



République du Sénégal
Un Peuple – Un But – Une Foi

Ministère de l'Environnement et de la Protection de la Nature
Direction de l'Environnement et des Etablissements Classés (DEEC)

DEUXIEME COMMUNICATION NATIONALE DU SENEGAL

Convention Cadre des Nations-Unies sur les Changements Climatiques



Préface

Le Sénégal a signé et ratifié la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC) respectivement en juin 1992 et en mai 1994. Ce présent rapport national fait le point sur les émissions de gaz à effet de serre (GES), les actions d'adaptation entreprises pour faire face aux impacts des changements climatiques, ainsi que les mesures d'atténuation des émissions de GES. Les inventaires des émissions sont aussi une obligation du Sénégal en vertu de la convention.

Cette deuxième communication nationale fait suite à celle soumise lors de la troisième conférence des Parties à la convention qui s'est tenue à Kyoto en 1997.

Le Sénégal est perpétuellement confronté aux effets adverses des changements climatiques du fait de sa façade maritime longue de 700 Km qui subit l'impact de l'élévation du niveau marin avec comme corollaire l'érosion côtière, l'intrusion saline dans les terres agricoles, la salinisation des ressources e eaux et la destruction des infrastructures.

Du fait d'une agriculture essentiellement pluviale, les perturbations climatiques risquent de compromettre les efforts de lutte contre la pauvreté et l'objectif d'atteindre l'autosuffisance alimentaire.

Aujourd'hui, les effets préjudiciables des changements climatiques sont réels et partagés par tous : les catastrophes naturelles sont de plus en plus fréquentes et dévastatrices et les pays en développement de plus en plus vulnérables. Les changements climatiques sont certes un phénomène mondial, mais ses effets néfastes sont plus durement ressentis par les populations des pays pauvres et des pays les moins avancés.

Il est aujourd'hui fondamental d'intégrer les mesures d'adaptation dans les stratégies de développement si nous voulons combattre efficacement l'impact des changements climatiques sur les conditions de vie des populations. C'est pourquoi le Ministère en charge de l'Environnement a inscrit cette dimension, comme axe principal de sa lettre de politique sectorielle. Cette option du Ministère vient ainsi renforcer les politiques et actions déjà entreprises par l'Etat du Sénégal à travers les programmes de :

- consolidation des zones vulnérables du littoral,
- reboisement de la partie sénégalaise de la grande muraille verte en Afrique,
- réalisation de bassins de rétention, et ;
- mise en place d'éco villages.

Ces programmes d'envergures requièrent l'assistance de la communauté internationale.

Je voudrais à cet effet rappeler l'appel de Son **Excellence Maitre Abdoulaye Wade Président** de la République du Sénégal, lors de la quinzième conférence des Parties à Copenhague (décembre 2009), aux pays développés pour qu'ils apportent leur assistance à ces grands chantiers Africains sur une base de volontariat.

J'invite la communauté internationale au respect de leurs engagements pris au titre de la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques. Ils doivent contribuer financièrement et d'une manière équitable, pour soutenir la mise en œuvre des programmes proposés dans la présente communication nationale qui, sans nul doute contribueront fortement à réduire la vulnérabilité des populations et à améliorer la capacité d'adaptation des écosystèmes.

Djibo Leïty KA



**Ministre d'Etat, Ministre de
l'Environnement de la Protection de la Nature
des Bassins de Rétention et Lacs artificiels**

Avant propos

Cette deuxième communication nationale du Sénégal a été préparée avec l'appui du Fonds Mondiale pour l'Environnement (FEM). Le Ministère de l'Environnement et de la protection de la Nature, en sa qualité de point focal national de la convention, par le biais de la Direction de l'Environnement et des Etablissements Classés, en a assuré la coordination. Cet exercice de recherche et de planification stratégique a été bien conduit à travers un processus participatif qui a su mobiliser tous les acteurs et institutions compétents dans le domaine des changements climatiques.

Je voudrais ici remercier ces acteurs de l'administration centrale, universitaires, organisations non gouvernementales et du secteur privé pour leur détermination.

Nos remerciements vont aussi à l'endroit du Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE), pour l'appui technique qu'il nous a apporté tout au long du processus d'élaboration de cette communication nationale.



Cheikh Ndiaye SYLLA :
Coordonnateur de la communication nationale

Acronymes

ADRAO	Association pour le Développement de la riziculture en Afrique de l'Ouest
AEP	Approche écosystémique des pêches
AGRHYMET	Centre Régional Agro et Hydrométéorologie
ARD	Agence Régionale de Développement
ANCAR	Agence Nationale du Conseil Agricole et Rural
ANSD	Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie
AOGCM	Modèle de Circulation Générale Océan Atmosphère
APRODAK	Agence pour la Propreté de Dakar
CaCO₃	Carbonate de Calcium
CaO	Chaux vive
CCCEQ	Modèle Central d'Équilibre du Centre Canadien du Climat
CCM3	Community Climate Model Version 3
C3E	Commerce Electronique Entre Entreprises
CEREER	Centre d'Etude et de Recherche sur les Energies Renouvelables
CETUD	Conseil Exécutif des transports Urbains de Dakar
CFC	chlorofluorocarbones
CH₄	Méthane
CGCM3.	Centre Canadien Pour l'Analyse et la Modélisation du Climat, Canada
CO	Monoxyde de Carbone
CO₂	Dioxyde de Carbone
COVNM	composés organiques volatils non méthaniques
CNCAS	Caisse Nationale de Crédit Agricole
CSE	Centre de Suivi Écologique
CSS	Compagnie Sucrière Sénégalaise
CILSS	Comité Permanent Inter Etats de Lutte Contre la Sécheresse dans le Sahel
DAPS	Direction de l'Analyse, de la Prévision et des Statistiques
DBO₅	Demande Biologique d'Oxygène
DCO	Demande Chique d'Oxygène
DEEC	Direction de l'Environnement et des Etablissements Classés
DGPRE	Direction de la Gestion et de la Planification des Ressources en Eau
DIREL	Direction de l'Elevage
DRSP	Document de Stratégie de Réduction de la Pauvreté
ECO₂	Equivalent CO ₂
ECHAM	European Community Hamburg
FAO	Organisation des nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture
FCM	Facteur de Conversion Méthane
GCM	Modèle de Circulation Générale
GIEC	Groupe Intergouvernemental d'Étude sur l'Évolution du Climat
Gg	Giga grammes
LPASF	Laboratoire Physique de l'Atmosphère Siméon Fongang
ICS	Industries Chimiques du Sénégal
ISRA	Institut Sénégalais de Recherche Agricoles
MCR	Modèle Climatique Régional
MCG	Modèle Climatique Global
NO_x	Oxydes d'Azote
N₂O	Dioxyde d'Azote
OMD	Objectifs du Millénaire pour le Développement

ONAS	Office National de l'Assainissement du Sénégal
PADERCA	Projet d'Appui au Développement Rural en Casamance
PAFS	Plan d'Action Forestier de Sénégal
PANA	Plan National d'Actions du Sénégal pour l'Adaptation aux Changements Climatiques
PGIES	Programme de Gestion Intégrée des Ecosystèmes
PIB	Produit Intérieur Brut
PRODAM	Projet de Développement Agricole de Matam
PROGEDE	Programme de Gestion Durable et Participative des Energies Traditionnelles et de substitution
PODES	Plan d'Orientation pour le Développement Economique et Social
RegCM3	Regional Climate Model Version 3
SENCHEM	Sénégal de Chimie
SCA	Stratégie de croissance accélérée
SIE	Système d'Information Energétique
SRES A1B	Rapport Spécial sur les Scenarios d'émission A1B
SOCOCIM	Société Commerciale de Ciment
SODEFITEX	Société de Développement de Fibres et Textiles
SO₂	Dioxyde de Soufre
UKTR	Modèle Transitoire du Service Météo du Royaume Uni
T	Tonne
THORPEX	The observing system research and predictability experiment

SOMMAIRE

RESUME EXECUTIF.....	13
INTRODUCTION.....	18

Chapitre I : Situation Nationale..... 19

1. Institutions.....	19
1.1. Stratégie de gestion de l'environnement	
1.2. Cadre institutionnel de mise en œuvre de la convention	
2. Géographie.....	20
3. Climat.....	21
4. Population.....	22
4.1. Evolution de la population	
4.2. Répartition de la population	
5. Economie.....	23
5.1. Energie	
5.2. Bâtiment & Travaux Publics	
5.3. Transports	
5.4. Industrie	
5.5. Déchets	
5.6. L'Agriculture	
5.7. Forêts et Végétations	
6. Autres.....	28

CHAPITRE II : Inventaire des Gaz à Effet de Serre.....29

1. Secteur Energie.....	29
1.1. Données utilisées	
1.2. Méthodologie d'inventaire	
1.3. Emission de dioxyde de carbone (CO ₂)	
1.4. Emissions du CO ₂ au niveau des secteurs	
1.5. Emission d'autres gaz (en Gg)	
2. Secteur Procédés Industriels.....	36
2.1. Source de production	
2.2. Production de Chaux	
2.3. Production de l'asphalte pour le revêtement des chaussées	
2.4. Autres productions	
2.5. Alimentation et boisson	
2.6. Emissions liées à la consommation de produits de substitution des SAO	
3. Secteur Agriculture.....	42
3.1. Emissions imputables à la fermentation entérique et la gestion du fumier	
3.2. Emissions de méthane imputables à la riziculture	
3.3. Emissions imputables au brûlage dirigé des savanes	
3.4. Emissions imputables au brûlage sur place des résidus agricoles	
3.5. Emissions imputables aux sols cultivés	
4. Secteur Utilisation des terres et foresterie.....	48
4.1. Estimation des flux nets de GES du secteur ATCATF en 1996, 2000, 2003 et projection pour 2020	
4.2. Description des catégories de source	
4.3. Méthodologie	

