISAR), aucune formation spécifique n'est assurée dans le domaine des changements climatiques. Toutefois, quelques enseignants et étudiants proches de ce domaine (géographie, agriculture, biologie, sciences appliquées, etc.) rédigent des travaux (mémoires) et publient quelques articles. C'est le cas des Institutions comme UNR, KIE, KIST, ISAE, UNATEK, etc.). Ainsi qu'on peut le voir, une nécessité de formation supérieure spécialisée s'impose.

En ce qui concerne les publications, force est de constater un manque cruel d'organes de publications. Pour tout le Rwanda, seules quelques Institutions d'Enseignement Supérieur possèdent des revues scientifiques dont la régularité de parution est problématique; il s'agit de l'UNR, de KIST, de l'ISAE et de l'ULK.

Vu les difficultés présentes de la recherche en général, il serait utile que REMA s'y implique en collaboration avec les Institutions de Recherche et/ou d'Enseignement Supérieur. Cette recherche pourrait s'articuler autour des points ci-après:

- Création d'un site web spécialisé en changements climatiques qui sera intégré dans le site web de REMA et qui sera animé par un personnel qualifié ;

- Organisation des observations systématiques en vue de constituer une base de données fiables dans les différents secteurs (météorologie, émission des gaz à effet de serre, atténuation, vulnérabilité, adaptation et autres informations);
- Mise en place de groupes ou équipes techniques d'experts dans divers domaines en relation avec les changements climatiques et constitution d'un réseau de correspondants spécialistes des changements climatiques ;
- Création des Associations Culturelles relatives aux changements climatiques et cela par intérêt de recherche tels que émission et atténuation des GES, vulnérabilité et adaptation, transfert de technologies etc.;
- Création des organes de publication pour la circulation des informations scientifiques tels que newsletters, cahiers et revues scientifiques pour les articles;
- Mise en place des comités nationaux et provinciaux des changements climatiques et d'une structure de coordination intégrant les Départements gouvernementaux, les Etablissements d'Enseignement Supérieur, les Centres de Recherche, les animateurs ruraux, les Enseignants du Secondaire et du Primaire ainsi que les Associations culturelles etc. Ces comités nationaux comprendraient les sous-comités ci-après :
 - ✓ Le sous-comité chargé de la constitution d'une banque de données. Il se chargerait de coordonner les sources des données, notamment sur les données climatiques (température, précipitation, vents) et hydrologiques (débits liquides, débits solides, relation hauteur-débit, bilan hydrologique des rivières). Dans ce cadre, il serait bénéfique et moins coûteux de faire des écoles, les centres parallèles de collecte de ces données en utilisant notamment les enseignants de géographie et des sciences (supplément d'information). Cette mesure irait dans le même sens que celle du programme 2010 de la météorologie qui consiste en la réhabilitation de plusieurs stations agrométéorologiques et climatologiques. Il en serait de même des services hydrologiques.
 - ✓ Le Sous-Comité chargé de la recherche dans les Institutions d'Enseignement Supérieur qui aurait, entre autres, pour tâche d'établir :
 - les listes des mémoires, thèses, travaux et articles scientifiques dans diverses Institutions ;
 - la liste documentée des sujets des mémoires ainsi que celle des potentiels directeurs et superviseurs ;
 - la coordination des activités de recherche ;
 - le calendrier des conférences publiques et des séminaires à tenir au cours de l'année ;
 - la liste des formations sur les méthodes et techniques de recherche en changements climatiques ;
 - la liste des potentiels financements des recherches en changements climatiques ;

- ✓ Le Sous-Comité de coordination et de publication chargé de :
 - établir la liste des chercheurs et des publications ;
 - organiser les conférences annuelles nationales et provinciales ;
 - faire l'état de la recherche sur les changements climatiques ;
 - encourager la recherche sur les changements climatiques à travers les frais de mémoires, les bourses et les prix (meilleurs mémoires, thèses, conférences etc., à publier dans les revues ad hoc) ;
 - établir la liste des Associations culturelles par intérêt de recherches (Emissions et Atténuation de GES, Vulnérabilité, Adaptation, Transfert de technologies).

Systèmes de collecte et banques de données météorologiques au Rwanda

Le service météorologique dispose d'une grande banque de données historiques (gérées par le logiciel climatique CLICOM) qui datent de 1906 et provenant de plus de 50 stations opérationnelles avant 1994. Après cette date, seules quelques stations ont été remises en service entre 1998 et 2000 à des fins de l'aviation civile. Malheureusement, une bonne partie de ces données n'est pas encore informatisée et reste consultée dans les documents techniques.

En effet, le service météorologique fonctionne actuellement au ralenti à cause du manque du personnel suffisant et des équipements nécessaires pour la collecte, la saisie et le traitement des données. Depuis sa reprise des activités après la guerre de 1994, le service n'a pas d'annuaires climatologiques mis à jour et aucun bulletin agrométéorologique n'a été publié. Ainsi, les données récentes, nécessaires pour les différents utilisateurs dans leurs activités routinières font défaut. Actuellement, il existe un plan de réhabilitation du réseau climatologique et de recrutement du personnel.

Les systèmes de collecte et banques de données hydrologiques

Comme dans le cas de la météorologie, depuis 1994, les stations hydrologiques qui étaient au nombre de 47 ont pratiquement toutes disparu. Ce qui fait qu'actuellement les jaugeages liquides et solides ne sont plus effectués au service hydrologique qui est actuellement une composante du département de la « Planification Stratégique et Politique au sein du Ministère de l'Environnement et des Terres.

5.4. Information sur les Programmes de Recherche

Au Rwanda, comme c'est le cas dans plusieurs pays en développement, les activités de la recherche sont moins développées par manque d'infrastructures adéquates, du personnel hautement qualifié et du financement. Néanmoins, quelques Institutions de recherche et/ou d'Enseignement Supérieur parviennent à réaliser quelques activités de recherche. Voici ci-après celles qui ont à leurs programmes des projets de recherche sur les changements climatiques :

- KIE : Projet de recherche sur la prévention des risques hydrogéologiques au Rwanda ;

- KHI : Projet de recherche sur la collecte des eaux de pluie dans le N-O du pays ;
- ISAR/UNR : Projet de recherche sur le Renforcement des capacités de l'ISAR sur l'adaptation de l'agriculture aux changements climatiques et recommandations des politiques ;
- KIST : Projet de recherche d'adaptation au changement climatique dans le secteur de l'énergie en 2009(UNEP & IIED).

5.5. Education

L'éducation joue un rôle très important dans le processus de développement notamment dans la dissémination et l'assimilation de l'information y compris l'information sur les changements climatiques.

Malheureusement, force est de constater que les programmes aussi bien scolaires qu'académiques ne font nullement allusion directement aux changements climatiques. Il est donc impérieux d'intégrer ces enseignements au niveau de tous les curricula et cela depuis l'Enseignement Primaire jusqu'à l'Enseignement Supérieur. Voici ci-après une proposition de programmes des enseignements à assurer.

La matière à enseigner à l'Ecole Primaire

Le but de l'enseignement primaire est d'amener les élèves à faire connaissance de l'existence de certains éléments du milieu physique et du milieu humain.

Il s'agit globalement d'une simple énumération et d'une brève description des faits. Les enseignements sur les changements climatiques devraient donc en tenir compte et présenter la progression ci-après :

- Au cycle inférieur, l'enseignement sur les changements climatiques devrait être fait sous forme de vocabulaire imagé des faits isolés tels que : biomes, climats, aérosols et atmosphère, niveaux de base (général et local), érosion et lutte antiérosive (LAE), villes et villages, évolution technologique, catastrophes naturels, sources d'énergie, technologies en rapport avec les changements climatiques, maladies hydriques, etc. ;
- Au cycle supérieur, comme le programme d'enseignement consiste en une initiation à l'exploration de l'espace terrestre à l'aide de l'observation, des manuels, des plans, des cartes et des photos, etc., il serait bon de relier les faits étudiés au premier cycle au terrain, aux diverses zones climatiques et de les cartographier.

La matière à enseigner au niveau secondaire

Au premier cycle du secondaire, comme le programme introduit les aspects de la conservation de la nature, de la dégradation de l'environnement (déforestation, braconnage, dégradation des terres, surpâturages, déchets industriels, etc.), on en profiterait pour enseigner aux élèves les

relations de causes à effets en rapport avec les changements climatiques ainsi que l'importance des aires protégées sur les climats (parcs nationaux, forêts naturelles et galeries). A ce niveau, il serait bon d'introduire :

- les notions d'équilibre et de déséquilibre de l'environnement ;
- les causes, les conséquences et les manifestations des changements climatiques dans l'environnement ;
- et enfin les mesures d'adaptation.

Au second cycle du secondaire, comme l'accent est mis sur les activités humaines, il serait bon, non seulement de mettre ces activités en relation avec les causes, les conséquences et les manifestations des changements climatiques dans l'environnement mais aussi d'étudier :

- la composition et la circulation générale atmosphériques en insistant sur l'unicité de l'air à la surface du globe;
- les phénomènes ENSO- La NINA;
- les gaz à effet de serre, leurs sources et puits ainsi que le trou d'ozone ;
- les changements de niveaux de base, de couvertures neigeuses et glaciaires ;
- les sources d'énergie avec leurs avantages et inconvénients ainsi que les risques liés à leur transport ;
- les divers types de pollution (air, eau, sols), etc.

Enfin, il serait bon d'insister sur l'utilisation du vocabulaire relatif aux changements climatiques dans les divers cours de langues (ex : phraséologie, composition, dictées, diction, etc.)

La matière à enseigner au niveau supérieur

La structure de l'enseignement supérieur ne fait aucune allusion aux changements climatiques. En outre, le passage actuel du système « cours » au « système modulaire » vient masquer plusieurs cours spécifiques sous des appellations globalisantes. C'est ainsi par exemple qu'en géographie au KIE, les cours d'écologie et de biogéographie sont fusionnés dans le module de géographie physique qui enseigne à la fois la géomorphologie, la climatologie, l'écologie et la biogéographie.