5. Secteur Déchet.....	53
5.1. Estimation des émissions de méthane des déchets solides municipaux	
5.2. Estimation des émissions de méthane imputables au traitement des eaux usées	
5.3. Estimation des émissions du méthane imputables au traitement des eaux usées industrielles	
5.4. Estimation des émissions de l'hémioxyde d'azote (N ₂ O) provenant des déchets humains	
6. Incertitudes, Vérifications, Assurance qualité et contrôle qualité.....	61
6.1. Assurance qualité et contrôle qualité	
6.2. Incertitudes et vérifications	
Chapitre III : Stratégie d'atténuation des émissions.....	64
1. Secteur Energie.....	64
1.1. Méthodologie	
1.2. Analyse des résultats de l'IGES	
1.3. Le scénario de référence	
1.4. Politiques, programmes et mesures visant l'atténuation des émissions	
1.5. Options technologiques et projections des émissions du scénario d'atténuation	
1.6. Projection des émissions de GES du scénario d'atténuation aux horizons 2010 et 2020	
1.7. Analyse des options d'atténuation	
1.8. Analyse de l'atténuation dans le sous secteur des ménages avec LEAP	
1.9. Quelques projets réalisables en plus du Projet d'introduction massive de Foyers Améliorés	
2. Secteur Procédés Industriels.....	77
2.1. Options technologiques d'atténuation	
2.2. Scénarios d'atténuation	
2.3. Stratégies d'atténuation des autres gaz	
3. Secteur Agriculture.....	80
3.1. Scénarios d'atténuation dans l'agriculture	
3.2. Scénarios d'atténuation dans l'élevage (Bétail)	
3.3. Scénarios d'atténuation pour la Riziculture	
3.4. Atténuation des émissions issues du brûlage des résidus de récoltes	
3.5. Atténuation des émissions dans les Sols cultivés	
3.6. Adoption et application des techniques agro forestières	
3.7. Jachères améliorées ou spontanées	
3.8. Gestion de la matière organique du sol	
3.9. Lutte contre la dégradation des sols	
3.10. Intensification des activités de régénération des sols	
4. Secteur Affectation des terres et changement d'affectation des terres.....	85
4.1. Options d'atténuation des émissions de GES	
4.2. Elaboration du projet de promotion des mises en défens enrichies dans le bassin arachidier (PMDE)	
5. Secteur Déchet.....	87
5.1. Déchets solides dans les décharges	

- 5.2. Eaux usées domestiques et commerciales traitées
- 5.3. Analyse comparative
- 5.4. Stratégies d'atténuation
- 5.5. Renforcement des capacités, coordination et stratégie à long terme

Chapitre IV : Vulnérabilité et adaptation.....91

I. Changement climatique et implication économique et social.....93

- 1.1. Scénarios climatiques
- 1.2. Impacts du changement climatique au Sénégal
 - 1.2.1. Secteur des ressources en eau
 - 1.2.2. Vulnérabilité de l'agriculture
 - 1.2.3. Vulnérabilité de la zone côtière
 - 1.2.4. Vulnérabilité de la santé
 - 1.2.5. Vulnérabilité de la pêche
- 1.3. Rappel des options du Plan d'Action National pour l'Adaptation
- 1.4. Orientations nationales pour la gestion de l'Environnement
- 1.5. Options d'adaptation pour la gestion du Cadre de vie
- 1.6. Options d'adaptation dans le domaine de la Protection sociale
- 1.7. Options d'adaptation dans le domaine des Infrastructures

2. Stratégie d'adaptation au changement climatique.....141

- 2.1. La vision
- 2.2. Les objectifs
- 2.3. Axes stratégiques prioritaires
- 2.4. Plan d'action pour l'adaptation
- 2.5. Plan de mise en œuvre
- 2.6. Suivi et évaluation
- 2.7. Financement de la stratégie nationale

Chapitre V : Autres informations sur la mise en œuvre de la convention..... 149

1 Renforcement des capacités..... 149

- 1.1. Etat des lieux du renforcement des capacités
- 1.2. Etat des lieux des Projets ou Programmes réalisés ou en cours
- 1.3. Autres projets et programmes en cours contribuant au renforcement de capacité
- 1.4. Synthèse des forces et faiblesses de la mise en œuvre de la Convention
- 1.5. Actions possibles de renforcement des capacités
- 1.6. Quelques idées de Projets de Renforcement de capacité

2 Recherche et observation systématique.....153

- 2.1. Système d'observations
- 2.2. Recherche sur le système climatique

Bibliographie 160

ANNEXES :..... 162

- 1. Plan d'action de la stratégie d'adaptation
- 2. Fiche de projets d'atténuation dans le secteur des déchets
- 3. Fiche de projets d'atténuation dans le secteur de la foresterie
- 4. Fiche de projets sur la « recherche et l'observation systématique »

Liste des tableaux, graphiques et figures

Tableaux

- Tableau 1 :** Bilan des émissions de GES (Gg ECO₂) par secteur et par gaz pour l'année 2000
- Tableau 2 :** Taille et nombre de ménages au Sénégal, 1998 à 2001
- Tableau 3 :** Production annuelle de déchets solides (en milliers) dans la commune de Dakar
- Tableau 4 :** évolution du cheptel et autres (en milliers)
- Tableau 5 :** Production ou approvisionnement (en tonnes)
- Tableau 6 :** Consommation par secteur
- Tableau 7 :** Résumé des émissions de CO₂ par produit
- Tableau 8 :** résumé des émissions de CO₂ (Gg ECO₂) entre 1994 et 2000
- Tableau 9 :** comparaison des émissions de CO₂ (Gg ECO₂) par produit
- Tableau 10 :** Emission des autres gaz (Gg ECO₂)
- Tableau 11 :** Emissions des autres gaz à partir du raffinage du pétrole
- Tableau 12 :** Synthèse des émissions des gaz à effet de serre / Secteur Energie - année 2000
- Tableau 13 :** Productions annuelles de clinker et de ciment
- Tableau 14 :** Estimation du CO₂ émis en 2000
- Tableau 15 :** Estimation du CO₂ émis en 2000
- Tableau 16 :** Estimation du COVNM émis en 2000
- Tableau 17 :** Statistiques de production d'acide sulfurique
- Tableau 18 :** Estimation du SO₂ émis par la production d'acide sulfurique
- Tableau 19 :** Quantité globale annuelle de boisson alcoolisée produite au Sénégal
- Tableau 20 :** Emissions de COVNM provenant de la production de bière
- Tableau 21 :** Emissions de COVNM provenant de la production de pain et autres aliments
- Tableau 22 :** Synthèse des émissions dans le secteur procédé industriel – année 2000
- Tableau 23 :** Facteurs d'émission de CH₄ des bovins au Sénégal (Diop, 2003)
- Tableau 24 :** Emission de méthane par les bovins
- Tableau 25 :** Emission de méthane par les autres animaux
- Tableau 26 :** Emissions de méthane imputables à la riziculture
- Tableau 27 :** Emissions de NO₂ imputables aux sols cultivés
- Tableau 28 :** Synthèse des émissions de GES du secteur agriculture/élevage en 2000
- Tableau 29 :** Synthèse des émissions de GES du secteur agriculture/élevage (année 1995)
- Tableau 30 :** estimation des flux nets de GES du secteur ATCATF en 1996, 2000, 2003 et projection pour 2020
- Tableau 31 :** Niveaux d'émissions des autres gaz : CH₄, N₂O, NO_x, CO
- Tableau 32 :** Potentiel ligneux au Sénégal
- Tableau 33 :** quantité de bois mort dans les forêts (tonnes/ha)
- Tableau 34 :** Accroissement annuel en biomasse des formations ligneuses au Sénégal
- Tableau 35 :** Production annuelle de déchets à Dakar (APRODAK)
- Tableau 36 :** Production annuelle de déchets des autres régions (DEEC 2000)
- Tableau 37 :** Déchets mis en décharge par année
- Tableau 38 :** émissions du méthane provenant des sites de décharges des déchets solides municipaux
- Tableau 39 :** Quantités d'eaux usées rejetées par région
- Tableau 40 :** Estimation du facteur d'émission pour les systèmes de traitement des eaux usées et des boues
- Tableau 41 :** Estimation des émissions de méthane provenant des eaux usées domestiques et commerciales
- Tableau 42 :** Estimation de N₂O provenant des déchets humains
- Tableau 43 :** Synthèse des émissions des gaz à effet de serre du secteur Déchets (année 2000)
- Tableau 44 :** Synthèse des émissions des gaz à effet de serre du secteur Déchets (année 1995)
- Tableau 45 :** Données sur les superficies et productivités forestières au Sénégal
- Tableau 46 :** Synthèse des émissions de GES dues à l'approvisionnement en énergie en 2000
- Tableau 47 :** Comparaison des émissions de GES (Gg ECO₂) de 1994 et de 2000
- Tableau 48 :** Synthèse des émissions de GES dues à l'énergie par secteur en 2000
- Tableau 49 :** Synthèse des émissions de GES dues à l'énergie aux horizons 2010 et 2020
- Tableau 50 :** Synthèse des émissions de GES dues à l'énergie aux horizons 2010 et 2020 – Scénario Atténuation
- Tableau 51 :** Emissions de GES comparées entre scénario de référence et scénario d'atténuation
- Tableau 52 :** Estimation de l'atténuation des émissions de CO₂eq

Tableau 53 : estimation des atténuations dans le scénario futur
Tableau 54 : Systèmes de culture de riz
Tableau 55 : Prévisions d'augmentation de la population de Dakar
Tableau 56 : Lac de Guiers, bilan hydrologique
Tableau 57 : Synthèse de l'état de l'érosion côtière
Tableau 58 : Plan d'action pour la protection côtière
Tableau 59 : Evolution de la morbidité (en millier) du paludisme au Sénégal de 2001 à 2006
Tableau 60 : Distribution des facteurs climatiques et des morbidités spécifiques projetés en fonction des zones climatiques en 2030
Tableau 61 : Distribution des facteurs climatiques et des taux de morbidité spécifique projetés en fonction des zones climatiques en 2030
Tableau 62 : Rôles et responsabilité des parties prenantes dans la stratégie d'adaptation
Tableau 63 : Tableau de synthèse (Programme et composante)
Tableau 64 : contraintes et besoins en renforcement des capacités
Tableau 65 : Plan d'actions
Tableau 66 : Répartition des ressources additionnelles (en milliards de Francs CFA)

Graphiques

Graphique 1 : Répartition des émissions totales par Gaz
Graphique 2 : Répartition des émissions de CO₂ par secteur
Graphique 3 : Répartition des émissions de CH₄ par secteur
Graphique 4 : Répartition des émissions de N₂O par secteur
Graphique 5 : Répartition des émissions totales en équivalent CO₂
Graphique 6 : Comparaison des émissions de CO₂ entre 1994 et 2000 (selon la source)
Graphique 7 : Emissions de CO₂ par les produits pétroliers et le gaz naturel
Graphique 8 : Emission de CO₂ par produit de la biomasse
Graphique 9 : Comparaison des émissions de CO₂ entre 1994 et 2000
Graphique 10 : Comparaison des émissions de CO₂ entre 1994 et 200 (après recalcul)
Graphique 11 : comparaison selon les sources
Graphique 12 : Emissions issues de la biomasse
Graphique 13 : Emission du CO₂ (Gg) selon les secteurs
Graphique 14 : Emissions de soufre (SO₂) au niveau des secteurs
Graphique 15 : Emissions de SO₂
Graphique 16 : Emissions de COVNM
Graphique 17 : Comparaison des émissions entre 1994 et 2000
Graphique 18 : Emissions de méthane par les bovins
Graphique 19 : Emission de CH₄ par le bétail
Graphique 20 : Biomasses brûlées
Graphique 21 : Gaz Emis lors du brûlage sur place des résidus agricoles
Graphique 22 : Contribution des différentes catégories dans l'émission totale du secteur Agriculture
Graphique 23 : Contribution des différents gaz dans l'émission totale du secteur Agriculture
Graphique 24 : Comparaison des inventaires de GES des années 2000 et 1994
Graphique 25 : Absorption de CO₂ dans le secteur ATCATF
Graphique 26 : tendances d'émissions de gaz autres que le CO₂
Graphique 27 : tendance de flux net de GES (ici séquestration de CO₂) de 1996 à l'horizon 2020
Graphique 28 : Evolution des superficies brûlées de 1994 à 2003 (source de données : CSE, 2005)
Graphique 29 : Synthèse des émissions des GES du secteur Déchets (Valeur Equivalent CO₂)
Graphique 30 : Comparaison des émissions des GES du secteur Déchets entre 1994 et 2000
Graphique 31 : Evolution des émissions entre 1994 et 2000
Graphique 32 : Evolution des émissions GES par produits entre 1994 et 2000
Graphique 33 : Répartition sectorielle des émissions de GES dues à l'énergie en 2000
Graphique 34 : Répartition sectorielle des émissions de GES dues à l'énergie en 2010 et 2020
Graphique 35 : Emission de GES comparées entre scénario de référence et scénario d'atténuation (Gg ECO₂)
Graphique 36 : Evolution comparée des émissions de GES (Gg ECO₂) entre le scénario de référence et le scénario d'atténuation pour l'option MDE (1) et pour l'option foyers améliorés (2).

Graphique 37 : Les investissements pour les mesures sans et avec atténuation pour le programme MDE (1) et pour la demande en charbon de bois (2)

Graphique 38 : Tendances globales des consommations

Graphique 39 : Structure de la consommation d'énergie de 2000 à 2030

Graphique 40 : Emissions de GES (tous gaz confondus)

Graphique 41 : Hypothèses d'évolution des consommations de biomasse et de butane

Graphique 42 : Scénario d'introduction massive des foyers améliorés

Graphique 43 : Emissions de GES après introduction massive des FA

Graphique 44 : Réduction des émissions de GES après introduction des FA

Graphique 45 : Courbe de coût des projets FA, hydrauliques, solaires et forêts ci-dessus

Graphique 46 : Séquestration comparée de CO₂ dans le sol aux scénarios avec et sans projet

Graphique 47 : Séquestration de CO₂ par les arbres

Graphique 48 : Comparaison des scénarios (scénario de base et scénario d'atténuation)

Graphique 49 : Cycle Annuel des Moyennes Mensuelles 1989-2005 des Précipitations au Sénégal.

Graphique 50 : Respectivement, Cycle Annuel des Moyennes Mensuelles 1989-2005 des Températures

Graphique 51 : Respectivement, Différences Entre la Moyenne de chaque mois d'été (Juin, Juillet, Aout) du Climat Futur (2031-2050) et la Moyenne du Présent (1981-2000) du mois correspondant du Climat Actuel Pour les Précipitations à l'Est, l'Ouest, Nord, Sud du Sénégal, sur Tout le Sénégal et sur l'océan proche.

Graphique 52 : Respectivement, Différences Entre la Moyenne de chaque mois d'été (Juin, Juillet, Aout) du Climat Futur (2081-2100) et la Moyenne du Présent (1981-2000) du mois correspondant du Climat Actuel Pour les Précipitations à l'Est, l'Ouest, Nord, Sud du Sénégal, sur Tout le Sénégal et sur l'océan proche.

Graphique 53 : Respectivement, Différences Entre la Moyenne de chaque mois d'été (Juin, Juillet, Aout) du Climat Futur (2031-2050) et la Moyenne Présente (1981-2000) du mois correspondant du Climat Actuel Pour les Températures à l'Est, l'Ouest, Nord, Sud du Sénégal, sur Tout le Sénégal et sur l'océan proche.

Graphique 54 : évolution de la demande en eau dans les régions

Graphique 55 : projection du niveau des nappes phréatiques (en mètre) à l'horizon 2100 ; SBM : Scénario de Base moyen, (poursuite du déficit pluviométrique actuel), SBP Scénario de Base Pessimiste (doublement du déficit pluviométrique actuel) ; SBO : Scénario de base Optimiste (retour aux conditions climatiques d'avant les années 1970).

Graphique 56 : Evolution du stockage dans le lac de Guiers

Graphique 57 : Variabilité interannuelle pluviométrie au Nord du bassin arachidier et au Sud dans la région de Kolda Synthèse de l'étude (CILSS/CSAO, 2008)

Graphique 58 : Evolution de la consommation d'engrais pour la culture de l'arachide et des céréales de 1962 à 2002 (source Dieng 2006 cité dans CILSS/CSAO, 2008).

Graphique 59 : Evolution de la pluviométrie et des rendements d'arachide de 1960 à 2007 dans la région de Diourbel

Graphique 60 : Evolution de la pluviométrie et des rendements de mil 1960 à 2007 dans la région de Diourbel

Graphique 61 : Evolution de la pluviométrie et des rendements de mil 1960 à 2007 dans la région de Kolda

Graphique 62 : Evolution de la pluviométrie et des rendements d'arachide 1960 à 2007 dans la région de Kolda

Graphique 63 : Comparaison de la morbidité spécifique du paludisme des années 2001 et 2030

Figures

Figure 1 : carte de production végétale pour l'année 2000 (CSE)

Figure 2 : respectivement moyenne de Juin-juillet-août 1981-2000 des températures autour du domaine du Sénégal pour les observations du CRU, le modèle ECHAM5 de l'IPCC et des simulations du modèle régional RegCM3 forcé par ERAIM et ECHAM5.

Figure 3 : représentation des changements respectivement (en pourcentage) du nombre de jours de pluvieux (a, b) et du nombre de jour de pluie de forte intensité (c,d)

Figure 4 : représentation des changements respectivement (en pourcentage) du maximum de jours de pluvieux consécutifs ou séquence humide (a, b) ainsi que le nombre de jour secs séquences secs consécutifs ou secs sèche (c,d)

Figure 5 : carte des isohyètes des normales pluviométriques 1931-1960, 1951-1980, 1961-1990 (Dacosta H., Konaté Y. K. et al. 2002).