Afin de marquer la nécessité de la connaissance des changements climatiques, il serait bon de proposer au Ministère de l'Éducation d'introduire, parmi les modules communs du niveau 1 de l'enseignement supérieur un module intitulé « Environnement et changements climatiques » dans toutes les options de l'Enseignement supérieur.

Ce module comprendrait les 6 chapitres ci-après :

- Matériel et méthodes de travail relatifs aux changements climatiques ;
- Emission et calcul de gaz à effet de serre par secteur (énergie, procédés industriels, agriculture, affectation des terres et foresterie, déchets, etc.) ;

- Mesures et stratégies d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre ;
- Vulnérabilité et adaptation aux changements climatiques ;
- Observations systématiques, recherche et sensibilisation du public.

Enfin, il serait bon de créer, au KIE, une filière intitulée « Environnement et Changements Climatiques avec Education » qui formerait les enseignants spécialisés dans ce domaine et qui pourraient enseigner les cours des sciences et de géographie.

Une fois sur terrain partout au Rwanda, ces enseignants représenteraient un personnel scientifique qualifié pour la collecte et le traitement de données relatives aux changements climatiques sur tout le territoire rwandais moyennant un peu d'encouragement.

5.6. Développement et Renforcement des Capacités en Rapport avec les Changements Climatiques

Afin d'assurer la continuité des communications nationales du Rwanda, un bureau de coordination nationale a été mis en place. Il comprend les points focaux des Départements gouvernementaux, des Universités, des Instituts Supérieurs, et des Institutions de recherche. Plusieurs réunions ont été tenues en fonction des études nécessaires, comme la rédaction des communications nationales et des Plans Nationaux d'Adaptation aux changements climatiques (PANA).

Toutefois, il est souhaitable de renforcer l'action de cette équipe par plusieurs actions: mettre en place des bureaux provinciaux de coordination, constituer des groupes ou équipes techniques d'experts spécialisés dans tel ou tel domaine des changements climatiques, favoriser l'implication et la participation des autres acteurs (Bureaux de consultance, Associations culturelles, etc.).

Pour ce qui est de l'enseignement, organiser, en plus de l'option Environnement-Changements Climatiques avec Education (KIE), les formations post universitaires (certificats, diplômes, masters, et doctorats en changements climatiques), des sessions de formation et de recyclage des chercheurs et enseignants des changements climatiques par un personnel hautement qualifié.

5.7. Information et Réseau d'Information pour les Chercheurs

A ce jour, rien n'est fait pour communiquer l'information utile sur les changements climatiques aux éventuels chercheurs. De même il n'existe pas encore de réseau d'information. Ceci constitue un véritable handicap pour le développement de la recherche dans le domaine des changements climatiques.

Afin de remédier à cela, certaines des recommandations données plus haut sont reprises ci-après:

- la mise en place d'un site web spécialisé et d'un réseau de correspondants spécialisés dans les changements climatiques ;
- la constitution d'une banque de données et de travaux de recherches sur les aspects des changements climatiques (conférences, séminaires, mémoires, thèse) et d'un réseau de coordination nationale, provinciale et interinstitutionnelle;
- le renforcement de la coopération des pays de la Communauté est-africaine qui se rencontrent régulièrement pour mettre en place un plan directeur commun d'adaptation aux changements climatiques.

5.8. Formation et Sensibilisation du Public

Afin de faire face aux problèmes de dégradation de l'environnement, de la lutte contre la pauvreté et les effets des changements climatiques en vue d'un développement durable (vision 2020 et stratégie Nationale de Réduction de la Pauvreté), le Gouvernement du Rwanda a misé, entre autres, sur la formation et la sensibilisation du public.

En effet, cette dernière constitue un facteur clé dans la mise en œuvre de la Convention des Nations Unies sur les changements climatiques. Le niveau de compréhension du public des problèmes liés aux changements climatiques lui permettra de jouer son plein rôle lors de la mise en place des politiques et de la prise de décisions à ce sujet. Voici quelques recommandations pouvant contribuer à atteindre cet objectif:

- Valorisation des semaines et journées nationales et internationales de l'environnement, de l'eau, de la météorologie, de l'arbre, de la biodiversité, etc. ;
- Campagnes et tournées de sensibilisation organisées dans des zones vulnérables ;
- Introduction des émissions sur les changements climatiques dans les programmes normaux des TV et Radio étatiques & privées (jeux, concours, organisation des sketches radio-télévisés sur les changements climatiques par un personnel qualifié : média étatiques et privées) ;
- Création des stations audio-visuelles (TV & radio) spécialisées sur les changements climatiques animées par un personnel qualifié ;
- Organisation des semaines culturelles sur les changements climatiques (foire, festival...);
- Recyclage des animateurs ruraux ;
- Dissémination, à travers le pays et dans les établissements d'enseignement primaire, secondaire et supérieur, de kiosques et centres d'exposition et d'information sur les questions relatives aux changements climatiques (affiches, livrets, films, documentaires, chroniques, dépliants, discours politiques, journaux et banderoles).

C'est dans ce cadre que la Communication Nationale Initiale parle du Projet « Activités habilitantes pour la préparation de la Communication Nationale Initiale relative à la CCNUCC » qui a fait traduire en langue nationale, « le Kinyarwanda », certains textes et documents traitant de l'environnement. Il s'agit des textes et autres documents des Conventions Internationales et de leurs Protocoles sur l'environnement ayant une synergie relative aux

changements climatiques, à la diversité biologique, à la lutte contre la désertification et à la protection de la couche d'ozone. Le but de ces traductions est de s'en servir comme outil principal de sensibilisation du public aux aspects relatifs à l'environnement en général et aux changements climatiques en particulier. Une situation similaire est envisageable pour la deuxième communication ; toutefois sa réalisation reste tributaire de la disponibilité des moyens financiers.

CHAPITRE VI: DIFFICULTES, LACUNES RELEVES, RESSOURCES FINANCIERES, MOYENS TECHNIQUES ET CAPACITES NECESSAIRES POUR Y REMEDIER

6.1. Obstacles et Lacunes

En dépit de l'existence des conditions économiques, légales et politiques stimulantes, il existe au Rwanda plusieurs obstacles potentiels à leur mise en œuvre à large échelle et au transfert de technologies appropriées d'adaptation aux changements climatiques dans les différents secteurs. Il s'agit notamment:

- Du manque de formation et d'information de la population ;
- Du manque ou de l'insuffisance des investissements locaux et étrangers;
- Du manque de connaissance sur les besoins locaux en technologie consécutive au bas niveau de recherches scientifiques et technologiques ;
- Et de l'état peu développé du marché local des technologies adaptées d'épargne de l'énergie, caractérisé par la non intervention financière du gouvernement notamment dans les investissements, ateliers de formation, partage d'expérience et projets pilotes de démonstration.

En effet, plusieurs obstacles se présentent face au gouvernement tel que l'incapacité de disposer des équipements modernes et une capacité technique insuffisante pour la réalisation de ces nouvelles technologies. C'est pourquoi, le gouvernement devrait mettre en place une politique spéciale d'épargne de l'énergie existante basée sur les technologies appropriées et à moindre coût.

Le coût élevé du prix de l'électricité consécutif à l'introduction des groupes thermiques oblige la population à se rabattre sur une source d'énergie moins chère qu'est le bois- énergie.

6.2. Identification des Barrières au Rwanda

Dans le secteur de l'énergie, la première barrière est la nécessité d'investissements pour les ouvrages de production et de distribution de l'électricité.

La deuxième barrière mineure est représentée par les habitudes alimentaires et culinaires dans le domaine de la diffusion de foyers améliorés. En effet, les ménages utilisent les foyers traditionnels pour se chauffer et griller le maïs pendant la période de pluie et le foyer amélioré pendant la saison sèche et l'exhibent quand il y a une visite de l'autorité locale. Mais cette barrière peut être facilement surmontée grâce à l'éducation et à la sensibilisation des ménages sur les questions de l'énergie et de l'environnement.

Dans le secteur de l'Agriculture, changement d'affectation des terres et foresterie, trois barrières peuvent affecter les mesures proposées d'atténuation de gaz à effet de serre. Il s'agit:

- De la compréhension des mécanismes pour un développement propre par les décideurs ;
- Du manque d'investissements ; et
- Des perturbations climatiques.

Ces barrières peuvent empêcher la mise en application de quelques projets et le choix de certains au détriment des autres. Pour surmonter ces barrières, le Projet de renforcement de capacité de l'Autorité Nationale Désignée et le projet MDP au sein de REMA doivent augmenter d'effort pour la sensibilisation des décideurs et éclaircir les modalités d'accès aux crédits carbone par REED+.

6.3. Impact des Options Sélectionnées à l'Echelle Macroéconomique

Les économies sur la consommation de l'énergie peuvent être utilisées au profit d'autres activités qui améliorent les conditions de vie des ménages et en même temps et surtout pour le transport. Cela peut contribuer à la réduction des dépenses en devises consacrées à l'importation des produits pétroliers qui prennent plus de 80% de nos recettes d'exportation.

Les mesures d'atténuation dans le secteur de l'agriculture, affectation des terres et foresterie pourront faciliter la création des nouveaux emplois, l'amélioration du secteur industriel et l'exportation.