Figure 6 : Les différentes zones agro-écologiques du Sénégal

Figure 7 : Carte de l'espace agricole du Sénégal (IRD)

Figure 8 : l'utilisation et de l'occupation des terres (LULC) montrant la situation en 1975 et en 2000.

Figure 9 : carte de localisation des projets en cours au Sénégal

Figure 10 : réalisations en cours sur les sites du littoral affectés par l'érosion côtière

Figure 11 : répartition géographique des cas de fièvre jaune entre 1965 et 2006

Figure 12: Morbidité spécifique du paludisme par région de 2001 à 2006

Figure 13 : répartition du réseau national d'observation météorologique.

Résumé exécutif

Pour ce présent inventaire des gaz à effet de serre (GES) du Sénégal, l'année 2000 a été prise comme référence. L'étude a porté sur les cinq (5) secteurs recommandés par les lignes directrices du GIEC version révisée de 1996, à savoir : Energie, Procédés Industriels, Agriculture, Affectation des Terres et Changement d'Affectation des Terres et la Foresterie (ATCATF) et Déchets.

Les principaux gaz répertoriés sont le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄), l'oxyde nitreux (N₂O), les oxydes d'azote (NO_x), le monoxyde de carbone (CO), les composés organiques volatils non méthaniques (COVNM), et le dioxyde de soufre (SO₂). Les émissions des autres gaz tels que les hydrofluorocarbures (HFC), les perfluorocarbures (PFC), et l'hexafluorure de soufre (SF₆) sont négligeables.

La répartition de ces gaz est illustrée par le graphique 1. Le CO₂ représente 95% des émissions en 2000. Les graphiques 2, 3 et 4 représentent respectivement la part des secteurs dans les émissions de CO₂, de CH₄ et de N₂O. Ce bilan est aussi mentionné dans le tableau 1.

En 2000, 95% des émissions de CO₂ sont dus au secteur de l'énergie suivis des procédés industriels pour 4%. Le secteur de la foresterie qui constitue plutôt un puits ne totalise qu'un pour cent (1%) de ces émissions.

Concernant le méthane, les secteurs dominants sont l'agriculture avec 69%, et les déchets pour 29%.

Ramenées en équivalent CO₂, ces émissions se répartissent ainsi : 49% pour l'énergie, 37% pour l'agriculture, 12% pour les déchets et 2% au niveau des procédés industriels. Le total de ces émissions est de 16 890,92 Gg ; soit une émission de 1,8 tonne de CO₂ par habitant (pour une population de 9 385 417 habitants).

En prenant en compte les 10 587 Gg d'ECO₂ séquestrés dans le secteur de la foresterie, le taux d'émission par habitant devient 0,67 tonne.

Ces chiffres sont inférieurs à la moyenne mondiale qui est de 4,5 tonnes CO₂ par an et par habitant et à celle de l'Afrique qui est de 1,5 tonne (source : Philippe OSSET, « Effet de serre : quelques chiffres », Janvier 2007). Rappelons que les émissions de CO₂ de l'Union Européenne sont de 9 tonnes par habitant alors que pour les USA et le Canada, elles sont de 23 tonnes par habitant, et de 2 tonnes par habitant pour l'Inde et la Chine (source : Philippe OSSET, « Effet de serre : quelques chiffres », Janvier 2007).

Afin de développer des programmes pour limiter ces émissions de GES, une analyse de l'atténuation a été faite dans ces cinq secteurs.

Un programme d'atténuation dans le secteur de l'énergie a été élaboré à travers l'analyse de la politique actuelle du secteur. Plus spécifiquement, le sous secteur des ménages dont la consommation énergétique est la plus élevée (42%) a été analysé avec le modèle LEAP (Long-range Energy Alternatives Planning System).

Les options d'atténuation proposées portent sur :

- La gestion de la demande d'énergie dans le secteur de l'électricité des combustibles domestiques et du transport ;
- La gestion de l'offre à travers la mise en œuvre et le renforcement des actions visant l'optimisation des systèmes d'offres d'énergie.

L'analyse de ces options a permis d'établir l'évolution suivante des émissions dans le secteur.

Dans le scénario d'atténuation les émissions s'établiront en 2010 à 14 540 Gg ECO₂ contre 14 904 Gg ECO₂ dans le scénario de référence, soit près de 364 mille tE-CO₂ de GES évités, représentant 2,44% des émissions du secteur de l'énergie, ce qui paraît relativement important.

A l'horizon 2020, les émissions de GES dues à l'énergie représenteraient 17 281 Gg ECO₂ dans le scénario d'atténuation contre 21 057 Gg ECO₂ dans le scénario de référence, soit près de 3 776 Gg ECO₂, soit 18% des émissions du secteur de l'énergie.

Retombées économiques

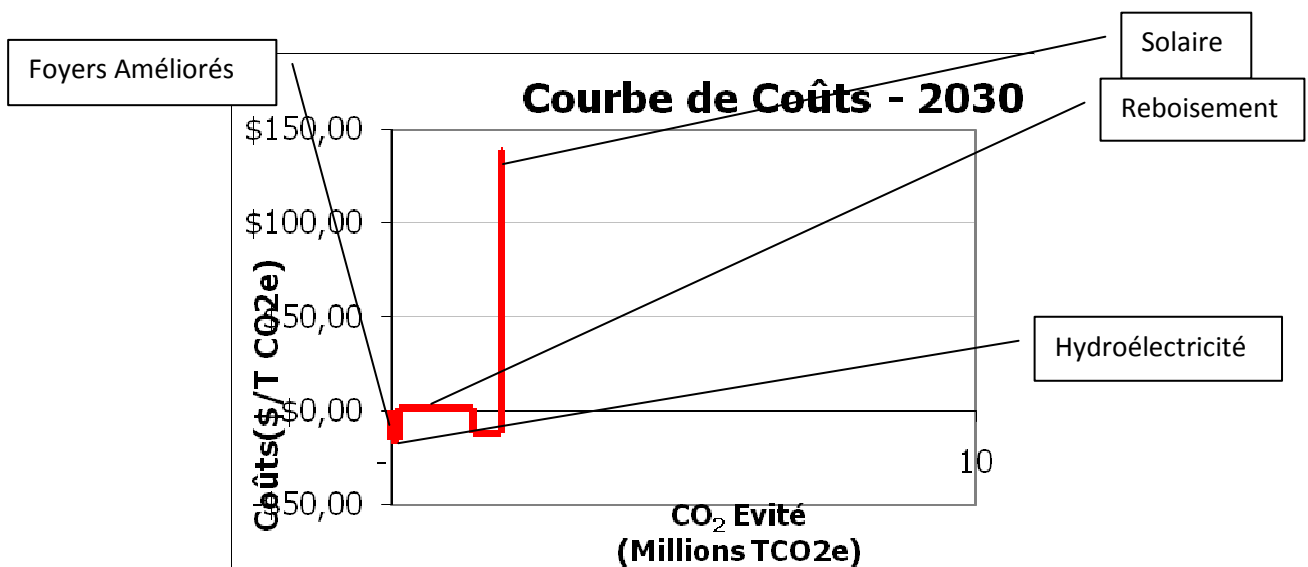
Les investissements prévus dans le programme de maîtrise de la demande électrique(MDE) sont estimés à 300 milliards Fcfa durant la période 2009-2020. Ce programme permettra de faire des économies de 709 Milliards de FCFA sur la même période.

Par ailleurs la valorisation des crédits carbone occasionnera des gains financiers estimés à 11 Milliards de FCFA.

Pour le programme de vulgarisation des foyers améliorés, les investissements s'élèveront à environ 16 Milliards Fcfa durant la période 2009-2020 et les ressources provenant de la valorisation des crédits de carbone estimées à 25 Milliards Fcfa.

Au total, les investissements représentent 316 Milliards de FCFA sur la période 2009-2020 avec une valorisation des crédits carbone estimée à 36 Milliards Fcfa.

Par ailleurs, l'analyse d'atténuation dans le sous secteur des ménages avec l'introduction massive des foyers améliorés, le développement de certains projets : centrales hydrauliques de 100MW, construction d'une centrale solaire de 20 MW et reboisement de 430 millions d'hectares, démontre l'importance environnementale de ces programmes à cause des quantités importantes de carbone évitées (illustrée par la figure ci-après). La mise en œuvre de ces projets contribuerait non seulement à réduire les émissions de GES mais à régler certains problèmes d'énergie.



Courbe de coût des projets Foyers Améliorés, hydrauliques, solaires et reboisement ci-dessus

Dans le secteur des procédés industriels les options d'atténuation proposées portent sur :

- L'amélioration de la qualité de clinker
- L'utilisation de bonnes pratiques pour améliorer les procédés
- le développement des options technologiques combinées.

Dans le secteur agricole des bonnes pratiques sont préconisées par réduire les émissions de GES. Il s'agit de :

- la promotion de nouvelles méthodes de gestion des terres ;
- la promotion de l'enfouissement des résidus de récoltes à la place de l'incinération ;
- la promotion de l'agroforesterie ;

Concernant le secteur de l'affectation des terres et changement d'affectation des terres, malgré la quantité très négligeable de carbone émis (32 Gg CO₂) pour une capacité d'absorption très élevée (10 587 GgCO₂), une analyse d'atténuation a été faite avec le modèle COMAP. Plusieurs programmes d'atténuation ont été identifiés avec une option particulière pour la mise en défens enrichie dans le bassin arachidier.

Les résultats d'analyse donnent :

- Dans le scénario d'atténuation, **40 tC/ha** pour le carbone du sol ;
- le carbone séquestré par la mise en défens est de **15 tC/ha** soit au total 15 x 508500 = **7 627 500** tonne de carbone en 20 ans ;
- l'effet atténuation de la mise en défens s'élève à **55 tC/ha** ;
- le carbone stocké dans le sol reboisé est de **20 340 000 T** en 20 ans.

Au total, au bout des 20 ans de mise en œuvre, le projet aura permis de stocker **27 967 500** tonnes de carbone.

Au bout du compte, la mise en défens a pu créer un capital ligneux de **30m³/ha** soit **900 000m³** de bois sur un terrain qui était initialement nu.

Pour le secteur des déchets les stratégies d'atténuation ciblées sont :

les déchets solides dans les décharges

- ✓ le projet de fermeture et de réhabilitation de la décharge de Mbeubeuss ;
- ✓ le projet de finalisation et d'exploitation du CET de Sindia ;
- ✓ la mise en place d'un arrêté technique sur le CET, prenant en compte la gestion du biogaz.

les eaux usées traitées

- ✓ l'optimisation de l'exploitation des bassins de traitement et la réduction des émissions de méthane ;
- ✓ la mise en œuvre du volet assainissement rural du PEPAM ;
- ✓ la prise en charge d'une composante « valorisation du biogaz » dans le volet assainissement rural du PEPAM ;
- ✓ la réalisation d'études techniques et/ou la mise en œuvre de projets de valorisation du biogaz dans les abattoirs de Dakar, de Thiès, de Touba et sur le site du futur abattoir national.

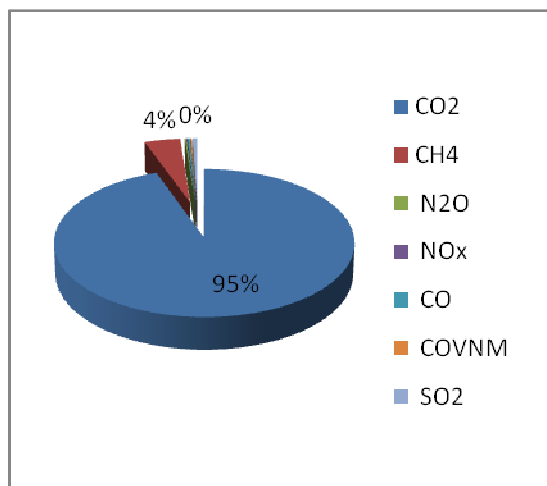
Le Sénégal subit les impacts négatifs des changements climatiques et doit s'adapter pour répondre aux nombreux défis de développement. Sur la base des scénarios climatiques, des études sectorielles, de l'analyse des stratégies de développement en cours (DSRP, SCA), une stratégie d'adaptation est proposée avec un plan financier permettant d'intégrer les actions d'adaptation dans les programmes de développement.

D'autres programmes qui visent l'atteinte des objectifs de la convention ont aussi été étudiés à savoir la recherche et l'observation systématique ainsi que le renforcement des capacités. Le rapport propose des projets dont la mise en œuvre renforcerait les capacités du Sénégal.

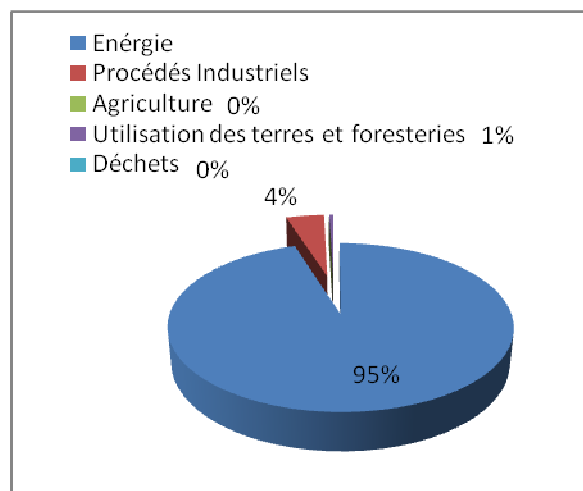
Tableau 1 : Bilan des émissions de GES (en Gg ECO₂) par secteur et par gaz pour l'année 2000

Secteurs d'émissions	Emissions CO ₂	Séquestration CO ₂	Emissions CH ₄	Emissions N ₂ O	Emissions NO _x	Emissions CO	Emissions COVNM	Emissions SO ₂
TOTAL ECO2	6 814,90	-10 587,00	6 458,32	3 617,70	-	-	-	-
TOTAL	6 814,90	-10 587,00	307,54	11,67	5,91	19,84	11,21	41,11
ENERGIE	6 481,39	0,00	4,62	5,30	5,12	5,12	5,27	24,78
Industrie énergétique	491,27		4,62	5,30	5,12	5,12	5,27	4,36
Construction et manufacture	651,00							11,64
transport	1 920,81							6,56
Commerce et institution	10,65							1,02
résidentiel	3 352,06							1,20
Utilisation non énergétique	55,60							
Procédés Industriels	301,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,94	16,33
Clinker	301,51							
Ciment								0,40
Acide sulfurique								15,93
Alimentation et boissons							2,65	
Bière et alcool							0,01	
Asphalte							3,28	
Agriculture	0,00	0,00	213,38	5,74	0,79	14,72	0,00	0,00
Fermentation entérique et Gestion du fumier			197,87					
Riziculture			14,81					
Sols agricoles				5,72				
Brulage des savanes								
Brulage des résidus agricoles			0,70	0,02	0,79	14,72		
Utilisation des terres et foresteries	32,00	-10 587,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Terres forestières dont la vocation n'a pas changé		-9 932,00						
Terres converties en terres forestières		-596,00						
Terres cultivées dont la vocation n'a pas changé		-57,00						
Pâturages dont la vocation n'a pas changé	32,00							
Zones de peuplement dont la vocation n'a pas changé		-2,00						
Déchets	0,00	0,00	89,54	0,63	0,00	0,00	0,00	0,00
Déchets solides municipaux			89,48					
Eaux usées domestiques et commerciales			0,06					
Déchets humains				0,63				

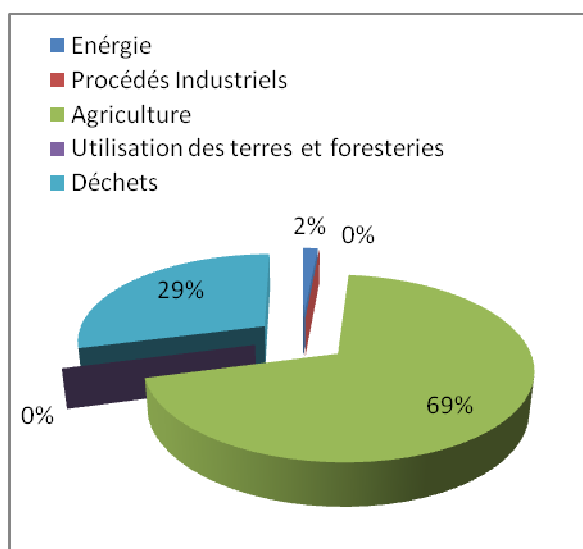
Illustrations graphiques :



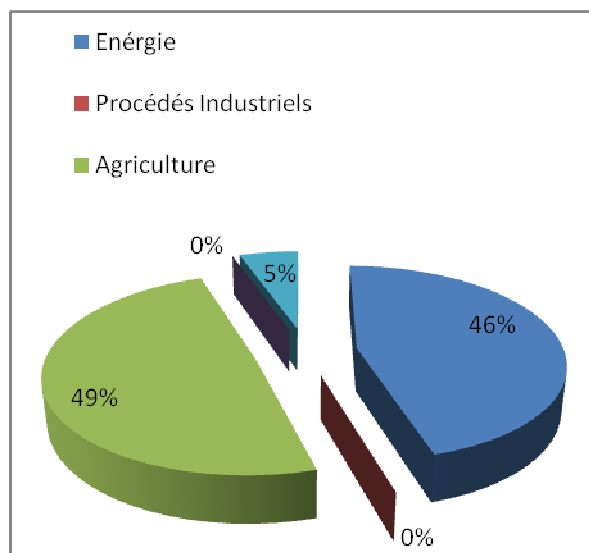
Graphique 1 : Répartition des émissions totales par Gaz



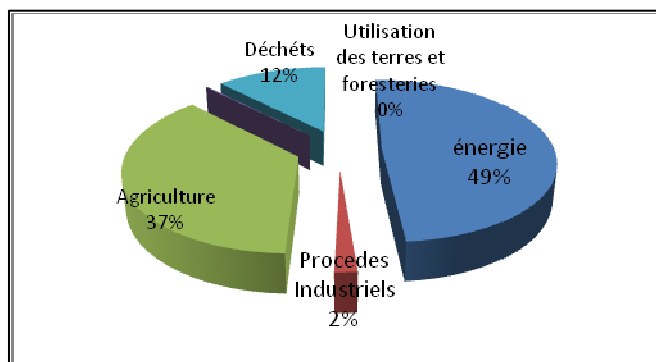
Graphique 2 : Répartition des émissions de CO₂ par secteur



Graphique 3 : Répartition des émissions de CH₄ par secteur



Graphique 4 : Répartition des émissions de N₂O par secteur



Graphique 5 : Répartition des émissions totales en équivalent CO₂

INTRODUCTION

A l'instar de pays signataires de la convention sur le climat, le Sénégal doit communiquer à la conférence des Parties les informations relatives à ses émissions anthropiques par les sources et l'absorption par les puits de tous les gaz à effet de serre (GES) non réglementés par le Protocole de Montréal (inventaire des GES) ; les programmes nationaux contenant des mesures visant à atténuer les changements climatiques et à faciliter une adaptation appropriée à ces changements ainsi que toute autre information jugée utile pour atteindre l'objectif de la convention.