BIBLIOGRAPHIE

1. **Approtec**, Super- MoneyMaker, pompe à irrigation, Guide d'utilisation.
2. **Kagiraneza, B., et ISAR**, le Greffage dans l'Horticulture : Application à l'avocatier et aux Citrus au Rwanda ; 2002.
3. **Banque Nationale du Rwanda**, Statistiques économiques et financiers, mars 2003.
4. **Barker, T. & Srivastava L.**, Sector costs and ancillary benefits of mitigation, 2001.
5. **PUECH, C.**, Persistance de la sécheresse au Sahel- conséquences sur les normes hydrologiques et pluviométriques, Série Hydrologie, 1983.
6. **CABINET SAM/KP**, Etude d'un projet d'assainissement dans les secteurs de Kimisagara et Nyakabanda, District de Nyamirambo, Ville de Kigali, dans le cadre du programme des modules de développement urbains : collecte sélective et valorisation des déchets solides, appui à la construction et amélioration des latrines, appui à la collecte et stockage d'eau de pluie, Kigali, novembre 2001.
7. **Calet, C., et Dronne, Y.**, L'approvisionnement protéique des hommes et des animaux. Aspects nutritionnels, économiques et réglementaires, Collection sciences et techniques agroalimentaires, Lavoisier TEC DOC.
8. **Centre de la Tribune Internationale de la Femme** /Service International d'Appui à la Formation et aux Technologies en Afrique de l'Ouest et au Sahel/ I.T. publications, Guide Mondial des Techniques et Outils, Catalogues des Techniques Utilisées par les Femmes dans le Monde Entier, Dakar-Sénégal, 1990.
9. **Centre de Recherches pour le Développement International du Canada (CRDI)**, La santé et l'environnement, pour une collectivité active en recherche, Ottawa, Canada, 1992.
10. **CERATEC**, Production de matériaux de construction en technologie adaptée, Rue du Touquet, 228, Belgique, 1988.
11. **CGIS-UNR**, Environnement et Pauvreté, Etude Pilote pour une cartographie des Relations entre Environnement et Pauvreté, UNDP- Kigali, avril 2003.
12. **PRIOUL, Ch., et SIRVEN, P.**, Atlas du Rwanda, Kigali – Paris – Nantes 1981
13. **Commission Européenne**, Guide de Procédés Extensifs d'Épuration des Eaux Usées Adaptées aux Petites et Moyennes Collectivités (500-5000 E.H), 2001.
14. **Coosmans, M. & Hakizimana, E.**, Protocole pour la prévention des épidémies de paludisme au Rwanda. *Kigali*. 34 pp, 2003..
15. **Chabi, D., et Gonni**, Courbes hauteur de pluie durée- fréquence en Afrique de l'Ouest et Centrale pour des pluies de durée de 5 minutes à 24 heures, CIEH, Série Hydrologie 1984.
16. **DHS 2000**, Rwanda : Stratégie de réduction de la pauvreté, 31p, 2002,.
17. **MINAGRI**, Statistiques Agricoles : Superficie des marais, DSA, Rapport non publié, 2001.
18. **MINICOFIN**, Enquêtes Intégrales sur les Conditions de Vie des Ménages (EICV).
19. **Encyclopédie Scientifique et Technique**, Edition Lidis, 1974, p.73-75 et p. 90-92.
20. **ESMAP**, Rwanda : Problèmes et Choix Energétique, Rapport n°.8017-RW, juillet 1991.
21. **MINAGRI-SOGREAH**, Etude du Plan Directeur d'Aménagement et de Mise en Valeur des Vallées de la Nyabarongo et de l'Akanyaru : Phase 1 : Etude de base, Rapport Définitif, Septembre 1988.

22. **SOGREAH**, Evaluation Hydrologique en Afrique Subsaharienne : Rapport de Pays de la C.E.P.G.L., RWANDA, Juin 1993.
23. **Experco internationale et SCET Tunisie**, Enquête agricole nationale. Version définitive, n° 6886/2, Juin 1999.
- FAO**, Etude sur les Ressources Forestières Naturelles et les Plantations Forestières du Rwanda, Septembre 1999.
24. **FEWS NET**, Rapport mensuel sur la sécurité alimentaire au Rwanda, Rapport USAID, 8 p., 2002.
25. **MINAGRI/FSRP/DSA**, Statistiques agricoles : Production agricole, élevage, superficies et utilisation des terres, Année agricole 2000, Kigali, 2000.
26. **MINAGRI/FSRP/DSA**, Statistiques agricoles : Production agricole, élevage, superficies et utilisation des terres, Année agricole 2001, Kigali, 2001.
27. **Gamrasni, M.A.**, Utilisation énergétique des boues et des déchets 21, Rue de Madrid, 75008, Paris, p.123 – 140, 1984
28. **Gapusi, R.J.**, Identification et analyse des options stratégiques pour la conservation de la biodiversité dans le Parc National de Nyungwe, 1999.
29. **Gervais J.B.**, Agriculture : Un secteur clé en crise, In :Marchés tropicaux et Méditerranéens, n° hors série, octobre, 1999, p 24-31, Paris.
30. **GIEC 2001**, Bilan 2001 des changements climatiques. Mesures d'atténuation, rapport du groupe de travail III du GIEC.
31. **GIEC**, Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre- Version révisée 1996, Manuel simplifié.
32. **Watson, R.T., Marufu C., Zinyowera, Moss, R.H.**, Techniques, Politiques et Mesures d'atténuation des Changements Climatiques, Document technique I du GIEC, 1996.
33. **GIEC**, Summary for policymakers. Climate change 2001: Mitigation. A report of working group III of the intergovernmental panel on climate change, 2001.
34. **GIEC**, Bilan 2001 des Changements Climatiques: Conséquences, adaptation et Vulnérabilités, Contribution du Groupe II au troisième rapport d'évaluation du GIEC, 2001.
35. **GIEC**, Technical summary, Climate change 2001: Mitigation, a report of working group III of the intergovernmental panel on climate change,2001.
36. **GIEC**, Lignes Directrices révisées pour les inventaires nationaux de gaz à effet de Serre, 1996.
37. **GIEC**, Troisième rapport d'évaluation du GIEC, Changements climatiques, Rapport de synthèse, Résumé à l'intention des décideurs, 2001.
38. **GIEC**, Aspect scientifique du changement climatique, Rapport rédigé pour le GIEC par le Groupe de Travail I, juin, 1990.
39. **GTZ** : La Traction Animale en Afrique, Eschborn 1982.
40. **C.E.D.R., et GTZ**, Guide de Construction et d'Utilisation des Installations BIOGAZ, Maroc, septembre 1996.
41. **Hammerich, A.**, Epidemiology of malaria in three Rwanda hospitals and their respective health regions with special view to pregnancy. *University of London*. 51 pp, 2000.
42. **Chuzeville, B.**, Hydrologie Tropicale et Appliquée en Afrique, Ouagadougou, 1990.
43. **IPCC.**, Economics of Greenhouse Gas limitation, Main report "Methodological guidelines", 1996.

44. **IPCC**, Climate Change 2001 : Impacts, adaptation and vulnerability. Cambridge University, 1005 pp, 2001.
45. **ISAR, CIAT, USAID**, « Icinga rya kijyambere muri ISAR », Centre pour notre Avenir à Tous, Un programme d'action, sommet de la Terre, 1992.
46. **Rodier, J.A.**, Evaluation de l'écoulement annuel dans les régions tropicales sèches d'Afrique Occidentale, Cahier ORSTOM, Série Hydrologie, vol. XIII, 1976.
47. **Gotanegre, J.F., Prioul, C. & Sirven, P.**, Géographie du Rwanda, A. Boeck-Bruxelles, Editions Rwandaises, 1974.
48. **NDUWAYEZU, J.D.**, Les fondements physiques, humains et économiques du développement du Rwanda, Editions Universitaires du Rwanda, Ruhengeri, 1990.
49. **Feenstra, J.F., Burton, I., Joel, B., Smith, and Richard, Tol, S.J.**, Handbook on Methods for Climate change Impact Assessment and Adaptation Strategies, UNEP, October 1998.
50. **Callaway, J.M., Fenhan, J., Gorham, R., Makundi, W., Sathaye, J.**
 - Economic of Greenhouse Gas Limitation, UNEP collaborating
 - Centre on Energy and Environment, Riso National Laboratory, Danmark, 1999.
51. **Broun, L.R.**, L'Etat de la Planète, Nouveaux Horizons, Economica, Paris, 1990
52. **Markandya, A. & Halsnaes, K.**, 2001. Costing methodologies.
53. **Keating, M.**, Un programme d'Action, version pour le grand public de l'agenda 21 et des autres accords de Rio, Sommet de la Terre 1992, 52, Genève, 1993.
54. **MINAGRI**, Agenda agricole, 2003.
55. **MINAGRI**, Plan stratégique du MINAGRI pour l'année 2000-2010.
56. **MINAGRI**, Stratégie alimentaire et Plan d'action pour la sécurité alimentaire, octobre 1998.
57. **MINAGRI**, Les grandes lignes de la politique agricole. MINAGRI, Kigali, 2000.
58. **MINAGRI**, Plan stratégique du MINAGRI : 2000-2010. MINAGRI, Kigali, 2001a.
59. **MINAGRI**, Rapport annuel. MINAGRI, Kigali, 2001b
60. **MINAGRI**, Rapport annuel. MINAGRI, Kigali, 2002.
61. **MINALOC**, Evaluation de la capacité d'intervention face à tous les risques, 2002.
62. **MINALOC**, Projet de politique nationale de gestion des risques et des catastrophes au Rwanda. Kigali, 24 pp. 2003.
63. **MINALOC**, Politique Nationale de Gestion des Risques et des Catastrophes au Rwanda, avril, 2003.
64. **MINALOC**, Stratégies du secteur de la Protection Sociale, juillet 2004.
65. **Minani, F./PNRP**, La Revue de littérature sur les causes des disettes et Famines au Rwanda ainsi que les mesures prises pour pallier à ces fléaux, Kigali, août 2001.
66. **MINECOFIN**, Indicateurs de Développement du Rwanda, n°3, 2000.
67. **MINECOFIN**, Stratégie de la réduction de la pauvreté, 186 pp, 2001.
68. **MINECOFIN**, Un Profil de la Pauvreté au Rwanda, Un rapport basé sur les résultats de l'Enquête Intégrale sur les Conditions de Vie des Ménages 1999-2001, Kigali, février 2002.
69. **MINEDUC DRST** : Répertoire des projets de recherche, année 2002, Kigali, 2003.
70. **MINEDUC**, La Politique Sectorielle de l'Education, septembre 2002.
71. **MINEDUC**, Inventaire du Potentiel Scientifique et Technologique, décembre 1999.
72. **MINEDUC**, Plan Stratégique du secteur de l'Education 2003-2008, avril 2003.
73. **MINICOFIN**, Background to the Budget 2000. Rwanda's challenges on the eve of

- the millennium: economic recovery, poverty reduction and sustainable development 1999.
74. **MINICOFIN**, Mission d'étude de la planification forestière de la province de l'Umutara, Projet de Développement des Ressources Communautaires et des Infrastructures de l'Umutara. 35pp., 2001.
 75. **MINICOM**, Stratégies Sectorielles du Ministère du Commerce, de l'Industrie, de la Promotion des Investissements, du Tourisme et des Coopératives, Partie IV : Industrie, Kigali, avril 2004.
 76. **MININFRA/ Rwanda Meteorological Service**, Workshop on Application of Climate and Weather Information for Sustainable Development, Kigali, December 2003.
 77. **MINISANTE**, Rapport annuel des activités, *Kigali*. 74 pp., 2002.
 78. **MINALOC**, Politique Nationale de Gestion des Risques et des catastrophes au Rwanda, Avril 2003.
 79. **MINIRENA**, Inventaire National de l'Alimentation en Eau potable au Rwanda, Edition 2001.
 80. **MINEDUC**, Les Actes du Séminaire Atelier sur la Recherche Scientifique et Technologique, Kigali, septembre 1996.
 81. **MINECOFIN**, Programme National de Réduction de la Pauvreté, Rwanda : Stratégie de Réduction de la Pauvreté, juin 2002.
 82. **MINECOFIN**, Commission nationale de recensement, Service national de recensement, Recensement national de la population et de l'habitat Rwanda 16-30 Août 2002, Rapport sur les résultats préliminaires, Kigali, février 2003.
 83. **MINECOFIN**, Indicateurs de Développement du Rwanda, Edition n°5, Août 2002.
 84. **MINECOFIN**, Enquête intégrale sur les conditions de vie des ménages au Rwanda (2000-2001), Kigali, mars 2002.
 85. **MINECOFIN**, Indicateurs de développement du Rwanda 1999, Kigali, Juillet 1999.
 86. **MINECOFIN**, Indicateurs de développement du Rwanda 2000, Kigali, Juillet 2000.
 87. **MINECOFIN**, Indicateurs de développement du Rwanda n°4, Kigali, Juillet 2001.
 88. **MINECOFIN**, Ministère des finances et de la planification économique : Indicateurs de développement du Rwanda 2002, Kigali, Août 2002.
 89. **MINECOFIN**, Ministère des Finances et de la Planification Economique, Novembre 2002, Vision 2020.
 90. **MINECOFIN**, Programme National de Réduction de la Pauvreté : Rapport d'Evaluation Participative de la Pauvreté au Rwanda, octobre 2001.
 91. **MINECOFIN/ Service National de Recensement**, Recensement Général de la population et de l'habitat, Rwanda : 16-30, Août 2002, Rapport sur les résultats préliminaires, Kigali, Février 2003, 43p.
 92. **MININFRA**, Document des Stratégies Sectorielles du Ministère des Infrastructures 2005-2010, juin 2004.
 93. **MININFRA**, Stratégies sectorielles des Sous-Secteurs Energie et Gaz Méthane, Rapport Provisoire, Janvier 2004.
 94. **MINITERE**, Politique Nationale de l'environnement au Rwanda, Novembre 2001.
 95. **MINITERE**, Politique nationale de l'Habitat, Février 2004.
 96. **MINITERE**, Rapport National sur les Etablissements Humains Istanbul+5, Octobre 2000, 54p.

97. **MINITERE**, Stratégie Nationale et Plan d'action pour la conservation de la biodiversité au Rwanda, avril, 2003.
98. **MINITERE**, Rapport National sur la mise en oeuvre de la convention sur la lutte contre la désertification au Rwanda, Kigali, 2000.
99. **MINITERE**, Etudes relatives à la protection intégrée et conservation des ressources naturelles des zones humides critiques du Rwanda. Evaluation de la diversité biologique des zones humides, avril 2003.
100. **MINITRAPE**, Examen et évaluation des questions concernant les établissements humains et le logement par une série d'indicateurs, Rapport définitif(ARAMET), octobre 1995.
101. **MINITRAPE**, Rapport national sur les Etablissements humains, Mars 1997, 68p.
102. **MINICOM**, Politique Industrielle du Rwanda, Août 2002.
103. **MINECOFIN**, Poverty Reduction Strategy, Directorate of Strategic Planning and Poverty Reduction Monitoring, Annual Progress Report, September 2004.
104. **MINITERE**, Projet de loi environnementale, 26 pp, 2003.
105. **MINITERE**, Stratégie Nationale et Plan d'action pour la conservation de la biodiversité au Rwanda, 82 pp, 2003
106. **MINITERE et MINAGRI**, Direction des Forêts, 2002. Etude pour l'élaboration d'une action stratégique pour la conservation et la gestion de la biodiversité des écosystèmes – cas du Rwanda, 1999.
107. **MINITERE**, Document des Stratégies Sectorielles du MINITERE (2005-2010), Gestion des Ressources Naturelles et Protection de l'Environnement, Version finale, juillet 2004.
- MINITERE**, Consultation Thématique sur la Réinstallation des ménages vulnérables, Kigali, 2002.
108. **MINITERE**, National Strategy and Action Plan For The Conservation of Biodiversity In Rwanda, Kigali, March 2004.
109. **MINITERE**, Communication Nationale Initiale relative à la Convention des Nations Unies sur les Changements Climatiques, MINITERE,2005.
110. **Moomaw, W.& Moreira, J.R.**, Technological and economic potential of greenhouse gas emissions reduction, 2001.
111. **Nations Unies/ Commissions des Etablissements Humains** : Des établissements humains viables dans un monde urbanisé y compris les questions relatives aux politiques foncières et à l'atténuation des effets des catastrophes naturelles, Rapport du Directeur Exécutif, Nairobi 25 Avril- 1er Mai, 1995.
112. **Ndoba, S.**, Etude de l'influence du niveau d'alimentation sur la croissance et le développement corporel des génisses de race Ankolé, Mémoire Inédit, Faculté d'Agronomie, UNR, Butare, 74 pp, 2000.
113. **Nshimiyimana, E.**, L'assainissement et mise en valeur des petits marais au Rwanda, Mémoire Inédit, Faculté d'Agronomie, UNR, Butare, 138 p, 1985.
114. **OMM et PNUE**, Bilan 2001 des changements climatiques : Mesures d'atténuation, Rapport du groupe de travail III du GIEC,2001.
115. **OMM**, L'épisode El -Nino 1997 –1998: Rétrospective scientifique et technique 2000.

116. **Organisation des Nations Unies pour le Développement Industriel/ Ministère du Commerce, de l'Industrie et du Tourisme (ONUDI/MINICOM)**, Recensement sur la production des entreprises industrielles en 2000, Octobre 2001 :
117. **Organisation Suisse pour le Développement et la Coopération (OSDC)**, Biomasse-Energie, Rapport sur la valorisation énergétique de la biomasse, juin 1990.
118. **PEAMR, ARAMET**, Inventaire des Technologies d'Assainissement Applicables au Rwanda, décembre 2002.
119. **MINITRAPE**, Plan Directeur et Système de Gestion des Ressources en Eau : Rapport Final, Version Provisoire, 1991.
120. **PNILP**, Rapport de l'investigation d'épidémie du paludisme dans le camp des déplacés de Bweyeye, Cyangugu. *Kigali*. 8 pp2002.
121. **PNUE**, Bilan 2001 des changements climatiques : conséquences, adaptations et vulnérabilités, Rapport du Groupe de Travail II du GIEC, contribution du Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat.
122. **PNUE**, De la politique à la mise en oeuvre : Décisions de la cinquième réunion de la Conférence des Parties à la Convention sur la diversité biologique, Nairobi, Kenya, 15-16 mai 2000.
123. **PNUE**, L'avenir de l'environnement en Afrique : le passé, le présent et les perspectives d'avenir, Royaume-Uni, 2002.
124. **PNUE, OMM, Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'Evolution du Climat**, Bilan 2001 des Changements Climatiques : conséquences, adaptation et vulnérabilité, Rapport du Groupe de travail II du GIEC.
125. **PNUE**, Un guide simplifié du rapport GIEC : « Changement climatique 2001 » : Atténuation, Juin 2003.
126. **MINAGRI**, Politique Nationale de Gestion des Ressources en Eau, Juillet 1998.
127. **MINIRENA**, Inventaire National des Infrastructures d'eau et d'assainissement, MINIRENA, 2009.
128. **MINITRAPE – UNICEF**, Pré-Etude de la Qualité des Eaux du Rwanda, Décembre 1995.
129. **Préfecture de la Ville de Kigali**, Rapport de présentation du Schéma Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme, Février 2001, 109pp.
130. **Ministère de la coopération et du développement, République française**, Mémento de l'Agronome, (4^e éd), Collection « Techniques rurales en Afrique », Paris, 1635 pp., 1991.
131. **REMA**, Rwanda State of Environment and Outlook, our Environment for Economic Development, 2009.
132. **Rwanda Society-Environment Project**, working paper, October 1993.
133. **Watson R.T., Zinyowera M.C., and Moss R. H.**, Climate Change 1995: Impacts, adaptation, and mitigation of Climate Change: Scientific-Technical analyses. Contribution of Working Group II to the second assessment report of IPCC, SAR II, IPCC, 1996.
134. **Sathaye, J & Bouille, D.**, Barriers, opportunities, and market potential of technologies and practices, 2001.
135. **SEPA**, Sweden's third national communication on Climate Change, Swedish Ministry of the Environment, Vasteras, Sweden, 2001:.
136. **SGI Ingénieurs-Conseils, Lahmeyer International** : L'assainissement des eaux usées de la Ville de Kigali, tranche II, rapport définitif, Kigali, avril 1996.