Les orientations du groupe d'experts sur les communications nationales et les directives révisées du GIEC de 1996 pour l'inventaire des gaz à effet de serre ont guidé l'élaboration de cette deuxième communication, qui fait suite à celle soumise en 1997 lors de la troisième conférence des Parties à la convention.

La présente communication comprend cinq chapitres.

Le chapitre premier est consacré aux circonstances nationales du pays. Cette partie aborde les informations relatives aux caractéristiques institutionnelles, géographiques, climatiques, énergétiques, démographiques, économiques et les autres conditions propres au Sénégal pouvant avoir un lien avec la production de gaz à effet de serre.

Le deuxième chapitre fait l'inventaire des principaux gaz à effet de serre. C'est une composante importante de la communication nationale car elle constitue une étape clé dans l'élaboration des programmes d'atténuation. Cet inventaire, comme dans la 1^{ère} communication, concerne les secteurs de l'énergie, des procédés industriels, de l'agriculture et l'élevage, des déchets et de la foresterie. L'objectif est de compiler et de documenter les sources des données et de faire l'inventaire des gaz pour l'année 2000 dans ces secteurs.

Le troisième chapitre porte sur les mesures d'atténuation préconisées pour réduire les émissions de GES dans les secteurs.

En quatrième chapitre, une stratégie d'adaptation pour faire face aux impacts négatifs des changements climatiques est proposée. Cette stratégie s'appuie sur les résultats des études de vulnérabilité réalisées dans les secteurs socio économiques clés.

La dernière partie du document porte sur les autres informations pertinentes qui contribuent à l'atteinte des objectifs de la convention. Les besoins en renforcement de capacités, notamment en matières de recherche et d'observation systématique, ont été analysés et des programmes proposés.

I. INSTITUTIONS

Le Sénégal, Etat laïque, indépendant depuis 1960 est un pays démocratique à régime présidentiel pluraliste et de vieille tradition parlementaire.

De 2000 à 2010, le découpage administratif du Sénégal a connu plusieurs évolutions ayant conduit à 14 régions, 45 départements, 123 arrondissements, 113 communes, 46 communes d'arrondissement et 370 communautés rurales. Chaque niveau territorial est dirigé par une autorité administrative à savoir : un gouverneur pour la région; un préfet pour le département et un sous- préfet pour l'arrondissement. La décentralisation de l'Etat renforce depuis quelques années les collectivités territoriales dans leurs pouvoirs et compétences. La réforme de la régionalisation intervenue en 1996 permet aux collectivités locales d'intervenir sur les questions liées à l'environnement, à l'habitat, le transport etc.

Membre à la fois de l'UEMOA (Union Economique Monétaire de l'Afrique de l'Ouest) et de la CEDEAO (Communauté Economique des Etas de l'Afrique de l'Ouest), le Sénégal est un pays résolument orienté vers une coopération et une intégration économique sous-régionale dans la perspective d'une union économique voire la création d'une fédération des Etats de l'Afrique de l'Ouest.

1.1. Stratégie de gestion de l'environnement

Le Sénégal a adopté un système de planification économique normatif, basé sur la définition de plans quinquennaux de développement qui intègrent la gestion rationnelle de l'environnement. D'autres efforts ont été consentis par l'Etat en complétant le cadre de planification avec l'élaboration :

- du Plan National d'Actions pour l'Environnement (PNAE) ;
- du Plan d'Actions National de Lutte contre la Désertification (PAN/LCD) ;
- de la Stratégie Nationale de Conservation de la Biodiversité ;
- de la Stratégie Nationale pour le Développement Durable (SNDD) ;
- de la stratégie de réduction de la pauvreté (SRP) ;
- de la Stratégie de croissance accélérée (SCA)

Le Code de l'Environnement (loi n° 2001-01 du 15 janvier 2001) et son décret d'application (décret n° 2001-282 du 12 avril 2001) constituent le cadre juridique fondamental pour la prévention et la lutte contre les pollutions et nuisances, la protection des milieux (air, eau et sol) et des installations classées pour la protection de l'environnement. En application du code de l'environnement, des décrets ainsi que des arrêtés ministériels et interministériels ont été pris, notamment :

- l'Arrêté interministériel n° 007358 du 05 novembre 2003 fixant les conditions d'application de la Norme NS-05-062 sur la pollution atmosphérique,
- le Décret portant réglementation de la consommation des substances appauvrissant la couche d'ozone (SAO) au Sénégal N° 2000-73 du 31 janvier 2000 et,
- l'Arrêté portant réglementation des SAO et des équipements N° 008874 du 08 novembre 2001.

La révision du code de l'environnement (en cours) prévoit d'intégrer des dispositions relatives à la lutte contre les changements climatiques.

D'autres codes prennent en compte aussi la dimension changement climatique notamment, le code de l'urbanisme. De plus la loi sur le littoral en cours permettra de renforcer la législation sur le domaine maritime.

Le pays a aussi souscrit à toutes de conventions proposées par la communauté internationale pour la gestion de l'environnement.

1.2. Cadre institutionnel de mise en œuvre de la convention

Pour la mise en œuvre de la Convention Cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, des dispositions institutionnelle, juridique et réglementaire ont été prises et concernent aussi bien les stratégies, politiques, programmes, et plans d'action défini pour renforcer l'engagement du pays à l'effort mondial de protection de l'environnement. Ce cadre est ainsi structuré:

- Un point focal changement climatique assuré par le Ministère en charge de l'Environnement à travers la Direction de l'Environnement et des Etablissements Classés (DEEC) qui est aussi le point focal opérationnel du fonds pour l'Environnement Mondial (FEM). Cette direction assure aussi le rôle d'Autorité Nationale Désignée du Mécanisme de Développement Propre.
- Un Comité National Changements Climatiques (COMNACC), qui fédère l'ensemble des acteurs impliqués dans les questions relatives aux changements climatiques (services techniques administratifs, le secteur privé, les ONGs, la société civile, les structures de recherche, les Associations d'Elus locaux, les Universités, etc), est chargé du suivi des activités développées dans le cadre de la mise en œuvre de la convention. Il joue à cet effet un rôle de conseil scientifique et technique.
- Un point focal du Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC) en l'occurrence l'agence nationale de la météorologie.

II. GÉOGRAPHIE

Le Sénégal est situé à l'extrémité Ouest du continent africain, entre 12° et 17° de latitude Nord et 11° et 18° de longitude Ouest. Il est limité au Nord par la République Islamique de Mauritanie, à l'Est par le Mali, au Sud par les deux Guinée et à l'Ouest par l'Océan Atlantique sur une façade de 700 Km. La Gambie située entre les régions de Kaolack et de Ziguinchor, forme une enclave sur le cours inférieur du fleuve du même nom.

La superficie totale du Sénégal est de 196 722 km². Hormis la région du Sud-Est où le relief est quelque peu accidenté, sans que l'altitude dépasse 581 m au point culminant des contreforts du Fouta Djallon, le Sénégal est un pays plat ne s'élevant pas au-dessus de 130 m.

En plus de l'Océan Atlantique qui le limite à l'Ouest, les ressources en eaux de surface au Sénégal sont constituées par les quatre fleuves et leurs affluents auxquels s'ajoutent quelques cours d'eau temporaires. Ainsi, le Sénégal est traversé par plusieurs bassins qui forment deux systèmes importants : les cours inférieurs du fleuve Sénégal et le cours moyen du fleuve Gambie. Le fleuve Sine Saloum et le fleuve Casamance sont de petits cours d'eau côtiers. D'autres rivières et des vallées complètent le régime hydrologique

En ce qui concerne le couvert végétal et la diversité biologique, les potentialités sont encore importantes. Cependant, une réduction considérable du couvert végétal a été notée au cours des quatre dernières décennies à cause de l'avancée des fronts agricole et charbonnier dont les effets sont renforcés par la sécheresse et l'utilisation du bois par les ménages. En effet, 55,5% et 11% des ménages utilisent respectivement le bois de chauffe et le charbon pour la cuisine. Il convient de souligner également que la gestion des ressources naturelles fait face à d'autres difficultés, telles que: (i) la pression foncière et les implantations massives souvent anarchiques des réceptifs hôteliers et touristiques, (ii) la dégradation du climat, (iii) le phénomène de salinisation des terres, des eaux souterraines et des eaux de surface, (iv) l'écrémage des espèces pour le bois d'œuvre, (v) les actions de cueillette, (vi) les feux de brousse qui compromettent la régénération de certaines espèces. Cette dégradation des forêts qui servent d'habitat et de source d'alimentation aux espèces a eu des impacts directs sur la faune, en rendant précaire son développement et sa survie. Elle a aussi des impacts négatifs sur la lutte contre les changements climatiques, en ce sens que les forêts constituent des puits de carbone pouvant contribuer à la réduction du CO₂ dans l'atmosphère.