137. **Tsuneyuki, M. & Robinson, J.**, Greenhouse gas emission mitigation scenarios and implications 2001.
138. **UICN, BRAO, GWP-WAWP, CILSS**, Eau, Changement Climatique et Désertification en Afrique de l'Ouest : Stratégie régionale de préparation et d'adaptation, Ouagadougou, 3 octobre 2003.
139. **Umunezero, O.**, Principales activités réalisées au sein de station zootechnique de l'ISAR SONGA pour l'augmentation des performances zootechniques de la race Ankolé par l'amélioration de son génotype et de son phénotype, Rapport de stage Inédit, Faculté d'agronomie, UNR, Butare, 50pp., 2002.
140. **UNEP**, Handbook on Methods for Climate Impact Assessment and Adaptation Strategies, Version 2.
141. **UNFCCC**, Comprendre les changements climatiques : visite guidée à l'intérieur de la Convention – cadre des Nations Unies et de son Protocole de Kyoto, Genève, 1999.
142. **UNFCCC**, Guidelines for Impact and Adaptation Assessment: Design versus Implementation Issues, June 2001.
143. **UWIZEYIMANA, L.**, Périodicité des Crises alimentaires au Rwanda, Essai.

ANNEXES

Annexe 1. Tableau de données à utiliser dans les calculs pour le secteur de l'énergie

1.1 Importations/Consommations (1000 tonnes ; TJ)

Carburant	Année & Réf.	2003 MINICOM	2004 Kérosène, Diesel, LPG & et Jet Kérosène	2005 Kérosène & Diesel	2006 MINICOM	2007 MINICOM
	Fact Convers					
1 Pétrole	44,8TJ/ 1000t	30,24231/39,87962 $\Delta = -9,63731$ 1354,855/1786,607	38,163344/41,510209 $\Delta = -3,34687$ 1709,718/1859,657	44,409935/43,258093 $\Delta = 1,151842$ 1989,565/1937,963	49,827436/48,082198 $\Delta = 1,745238$ 2232,269/2154,082	49,97787/50,92147 $\Delta = -0,9436$ 2239,009/2281,282
2 Gasoil R= Route IE = Industrie de l'Energie	43,33	23,98753/38,74596 $\Delta = -14,7584$ 1063,367/1717,608	43,402604/43,386125 $\Delta = 0,016479$ 1924,037/1923,307	55,79709/56,45385 $\Delta = -0,65676$ 2473,485/2502,599 R=42,35725= 1835,338 TJ IE = 14,09664=610,8074112TJ	78,330908/76,086146 $\Delta = 2,244762$ 3472,409/3372,899 R=47,559796=2060,76596068TJ IE =28,52635=1236,04675 TJ	83,30406/82,61766 $\Delta = 0,6864$ 3692,869/3662,441
3 Jet Kérosène BNR	44,59	0,00267/	1,11410/ 49,677719			
3 Kérosène	44,75	13,37048/11,89765 $\Delta = 1,47283$ 598,329/532,4198	12,690837/12,979586 $\Delta = -0,288749$ 567,915/580,8365	10,61913/10,36358 $\Delta = 0,25555$ 475,2061/463,7702	10,841599/10,694699 $\Delta = 0,1469$ 485,1616/478,5878	11,89222/12,03038 $\Delta = -0,13816$ 532,1768/538,3595
4 Fuel Oil	40,19	14,40791/6,98758 $\Delta = 7,42033$ 579,0539/280,8308	5,808653/7,297785 $\Delta = -1,48913$ 233,4498/293,298	9,543916/9,016033 $\Delta = 0,527883$ 383,57/362,3544	5,551083/5,319232 $\Delta = 0,231851$ 223,098/213,7799	3,36123/4,33870 $\Delta = -0,97747$ 135,0878/174,3724
5 GPL	47,31	0,237/ 11,21247	0,215/ 10,17165	0,31/ 14,6661/	0,336/ 15,89616	
6 Lubrifiants	40,19	0,96047/ 38,6012893	1,39088/ 55,8994672	1,604/ 64,46476	1,178/ 47,34382	

1.2. Données de Jet Kérosène en litres (densité = 807,5 : moyenne entre 775 et 840, KOBIL) : 7.826.205 en 2003, 7.245.511 en 2004, 8.253.931 en 2005, 9.211.244 en 2006

Données classées unilatéralement dans les Bunkers Internationaux (BI) après soustraction des données fournies par la BNR (supposées: Consommation interne /Vols Intérieurs). Pour les années sans données de la BNR, les données ont été générées par règle de trois en se référant aux données 2004 : $VI=1,11410/5,8507501325= 19\%$; $BI = 81\%$

(1000 tonnes= ... TJ)

3' Jet Kérosène	44,59	6,3196605375= 281,793663367125 TJ ; (-0,00267= BI =6,3169905375)	5,8507501325 = 260,884948408175 TJ (-1,11410=BI= 4,7366501325)	6,6650492825 = 297,194547506675 TJ (-1,266359363675=BI= 5,398689918825)	7,43807953 = 331,6639662427 TJ (-1,4132351107 = BI= 6,0248444193)	
Valeurs TJ		0,1190553 281,674608067125	49,677719 211,207229408175	56,46696402626825 240,72758348040675	63,016153586113 268,647812656587	

NB. : Les données 2003 ont été fournies par MINICOM, à l'état brut avec comme unité le kg ou tonne (et non le litre!)

1.3. Importations des produits pétroliers (tonnes)

	Fuel oil	Essence	Kérosène	Diesel	LPG	Jet Kérosène
2003	14407,91	30242,31	13370,48	23987,53	237	2,67
2004	5943,17	37905,48	12690,84	43402,6	215	1114,10
2005	9764,93	44109,87	10619,13	55797,09	310	
2006	5740,02	50436,43	10841,60	79668,77	336	

1.4. Consommation des produits pétroliers (tonnes)

	Fuel lourd	Essence	Kérosène	Diesel
2003	6987,58	39879,62	11897,65	38745,96
2004	7466,79	41229,73	12979,59	43386,13
2005	9224,83	42965,81	10363,58	56453,85
2006	5153,87	49273,36	10694,70	77696,88
2007	3906,28	36973,72	8874,71	61366,11

1.5 Importations sans données sur les consommations

Produit (t)\Année	2003
Pétrole	41.114
Gasoil	28.357
Kérosène	16.818
Fuel Oil	14.823
GPL	237

- Pour la densité (ρ) de l'essence on prend systématiquement la valeur de 0,740 nous donnée par un échantillon de bordereau du MINICOM. Cette valeur est dans les normes des essences importées du Kenya ($\rho \leq 0.780$; documents KOBIL)
- Pour le diesel on garde le $\rho = 0.840$ compris entre 0.820 et 0.870 (documents KOBIL)
- Pour le kérosène on garde le $\rho = 0.795$
- Pour le Fuel Oil on prend $\rho = 0.950$ au lieu de $\rho = 0.972$ pris en compte antérieurement
- Les produits pétroliers qui alimentent le Rwanda et le Burundi viennent du Kenya. Le Kenya lui-même achète ses produits essentiellement de BAHREIN. Il importe 30 % de produits raffinés et 70 de brut qu'il raffine lui-même avant de le distribuer au Kenya, au Rwanda et au Burundi.
- Incertitudes sur les carburants :
 - Essence : 0,3 %
 - Diesel : 0,2 %
- La seule valeur disponible pour les produits pétroliers du BAHREIN est celle du « Crude Oil » PCI : 42.71 MJ/kg (Revised 1996 IPCC, Guidelines for National Greenhouse Gases Inventories : User Manual p.1-16)

Annexe 2. Informations sur le traitement de données

2.1. Traitement des données brutes fait pour employer le logiciel

- ⊗ Les données MINICOM sur les combustibles 2004, 2005 et 2006 étant en litres, il a fallu les transformer en kg (tonnes, kilotonnes). Pour cela on a employé les masses volumiques suivantes :
 - Essence : 0,740 (valeur MINICOM)
 - Diesel : 0,840 (cfr. valeur ...)
 - Fuel-oil : 0,950 (cfr. valeur ...)
 - Kérosène (pétrole) : 0,795 (valeur KOBIL)
 - Jet Kérosène : 807,5 (moyenne entre 775 et 840, valeurs limites KOBIL)
- ⊗ Traitement des données sur le Jet Kérosène
Comme on avait les données de BNR uniquement pour 2003 et 2004, on a supposé qu'elles concernaient le Jet Kérosène de consommation interne (CI) et le solde pour les Bunkers Internationaux (BI). Pour les années sans données de BNR, on a généré la ventilation par la règle de trois en se référant à l'année 2004 pour les vols intérieurs ($1,11410/5,8507501325 = 19\%$) et le solde pour Bunkers Internationaux, soit BI = 81 %

2.2 Estimation des incertitudes

- ⊗ Incertitudes sur les volumes des carburants (valeurs KOBIL) :
 - Essence : 0,3 %
 - Diesel : 0,2 %
- ⊗ Incertitudes sur les densités des carburants :
 - Diesel : entre 0,815 (0,820) et 0,865 (0,870) : (valeurs KOBIL) ; soit +/- 3 % (0,025/0,840)
 - Essence : densité max 0,780 (KOBIL) ; soit $(0,780-0,740)/0,740 = 5\%$
- ⊗ Combinaison des incertitudes sur la quantité des carburants (Rappel : Multiplication)
Incertitude finale = Racine carrée des sommes des carrés des incertitudes
 - Diesel : $\approx 3\%$
 - Essence : $\approx 5\%$
- ⊗ Incertitudes sur certains facteurs d'émission
 - Essence : Pour les émissions de CH₄ et N₂O pour les moteurs à deux temps (motocyclettes) les facteurs d'émissions par défaut à employer selon le GIEC sont trois fois plus grands que pour les moteurs à quatre temps. Comme on ne connaissait pas la quantité d'essence consommée par ces motocyclettes, on a utilisé les facteurs d'émission des moteurs à quatre temps! On a ainsi sous-estimé les émissions de CH₄ et N₂O!

Pour 2005, si on estime le nombre de motos au quart de tout le parc automobile roulant à l'essence et la quantité d'essence consommée par une moto (taxi moto) à la moitié de celle d'un véhicule à moteur à quatre temps en moyenne, il faudrait ajouter aux émissions ci-haut cités une valeur de $200\% \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{2}$, soit 25 % ou considérer un facteur d'émission 1,25 fois plus grand que celui utilisé. L'incertitude des émissions de CH₄ et N₂O pour l'essence est donc de 25 %.

Annexe 3. Tableau récapitulatif des résultats du logiciel en corrigeant l'erreur de la cellule K25

Ce tableau correspond au sheet 1-3s1 (Other biomass and Waste) ; il ne concerne pas le CO₂

GHG (en Gg)

Méthode/gaz		Activité	Combustible	2003	2004	2005	2006
Méthode de référence ; CO ₂							
			Gazoline	122,57	127,59	132,96	147,79
			Jet kérosène	0,01	3,52	4,00	4,46
		(1-1s4-5)	J. K. Memo (Int.Bunkers)	19,94	14,95	17,04	19,02
			Other kérosène	37,88	41,33	33,00	34,05
			Diesel	123,10	137,85	179,37	241,74
			Fuel Oil	21,51	22,46	27,71	16,37
			LPG	0,70	0,64	0,92	1,00
			Lubrifiants	1,42	2,05	2,36	1,74
			Total	307,20	335,43	380,36	447,15
Méthode sectorielle (Tier 1)							
a) CO ₂	1. Combustibles Minéraux	Industries de l' Energie	Diesel	0	0	44,79	90,63
		Man. Ind & Constr. ; Procédé thermique	Fuel oil (1-2s4-4B)	21,51	22,46	27,75	16,37
		Transport (1-2s5-6)	Essence	122,57	127,59	132,96	147,79
			Diesel	123,10	137,85	134,58	151,11
			Lubrifiants	1,42	2,5	2,36	1,74
			Jet kérosène	0,01	3,52	4,00	4,46
		(1-2s7-8)	JK, Internat. Aviat (Memo)	19,94	14,95	17,00	19,20
			Total Transport	247,10	271,00	273,90	305,09
		Résidentiel	Autre kérosène	37,88	41,33	33,00	34,05
			LPG	0,70	0,64	0,92	1,00
			Total Résidentiel	38,58	41,96	33,92	35,05
		Total Comb. Minéraux		307,19	335,42	380,36	447,14

	2. Mémo (biomasse)	Résidentiel	Bois	6329,11	6550,63	6779,90	7029,76
			Charbon	375,32	388,46	402,05	416,43
			Résidus végétaux	42,76	44,25	45,80	47,49
			<i>Total Biomasse</i>	<i>6747,19</i>	<i>6983,35</i>	<i>7227,6</i>	<i>7493,68</i>

Méthode/gaz		Activité	Combustible	2003	2004	2005	2006
b) CH ₄ (PRP=21)	1. Combustibles Minéraux	Industries de l'Energie	Diesel	≈0	≈0	≈0	≈0
		Man. Ind & Constr. ; procédé thermique	Fuel oil	≈0	≈0	≈0	≈0
		Transport	Essence				
			Diesel				
			JK, Dom. Aviation	≈0	≈0	≈0	≈0
			JK, Internat. Aviat	≈0	≈0	≈0	≈0
			<i>Total Transport Equiv CO2</i>	<i>0,04 0,84</i>	<i>0,05 1,05</i>	<i>0,05 1,05</i>	<i>0,05 1,05</i>
		Résidentiel	Autre kérosène				
			LPG				
	2. Biomasse		Biomasse				
			<i>Total Residential Equiv CO2</i>	<i>18,50 388,5</i>	<i>19,14 401,94</i>	<i>19,81 416,01</i>	<i>20,54 431,34</i>
	<i>Total CH4</i>		<i>Equiv CO2</i>	<i>18,54 389,34</i>	<i>19,19 402,99</i>	<i>19,86 417,06</i>	<i>20,60 432,6</i>

c) N2O (PRP=310)	1. Combustibles Minéraux	Industries de l'Energie	Diesel	≈0	≈0	≈0	≈0
		Man. Ind & Constr. ; Procédé thermique	Fuel oil	≈0	≈0	≈0	≈0
		Transport	Essence				
			Diesel				
			JK, Dom. Aviation	≈0	≈0	≈0	≈0
			JK, Internat. Aviat	≈0	≈0	≈0	≈0
			<i>Total Transport</i>	<i>≈0</i>	<i>≈0</i>	<i>≈0</i>	<i>≈0</i>
		Résidentiel	Autre kérosène				
			LPG				
	2. Biomasse		Biomasse				
			<i>Total Résidentiel Equiv CO2</i>	<i>0,24 74,4</i>	<i>0,25 77,5</i>	<i>0,26 80,6</i>	<i>0,27 83,7</i>
	<i>Total N2O</i>		<i>Equiv CO2</i>	<i>0,24 74,4</i>	<i>0,25 77,5</i>	<i>0,26 80,6</i>	<i>0,27 83,7</i>

Méthode/gaz		Activité	Combustible	2003	2004	2005	2006
d) NOx	1. Combustibles Minéraux	Industrie de l'Énergie	Diesel	0	0	0,07	0,25
		Man. Ind & Constr. ; Procédé thermique	Fuel oil	0,06	0,06	0,07	0,04
		Transport	Essence				
			Diesel				
			JK, Dom. Aviation	≈0	0,01	0,02	0,02
			JK, Internat. Aviat	0,08	0,06	0,07	0,08
			Total Transport R	6,31	6,81	6,79	7,59
		Résidentiel	Autre kérosène				
			LPG				
	2. Biomasse		Biomasse				
			Total Résidentiel	6,33	6,56	6,77	7,02
	Total NOx			12,7	13,44	13,78	14,92

Méthode/gaz		Activité	Combustible	2003	2004	2005	2006
d) CO	1. Combustibles Minéraux	Energy Industries	Diesel	0	0	0,01	0,02
		Man. Ind & Constr. ; Procédé thermique	Fuel oil	≈0	≈0	≈0	0,01
		Transport	Essence				
			Diesel				
			JK, Dom. Aviation	0	0	0,01	0,01
			JK, Internat. Aviat	0,03	0,02	0,02	0,03
			Total Transport R	16,01	16,80	17,34	19,29
		Résidentiel	Autre kérosène				
			LPG				
	2. Biomasse		Charbon	24,45	25,309	26,195	27,131
			Bois	294,54	304,849	315,52	327,146
			Résidus	1,99	2,060	2,132	2,210
			Total Résidentiel	320,99	332,23	343,85	356,50
	Total CO			333,24	349,30	362,12	375,82

Méthode/gaz		Activité	Combustible	2003	2004	2005	2006
d) COVNM	1. Combustibles Minéraux	Industrie de l'Energie	Diesel	0	0	0	0,01
		Man. Ind & Constr. ; Procédé thermique	Fuel oil	≈0	≈0	≈0	≈0
		Transport	Essence				
			Diesel				
			JK, Dom. Aviation	≈0	≈0	≈0	≈0
			JK, Internatio. Aviat	0,01	0,01	0,01	0,01
			Total Transport R	3,02	3,17	3,27	3,64
		Résidentiel	Autre kérosène				
			LPG				
	2. Biomasse		Biomasse				39,91
			Total Résidentiel	35,94	37,19	38,49	39,91
	Total COVNM			38,96	40,37	41,78	43,57

Méthode/gaz		Activité	Combustible	2003	2004	2005	2006
d) SO2	1. Combustibles Minéraux	Industrie de l'Energie (1-4s1)	Diesel	0	0	0,08	0,17
		Man. Ind & Constr. ; Procédé thermique (1-4s2)	Fuel oil	0,56	0,58	0,72	0,43
		Transport	Essence	0,06	0,08	0,09	0,10
			Diesel	0,17	0,27	0,25	0,29
			JK, Dom. Aviation	≈0	≈0	≈0	≈0
		(1-4s3)	JK, Internat. Aviat	0,06	0,0	0,01	0,01
			Total Transport	0,23		0,34	0,38
	(1-4s4)	Commercial +Résidentiel +	Autre kérosène	0,01	0,01	0,01	0,01
			LPG	-	-	-	-
	2. Biomasse	(1-4s4)	Charbon	0,07	0,07	0,07	0,08
			Bois	15,71	16,26	16,83	17,45
			Résid	0,02	0,02	0,02	0,02
			Total Com & Rés	15,81	16,36	16,93	17,55
	Total SO2						

Annexe 4. Feuilles de calcul du GIEC

EN-TETE

Pays	Rwanda
Année inventoriée	2005
Titre de l'Inventaire	INVENTAIRE DES GAZ A EFFET DE SERRE
Personne de Contact	Alphonse MUTABAZI
Titre	Consultant
Organisation	Rwanda Environment Management Authority
Adresse	B.P. 7436 Kigali
	Rwanda
Phone	(+250) 722192752 / 785745057
Fax	
E-mail	mutalpho@hotmail.com
L'incertitude est-elle adressée?	
Documents liés classés avec UNFCCC	Décision 17/CP.8

1. TABLEAU 1 RAPPORT SECTORIEL POUR L'ENERGIE (Feuille 1 sur 3)

RAPPORT SECTORIEL POUR LES INVENTAIRES NATIONAUX DES GAZ A EFFET DE SERRE (Gg)							
SOURCE DE GAZ A EFFET DE SERRE ET CATEGORIES D'ABSORPTION	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	COVNM	SO ₂
Total de l'Energie	380	20	0	14	361	42	18
A Activités de combustion de carburant (Approche Sectorielle)	380	20	0	14	361	42	18
1 Industries de l'Energie	45	0	0	0	0	0	0
a Electricité Publique et Production de la Chaleur							
b Raffinage du Pétrole							
c Fabrication des Carburants Solides et Autres Industries de l'Energie							
2 Industries de Fabrication et de Construction	28	0	0	0	0	0	1
a Fer et Acier							
b Métaux Non-Ferreux							
c Produits Chimiques							
d Pâte à papier, Papier et Tirage							
e Transformation des aliments, Boissons et Tabac							
f Autres (veuillez spécifier)							