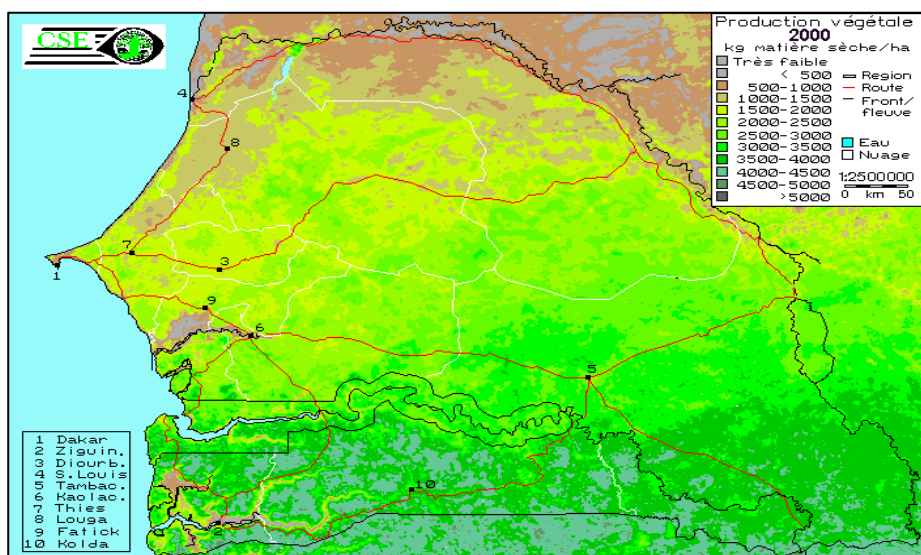


Figure 1 : Carte de production végétale pour l'année 2000, source CSE

III. CLIMAT

Le climat est de type Soudano-sahélien. Il est caractérisé par l'alternance d'une saison sèche allant de novembre à mai et d'une saison des pluies allant de juin à octobre.

Le climat est soumis à la fois à des facteurs géographiques et à des influences atmosphériques. D'une part, la présence d'une façade maritime de 700 km et la situation à l'extrême ouest du continent africain entraînant des différences climatiques entre la zone côtière et les régions de l'intérieur. D'autre part, la circulation atmosphérique facilitée par l'absence d'obstacles montagneux, place le territoire sous les effets de l'alizé maritime, de l'harmattan et de la mousson. Ces masses d'air vont déterminer deux saisons différenciées par une pluviométrie très contrastée qui diminue progressivement, en durée et en quantité du Sud au Nord et passe de 1293 mm de pluie par an dans la région méridionale (Ziguinchor) à 602 mm dans la zone centrale (Kaolack), puis à 211 mm au Nord (Podor). Le Sud connaît pendant cinq mois, des précipitations supérieures à 1000 mm, par contre, cette période se réduit à deux mois dans le nord du pays. Trois principales zones de pluviométrie correspondant aux trois zones climatiques sont ainsi déterminées : une zone forestière au Sud, la savane arborée au centre et une zone désertique au Nord.

Les températures, généralement élevées toute l'année suivent et déterminent le rythme des saisons. Les minima thermiques surviennent généralement pendant les mois de décembre à janvier et les maxima en début et/ou à la fin de la saison des pluies. Le gradient thermique varie du Nord au Sud avec un effet atténuant très marqué de la mer au niveau des zones côtières. Sur le littoral nord, les températures sont modérées (16° - 30°C). Les températures maximales montent jusqu'à plus de 40°C dans la zone du Ferlo (Linguère), la Basse Vallée (Podor) et la Moyenne Vallée (Matam) et sont proches de 39°C à Tambacounda. Les moyennes annuelles sont cependant de 28,6°C à Kaolack, de 28,7°C à Linguère et Tambacounda et de 29,6°C à Matam.

L'évapotranspiration potentielle varie en moyenne entre 1720 mm par an à Dakar et 2200 mm à Linguère. La demande évaporatoire est supérieure à la pluviométrie d'où un déficit hydrique exacerbé en saison sèche.

IV. POPULATION

4.1. Evolution de la population

Selon le rapport sur la « Situation Economique et Sociale du Sénégal, Edition 2004 » la population du Sénégal est estimée à 10 564 303 en 2004. Elle était de 9 385 417 habitants en 2000 (année de référence de cette communication nationale).

Cette population est essentiellement rurale avec 58,5% de ruraux (soit un taux d'urbanisation de 41,5%). Plus de la moitié des citadins (54,0%) vivent dans l'agglomération urbaine de Dakar qui est alimentée par une forte migration. En effet, sur les 2 333 420 habitants de Dakar, 877 330, soit 37,6%, y sont installés depuis au moins un an.

4. 2. Répartition de la population

La population sénégalaise est très inégalement répartie entre les quatorze régions du pays. La région de Dakar, qui occupe 0,3% de la superficie, abrite près de 23% de la population totale. Elle est la région la plus densément peuplée avec 4387 habitants au Km². La région de Tambacounda est celle où la densité est la plus faible avec seulement 11 habitants au Km² pour une superficie de 59542 Km². Les autres régions ont des densités supérieures à la moyenne nationale qui est de 54 habitants au km².

L'indice Synthétique de Fécondité (ISF), qui mesure le nombre moyen d'enfants nés vivants chez les femmes de 15-49 ans, est estimé selon l'EDS V de 2005 à 5,3 enfants par femme. Il est de 6,4 enfants par femme en milieu rural contre 4,1 en milieu urbain.

Tableau 2 : taille et nombre de ménages au Sénégal, 1998 à 2001 (annexe)

ANNEES	TAILLE DES MENAGES		NOMBRE DE MENAGES		TOTAL
	ZONE URBAINE	ZONE RURALE	MENAGES URBAINS	MENAGES RURAUX	
1988	8,07	9,02	331 238	473 802	805 039
1989	8,09	9,02	343 237	483 612	826 849
1990	8,11	9,02	364 246	485 870	850 116
1991	8,13	9,23	377 231	484 797	862 029
1992	8,05	8,86	395 169	514 850	910 020
1993	8,05	8,86	409 980	525 126	935 107
1994	8,05	8,87	425 278	535 532	960 810
1995	8,05	8,87	439 743	546 157	985 900
1996	8,06	8,87	465 427	543 867	1 009 293
1997	8,06	8,87	482 318	554 485	1 036 804
1998	8,06	8,87	499 827	565 147	1 064 974
1999	8,06	8,87	518 920	575 041	1 093 961
2000	8,06	8,87	537 424	585 916	1 123 340
2001	8,00	10,00	543 367	545 584	1 088 951

SOURCES : DPS/MEF

V.ECONOMIE

La situation économique et financière du Sénégal est marquée en 2005 par la persistance de la flambée du prix du baril de pétrole qui a atteint et dépassé la barre des 60 dollars en septembre. La croissance réelle du PIB est estimée en 2005 à 6,1%, contre 5,6% en 2004.

Le secteur primaire enregistrerait une croissance de 12,2% en 2005 contre 2,7% en 2004, essentiellement tirée par le sous secteur agricole. Par contre, les tensions inflationnistes sur le marché du pétrole, n'ont pas été favorables à l'évolution de l'activité industrielle. La croissance du secteur en 2005 est estimée à 4,2% contre 6,2% en 2004, grâce au dynamisme du sous-secteur du Bâtiment et des Travaux Publics.

Le secteur tertiaire est quant à lui moins affecté par les hausses des prix des produits pétroliers. La croissance de ce secteur est estimée à 5,5% en 2005 contre 6,3% en 2004 et reste essentiellement tirée par le secteur des transports et télécommunications, qui a crû de 10,4%.

Le niveau général des prix mesuré par l'Indice Harmonisé des Prix à la Consommation, laisse apparaître en 2005 un taux d'inflation de 1,7% contre 0,7% en 2000.

Les objectifs économiques et financiers à moyen et long terme continuent à viser la réalisation des objectifs intermédiaires de développement du millénaire et la satisfaction de la demande sociale. Les différents axes d'intervention continueront de s'articuler autour des orientations de la Stratégie de Réduction de la Pauvreté (SRP) et de la Stratégie de Croissance Accélérée (SCA) qui consiste à faire du Sénégal un pays émergent. La SCA vise essentiellement : (i) une accélération de la croissance économique, par une amélioration qualitative de la structure de l'économie pour la rendre plus efficace dans la lutte contre la pauvreté et ; (ii) une diversification des sources de la croissance pour la sécuriser et la pérenniser afin de porter, le taux de croissance réel du PIB à moyen et long terme à plus de 7% en moyenne annuelle.

5. 1. Energie

La croissance du sous-secteur de l'énergie, est estimée à 9,9% malgré les difficultés liées à la hausse du prix du pétrole. L'impact de l'augmentation du cours du baril a été limité par des mesures visant à contenir le prix du fuel principale consommation intermédiaire dans la production de l'électricité.

Outre le fait que le secteur de l'énergie constitue, lui-même, un secteur créateur de richesses, il présente de forts liens intersectoriels avec les divers secteurs socio-économiques (agriculture, santé et éducation).