2. TABLEAU 1 RAPPORT SECTORIEL POUR L'ENERGIE (Feuille 2 sur 3)

RAPPORT SECTORIEL POUR LES INVENTAIRES NATIONAUX DES GAZ A EFFET DE SERRE							
(Gg)							
SOURCE DE GAZ A EFFET DE SERRE ET CATEGORIES D'ABSORPTION	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	COVNM	SO ₂
3 Transport	274	0	0	7	17	3	0
a Aviation Civil	4	0	0	0	0	0	
b Transport Routier	270	0	0	7	17	3	
c Chemins de Fer	0	0	0	0	0	0	
d Navigation	0	0	0	0	0	0	
e Autre (veuillez spécifier)	0						
Transport par Pipeline	0						
4 Autre Secteurs	34	20	0	7	344	38	17
a Commercial/Institutionnel	0	0	0	0	0	0	
b Résidentiel	34	20	0	7	344	38	
c Agriculture/Foresterie/Pêche	0	0	0	0	0	0	
5 Autre (veuillez spécifier)	0	0	0	0	0	0	0
B Emissions Fugitives provenant des Carburants	0	0	0	0	0	0	0
1 Carburants Solides	0	0	0	0	0	0	0
a Minage du Charbon		0					
b Transformation des carburants Solides							
c Autres (veuillez spécifier)							
2 Pétrole et Gaz Naturelle	0	0	0	0	0	0	0
a Pétrole		0		0	0	0	0
b Gaz Naturelle		0					
c Déchargement et torchage		0					

3. TABLEAU 1 RAPPORT SECTORIEL POUR L'ENERGIE (Feuille 3 sur 3)

RAPPORT SECTORIEL POUR LES INVENTAIRES NATIONAUX DES GAZ A EFFET DE SERRE (Gg)							
SOURCE DE GAZ A EFFET DE SERRE ET CATEGORIES D'ABSORPTION	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	COVNM	SO ₂
Notes ⁽¹⁾							
Soutes Internationales	17	0	0	0	0	0	0
Aviation	17	0	0	0	0	0	0
Maritime	0	0	0	0	0	0	0
Emissions de CO₂ par la Biomasse	7,228						

(1) Ne pas inclure les totaux pour l'énergie

4. TABLEAU 2 RAPPORT SECTORIEL POUR LES PROCÉDES INDUSTRIELS (Feuille 1 sur 2)

RAPPORT SECTORIEL POUR LES INVENTAIRES NATIONAUX DE GAZ A EFFET DE SERRE (Gg)													
SOURCE DE GAZ A EFFET DE SERRE ET CATEGORIES D'ABSORPTION	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	COVNM	SO ₂	HFCs		PFCs		SF ₆	
								P	A	P	A	P	A
Total des Procédés Industriels	151	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A Produits Minéraux	151	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 Production du Ciment	75						0						
2 Production de la Chaux	75												
3 Utilisation de la Pierre à Chaux et Dolomite	0												
4 Production du Carbonate de Soude et Utilisation	0												
5 Couverture par Bitume					0	0							
6 Pavement de Route par Bitume						0							
7 Autre (veuillez spécifier)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Production du Verre						0							
Pierre de Ponce en Béton							0						
B Industrie Chimique	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 Production de l'Ammoniaque	0				0	0	0						
2 Production de l'Acide Nitrique			0	0									
3 Production de l'Acide Adipique			0	0	0	0							
4 Production du Carbure	0	0											
5 Autres (veuillez spécifier)		0		0	0	0	0						
C Production Métallique	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 Production du Fer et de l'Acier	0			0	0	0	0						
2 Production de Ferroalliages	0												
3 Production d'Aluminium	0			0	0		0				0		
4 SF ₆ Utilisé dans les fonderies d'Aluminium et de Magnésium													0
5 Autre (veuillez spécifier)	0												

P = Emissions Potentiels basées sur l'Approche Tier 1. A = Emissions réelles basées sur l'Approche Tier 2. Ceci est uniquement appliqué dans les secteurs où les méthodologies existent pour les deux Tiers.

5. TABLEAU 2 RAPPORTS SECTORIEL POUR LES PROCEDES INDUSTRIELS (Feuille 2 sur 2)

RAPPORT SECTORIEL POUR LES INVENTAIRES NATIONAUX DE GAZ A EFFET DE SERRE (Gg)													
SOURCE DE GAZ A EFFET DE SERRE ET CATEGORIES D'ABSORPTION	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	COVNM	SO ₂	HFCs		PFCs		SF ₆	
								P	A	P	A	P	A
D Autres Productions	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 Pâte de papier et Papier				0	0	0	0						
2 Aliments et Boissons						0							
E Production des Halocarbures et Hexafluorures de soufre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 Emissions des Produits dérivés									0		0		
2 Emissions Fugitives									0		0		
3 Autres (veiller spécifier)													
F Consommation des Halocarbures et Hexafluorures de Soufre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 Equipements de Réfrigération et de Conditionnement d'Air									0		0		
2 Gonflement de la mousse									0		0		
3 Extincteurs de feux									0		0		0
4 Aérosols									0		0		
5 Solvants									0		0		
6 Autres (veuillez spécifier)									0		0		0
G Autres (veuillez spécifier)													

P = Emissions potentielles basées sur l'approche Tier 1. A=Emissions réelles basées sur l'approche Tier 2. Ceci est uniquement appliqué dans les secteurs où les méthodologies existent pour les deux Tiers.

**6. TABLEAU 3 RAPPORT SECTORIEL POUR L'UTILISATION DES SOLVANTS ET AUTRES PRODUITS
(Feuille 1 sur 1)**

RAPPORT SECTORIEL POUR LES INVENTAIRES NATIONAUX DE GAZ A EFFET DE SERRE (Gg)			
SOURCE DE GAZ A EFFET DE SERRE ET CATEGORIES D'ABSORPTION	CO₂	N₂O	COVNM
Total d'Utilisations des Solvants et Autres Produits	0	0	0
A Application de Peinture			
B Dégraissage et Nettoyage à Sec			
C Produits Chimiques, Fabrication et Traitement			
D Autres (veuillez spécifier)			

Considérer aussi la quantité de carbone relâché en forme de COVNM dans les deux colonnes COVNM et CO₂.

NB : Les Directives d'IPCC Révisées en 1996 ne fournissent pas de méthodologies pour calculer les émissions de N₂O provenant des solvants et autre utilisations du produit. Si vous avez rapporté sur ces données, vous devriez fournir également des informations supplémentaires (données d'activités et facteurs d'émissions utilisés pour effectuer ces estimations).

7. TABLEAU 4 RAPPORT SECTORIEL POUR L'AGRICULTURE (Feuille 1 sur 2)

RAPPORT SECTORIEL POUR LES INVENTAIRES NATIONAUX DE GAZ A EFFET DE SERRE (Gg)					
SOURCE DE GAZ A EFFET DE SERRE ET CATEGORIES D'ABSORPTION	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	COVNM
Total Agriculture	48.814	10	0	9	0
A Fermentation Entérique	45.494				
1 Bétails	35.398				
2 Buffles	0.000				
3 Brebis	3.434				
4 Chèvres	6.320				
5 Chameaux et Lamas	0.000				
6 Chevaux	0.000				
7 Mules et ânes	0.000				
8 Pourceaux	0.342				
9 Volailles	0.000				
10 Autres (veuillez spécifier)					
B Gestion des Fumier	1.799	0			
1 Bétails	1.079				
2 Buffles	0.000				
3 Brebis	0.110				
4 Chèvres	0.215				
5 Chameaux et Lamas	0.000				
6 Chevaux	0.000				
7 Mules and ânes	0.000				
8 Pourceaux	0.342				
9 Volailles	0.053				

8. TABLEAU 4 RAPPORT SECTORIEL POUR L'AGRICULTURE (Feuille 2 sur 2)

RAPPORT SECTORIEL POUR LES INVENTAIRES NATIONAUX DE GAZ A EFFET DE SERRE (Gg)					
SOURCE DE GAZ A EFFET DE SERRE ET CATEGORIES D'ABSORPTION	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	COVNM
B Gestion des Fumiers (cont...)					
10 Anaérobique		0.505585			
11 Systèmes des Liquides		0.505585			
12 Stockage des Solides et Parcelle Sèche		1.011170			
13 Autres (veuillez spécifier)		2.022339			
C Riziculture	1.110				
1 Irriguée	1.110				
2 Pluviale	0.000				
3 Eau Profonde	0.000				
4 Autres (veuillez spécifier)					
D Sols Agricoles		9.30			
E Brûlage prescrit de savanes	0.00130	0.00002	0.00102	0.03410	
F Brûlage sur place des résidus agricoles ⁽¹⁾	0.410	0.010	0.200	8.530	
1 Céréales					
2 Battage					
3 Tubercule et racine					
4 Cane à Sucre					
5 Autres (veuillez spécifier)					
G Autres (veuillez spécifier)					

9. TABLE 5. RAPPORT SECTORIEL POUR L’AFFECTATION DES TERRES ET FORESTERIE (Feuille 1 sur 1)

RAPPORT SECTORIEL POUR LES INVENTAIRES NATIONAUX DE GAZ A EFFET DE SERRE (Gg)						
SOURCE DE GAZ A EFFET DE SERRE ET CATEGORIES D’ABSORPTION	CO₂ Emissions	CO₂ Absorptions	CH₄	N₂O	NO_x	CO
Total Affectation des Terres et Foresterie	(1) 0	(1) - 8,545	0.47000	0	0.093350	1,957
A Changements en stocks de Forêt et autres biomasses boisés	(1)	(1)	0.47000	0.00	0.093350	
1 Forêts Tropicales						
2 Forêts Tempérées						
3 Forêts Boréales						
4 Prairies/Toundra						
5 Autres (veuillez spécifier)						
B Conversion de Forêt et Prairie	455		0.00000	0	0.000000	1,957
1 Forêts Tropicales	455					
2 Forêts Tempérées	0					
3 Forêts Boréales	0					
4 Prairies/Toundra	0					
5 Autres (veuillez spécifier)	0					
C Abandon des Terres Aménagées		- 9,000				
1 Forêts Tropicales		- 9,000				
2 Forêts Tempérées		0				
3 Forêts Boréales		0				
4 Prairies/Toundra		0				
5 Autres (veuillez spécifier)		0				
D Emissions et Absorptions du CO2 Emissions du Sol	(1) 0	(1) 0				
E Autres (veuillez spécifier)						

10. TABLE 5B (FACULTATIF) rapport sectoriel pour l'utilisation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie (Utilisant les catégories de l'IPCC Good Practice Guidance on Land Use, Land-Use Change and Forestry) (Feuille 1 sur 1)

RAPPORT SECTORIEL POUR LES INVENTAIRES NATIONAUX DE GAZ A EFFET DE SERRE (Gg)							
SOURCE DE GAZ A EFFET DE SERRE ET CATEGORIES D'ABSORPTION		CO ₂ Emissions	CO ₂ Absorptions	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO
Total Utilisation des Terres, Changement d'Affectation des Terres et Foresterie		454.8	9,000.0	0.1470	0.0035	0.050000	1,957.0
A. Terres couvertes de Forêts		260.0	8,750.0	0.0743	0.0000	0.000000	1,957.0
	1. Terres couvertes de Forêts restant Terres couvertes de Forêts	260.0	8,750.0	0.0723	0.0000	0.000000	1,957.0
	2. Terres Converties en forêts	0.0	0.0	0.0020	0.0000	0.000000	0.0
B. Terres agricoles		64.8	0.0	0.0000	0.0000	0.000000	0.0
	1. Terres Agricoles restant Terres Agricoles	64.8	0.0	0.0000	0.0000	0.000000	0.0
	2. Terres Converties en Terres Agricoles	0.0	0.0	0.0000	0.0000	0.000000	0.0
C. Prairies		0.0	0.0	0.0000	0.0000	0.000000	0.0
	1. Prairies restant Prairies	0.0	0.0	0.0000	0.0000	0.000000	0.0
	2. Terres Converties en Prairies	0.0	0.0	0.0000	0.0000	0.000000	0.0
D. Marais		130.0	0.0	0.0728	0.0035	0.050000	0.0
	1. Marais restants Marais	130.0	0.0	0.0728	0.0035	0.050000	0.0
	2. Terres Converties en Marais	0.0	0.0	0.0000	0.0000	0.000000	0.0
E. Habitations		0.0	250.0	0.0000	0.0000	0.000000	0.0
	1. Habitations restant Habitations	0.0	250.0	0.0000	0.0000	0.000000	0.0
	2. Terres Converties en Habitations	0.0	0.0	0.0000	0.0000	0.000000	0.0
F. Autres Terres		0.0	0.0	0.0000	0.0000	0.000000	0.0
	1. Autres Terres restant Autres Terres			0.0000	0.0000	0.000000	0.0
	2. Terres Converties en Autres Terres			0.0000	0.0000	0.000000	0.0
G. Autres (Veillez spécifier)		0.0	0.0	0.0000	0.0000	0.000000	0.0
	Produits boisés récoltés						
Information items							
Terre Forestiere Convertie en Autres Categories d'Affectation des Terres							
Prairie Convertie en Autres Catégories d'Affectation des Terres							

11. TABLEAU 6 rapport sectoriel pour les déchets (Feuille 1 sur 1)

RAPPORT SECTORIEL POUR LES INVENTAIRES NATIONAUX DE GAZ A EFFET DE SERRE (Gg)						
SOURCE DE GAZ A EFFET DE SERRE ET CATEGORIES D'ABSORPTION	CO ₂ ⁽¹⁾	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	COVNM
Total Déchets	0	3	0			
A Elimination des Déchets Solides sur Terrain	0	1	0			
1 Elimination de Déchets Aménagée sur Terrain						
2 Sites d'Elimination de Déchets Non-Aménagées						
3 Autres (Veillez spécifier)						
B Maniement des Eaux Usées	0	2	0			
1 Eaux Usées Industrielles		0				
2 Eaux Usées Domestique et Commerciales		2	0			
3 Autres (veillez spécifier)						
C Incinération des Déchets						
D Autres (veillez spécifier)						

Annexe 5. LISTE DES PERSONNES ET EXPERTS IMPLIQUES

MINIRENA

- Stanislas KAMANZI, Ministre de l'Environnement et des Terres
- Caroline KAYONGA, Secrétaire Permanent

MINETERE

- Christophe BAZIVAMO, Ministre des Terres, de l'Environnement, des Forêts et des Mines
- Patricia HAJABAKIGA, Secrétaire d'Etat chargé des Terres et de l'Environnement
- MUNYANGANIZI BIKORO, Secrétaire d'Etat chargé de l'Environnement, de l'Eau et des Mines
- Vincent KAREGA, Secrétaire d'Etat chargé de l'Environnement et des Mines
- Emmanuel NSANZUMUGANWA

REMA

- Dr. Rose MUKANKOMEJE, Directrice Générale
- Godfrey MULIGO, Directeur Administratif et Financier

UNITE DE COORDINATION DU PROJET « RWANDA: PREPARATION DE LA DEUXIEME COMMUNICATION NATIONALE RELATIVE A LA CCNUCC »

- Charles URAMUTSE, Coordinateur National
- Josélyne MUTESI, Secrétaire Administratif/Comptable du Projet

RESPONSABLES/UNEP/GEF DES PROGRAMMES DE COMMUNICATIONS NATIONALES

- Dr.George MANFUL, Senior Task Manager, UNEP, Nairobi/Kenya
- Martin OKUN, Administration et Finance, UNEP/GEF, Nairobi/Kenya

CONSULTANTS INTERNATIONAUX POUR LA FORMATION EN METHODOLOGIES DE:

- INVENTAIRE DES GES :
Prof. Ayite-Lo AJAVO, Togo
- ATTENUATION DES GES:
Audace NDAYIZEYE, Burundi
- VULNERABILITE ET ADAPTATION AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES:
Bubu Pateh JALLOW, Gambie

EXPERTS NATIONAUX :

Groupe de travail I : Condiitions Propres au pays et Inventaire des GES

- COORDINATION : - Alphonse MUTABAZI, REMA, Consultant,

- SECTEUR DE L'ENERGIE : - Silas RUZIGANA, MININFRA,
- Fidèle RURIHOSE, IRS
- Cyprien HAKIZIMANA, IRST
- SECTEURS DE L'INDUSTRIE ET GESTION DES DECHETS
- Aloys KAMATARI, UNR
- Egide NKURANGA, UNR
- SECTEURS DE L'AGRICULTURE ET UTILISATION DES TERRES, CHANGEMENT D'AFFECTATION DES TERRES ET FORESTERIE:
- Désiré KAGABO, ISAR
- Gislain NGOGA TENGE, ISAR
- Didace KAYIRANGA, ISAR
- Emmanuel TWAGIRAYEZU, MINAGRI

Groupe de travail II: Atténuation des GES

- Alphonse MUTABAZI, REMA, Consultant,
- Silas RUZIGANA, MININFRA,
- Désiré KAGABO, ISAR
- Gislain NGOGA TENGE, ISAR

Groupe d'études III : Vulnérabilité et Adaptation aux changements climatiques

- SCENARIOS CLIMATIQUES :
John SEMAFARA NTAGANDA, Service Météorologique National/MININFRA
- RESSOURCES EN EAU:
Sylvère MUNYANEZA, PRIMATURE
- FORETS :
Jacques KARUMIYA MOSSANGO
- AGRICULTURE ET SECURITE ALIMENTAIRE:
J.B UWIZEYIMANA., MINAGRI,
- SANTE:
Maximilien USENGUMUREMYI

Groupe de travail IV :

- AUTRES INFORMATIONS JUGEES UTILES POUR ATTEINDRE L'OBJECTIF DE LA CONVENTION
- DIFFICULTES, LACUNES RELEVES, RESSOURCES FINANCIERES, MOYENS TECHNIQUES ET CAPACITES NECESSAIRES POUR Y REMEDIER :
Pierre Lutumba ILUNGA, Professeur à KIE

Compilation :

Pierre Lutumba ILUNGA, Professeur à KIE

COMITE NATIONAL SUR LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

1	MUNYANEZA	SYLVERE	PRIMATURE
4	UWIMANA	SUZANNE	MINITERE, Point Focal CDB
5	DUSABEYEZU	SEBASTIEN	MINITERE/REMA/RDB, Point Focal CCNCC
6	RUZIGANA	SILAS	MININFRA
7	URAMUTSE	CHARLES	MINITERE/MINELA/REMA, Coordinateur National du Projet
8	SEMAFARA N.	JOHN	MININFRA
9	UWIZEYIMANA	J.BAPTISTE	MINAGRI
		JULES	
10	MUSABE	SIMON	MINEDUC
11	USENGUMUREMYI	MAXIMILIEN	MINECOFIN
12	KALISA	NYIRIMBIBI	UNR
	Dr.		
13	SEBASHONGORE	DIEUDONNE	KIST
14	HAKIZIMANA	CYPRIEN	IRST
15	KAGABO M.	DESIRE	ISAR
16	RUTAGENGWA	ANTOINE	ELECTROGAZ
17	KABERA	JULIET	REMA, Point Focal Projet Ozone
18	KALIWABO B.	DESIRE	RWANDA RURAL REHABILITATION INITIATIVE (RWARRI)
19	KAREMERA G.	PROTAIS	CARE INTERNATIONAL AU RWANDA
20	HABIMANA	CLAUDIEN	MINAGRI, Point Focal CCD
21	KAYITARE	ANECTO	PROG. INTERN. DE CONSERVATION DES GORILLES (PICG)
22	MUKAKAMARI	DANCILLA	ASSOCIATION RWANDAISE DES ECOLOGISTES (ARECO)
23	RUTEMBESA	G.EMILE	OFFICE RWANDAIS DE NORMALISATION (ORN)
24	KARAMBI	DAVID	ACAPE
25	RUTAGENGWA	SHEMA	ARPET