Plusieurs actions ont été initiées par l'Etat dans le cadre de la réforme du secteur de l'énergie. Ces actions visent, entre autres, la privatisation de la SENELEC (Société Nationale de l'Electricité), la libéralisation du secteur, un système tarifaire conforme au marché international, la subvention des petites bouteilles de gaz pour continuer la butanisation (compte tenu de l'impact sur les ménages pauvres et les effets externes sur l'utilisation des ressources naturelles) et la mise en place d'une agence d'électrification rurale (ASER). Grâce aux investissements réalisés, pour augmenter la capacité de production et améliorer la gestion de la principale entreprise, (auxquels s'ajoutent les performances enregistrées dans l'électrification rurale), le sous-secteur de l'énergie a maintenu un niveau d'activité satisfaisant avec une croissance de 3,4% en 2004.

Toutefois, l'accès aux services énergétiques demeure encore un problème malgré la progression du taux d'électrification notamment celui de l'électrification rurale qui est passé de 7 % en 2000 à 12,5% en 2004. Cependant, cette progression du taux n'a pas été suffisante pour la création de valeur ajoutée locale. En milieu urbain, 55% des ménages ont accès à l'électrification.

Le Sénégal dispose de peu de ressources énergétiques. Le bois et le charbon de bois représentent 57% du bilan énergétique du pays. L'essentiel du pétrole consommé est importé. Les produits pétroliers pèsent lourdement sur la balance commerciale du pays. En 2000, leur facture s'élevait à 248 milliards de FCFA soit 22,5% des importations.

Les ressources **hydro-électriques** potentielles sont estimées à 1 400 MW sur les fleuves Gambie et Sénégal.

Le potentiel **d'énergie renouvelable** est insuffisamment mis en valeur malgré les efforts de diffusion d'équipements solaires.

Le secteur énergétique sénégalais connaît de nombreuses contraintes parmi lesquelles :

- la prépondérance **du bois et du charbon de bois** dans la consommation énergétique domestique qui se traduit par une forte pression sur les ressources ligneuses ;
- les faibles performances de la société nationale d'électricité ;
- la faible diversification des sources d'énergie et le niveau encore faible de l'utilisation des énergies renouvelables ;
- l'arrêt de la subvention sur le butane en 2008.

5. 2. Bâtiment & Travaux Publics

Il ressort des récentes estimations que les Bâtiments et Travaux Publics demeurent l'un des sous secteurs les plus dynamiques de l'économie du Sénégal. Dans le secteur secondaire, ils enregistrent les taux de croissance les plus élevés. La croissance de ce sous secteur est maintenue à 13% en 2005. La part de la construction dans le PIB est estimée à 4,6% en 2005 contre 4,3% en 2004 et celle qu'elle occupe dans le secteur secondaire continue à augmenter et se situe en 2005 à 22,4% contre 20,7% pour l'année précédente.

Le problème de gestion de l'environnement lié à la construction des logements est la prise en compte de l'efficacité énergétique lors de la conception des bâtiments. Cet aspect constitue un important facteur d'économie d'énergie.

Concernant le réseau routier, le Sénégal, dispose d'un réseau routier d'une distance totale de 14 634 km dont 4 559 km de routes revêtues. Comparativement à la sous région (UEMOA), ce réseau révèle en moyenne 7,5 km de route pour 100 km² contre 4,7 km de route pour 100 km² au niveau de l'UEMOA et 3,5 km pour 100 km² au niveau continental. Plus de 90% des déplacements des personnes et des biens sont effectués via ce réseau.

5. 3. Transports

De par son importante contribution dans l'économie (4,2% du PIB et 3,2, % de la croissance en 2000), son dynamisme et sa diversité, le sous-secteur des Transports demeure un élément essentiel du paysage économique sénégalais. Le Programme d'Ajustement Sectoriel des Transports (PAST II), qui est à sa deuxième phase en est une illustration. Ce programme vise essentiellement à rendre plus efficace le système au profit du secteur productif.

Ce secteur était marqué durant ces dix dernières années, par l'ambitieux programme d'Amélioration de la Mobilité Urbaine (PAMU) articulé autour de cinq grands axes :

- 1- Infrastructures routières, sécurité et fluidité du trafic : Réhabilitation et construction de voiries, aménagement de carrefours, aménagement de trottoirs, de passerelles ou passages souterrains, installation de ralentisseurs de vitesse aux normes internationales.
- 2- Développement du chemin de fer de banlieue dont la première phase consiste à assurer la sécurité du trafic et des déplacements de piétons, le long du chemin de fer de banlieue.
- 3- Mécanisme de crédit-bail pour le renouvellement du parc de cars rapides, d'autobus, de taxis urbains.
- 4- Gestion de la qualité de l'air en milieu urbain de Dakar.
- 5- Renforcement des capacités

Différents modes de transports de marchandises :

- 1 **Les plus grandes lignes maritimes** touchent le Port de Dakar dans les deux sens : Nord / Sud et Est / Ouest. Suite à une baisse de 5% en 2004, le trafic de marchandises du Port Autonome de Dakar, tous produits confondus, a accusé en 2005 une hausse de 9,2% malgré une baisse de 7,8% du nombre d'escales de navires.
- 2 La tendance à la hausse du transport aérien amorcée depuis 2002 s'est maintenue jusqu'en 2005, accusant ainsi une croissance de 1,6% par rapport à 2004.
- 4 **Les transports ferroviaires** de voyageurs et de marchandises étaient assurés, jusqu'en octobre 2003 par la Société Nationale des chemins de fer du Sénégal (S.N.C.S).

Depuis la privatisation de la SNCS en novembre 2003, la nouvelle société TRANSRAIL SA assure le transport international de marchandises. Le trafic de voyageurs en banlieue est dévolu à la société PTB SA.

- 1 En 2005 le volume de marchandises dont le transport est assuré par la SEFICS est de 1 134 036 tonnes. Ce qui représente 69,5% du trafic total de marchandises, lequel trafic a connu une légère hausse de 1,3%, passant ainsi de 1 608 301 tonnes en 2004 à 1 630 534 tonnes en 2005. Cette hausse est consécutive à celle de 13,2% du trafic international de marchandises qui ne représente cependant que 21,3% du trafic total de marchandises.
- 2 Pour **le transport routier**, le parc immatriculé en janvier 2005 tel qu'il ressort du fichier informatisé est de 249 053 véhicules. La répartition du parc par région met en exergue un grand déséquilibre au profit de Dakar qui engrange à elle seule 73,3% du parc automobile devant Thiès et Diourbel qui détiennent respectivement 8,7% et 5,3%.

L'analyse des nouvelles immatriculations selon l'état des véhicules met en évidence la prédominance des véhicules d'occasion avec 84,6% en 2002.

Les transports sont ainsi susceptibles d'avoir un impact négatif important sur la lutte contre les émissions de GES avec un parc automobile vieillissant.

Notons cependant une très forte baisse des nouvelles immatriculations amorcée depuis 2003. Le nombre de nouvelles immatriculations est passé de 13 379 en 2004 contre 25 841 en 2003 et 11 074 en 2005. Cette situation semble être l'incidence directe du décret 2001-72, portant réglementation de l'importation des véhicules d'occasion.

5. 4. Industrie

Le regain de l'activité dans **le secteur industriel** amorcé depuis l'année 2002 se poursuit. En effet, la production industrielle en 2005, a accusé une hausse de 1,3% par rapport à celle de l'année précédente. La hausse de l'indice résulte principalement de la croissance enregistrée au niveau des industries alimentaires (7,1%), des Matériaux de construction (9,3%), de Papier carton (42,6%), de l'Energie (9,7%) et des Autres industries manufacturières (8,1%). En revanche on note une contre performance dans l'activité des industries extractives, de textiles cuirs, du bois et de la mécanique.

Depuis l'année 2002, la production des industries alimentaires et celle des matériaux de construction enregistrent de façon régulière, une hausse d'une année à l'autre alors que celle de la chimie évolue en dents de scie.

5. 5. Déchets

Les régions de Dakar, Thiès et de Kaolack sont les plus grandes productrices de déchets solides. Elles totalisent 57% de la production nationale dont 29% à Dakar, 15% à Thiès et 13% à Kaolack.

Dans la région de Dakar, les ménages produisent la plus grande partie des déchets avec un niveau qui quadruple celui des marchés et des rues réunis (tableau 3).

Tableau 3 : Production annuelle de déchets solides (estimations en milliers) dans la commune de Dakar

Année	1988	1995	2000	2005
Population Commune	1440	1832	2175	2584
Production totale déchets	259	330	392	465
Part des ménages	207	264	313	372
Part des marchés	41	53	63	74
Part balayage des rues	10	13	16	19

Source : Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie/MEF, édition février 2007

Quant à la composition des déchets, elle est organique pour près de la moitié (43,60%) et le cuir y est présent pour moins de 1%.

Pour **les déchets liquides** le niveau de raccordement le plus élevé au Sénégal est celui de Dakar avec 25% des ménages branchés au réseau d'évacuation des déchets.

La pollution atmosphérique est particulièrement redoutable à cause de son impact sur la couche d'ozone et la santé des populations. En effet, la couche d'ozone est détruite par la libération dans l'atmosphère de substances nocives (CFC, HCFC, bromure de méthyle...) contenues dans les fluides et les appareils de froid (compresseurs, réfrigérateurs, climatiseurs, congélateurs...). D'après les informations détenues par la Direction de l'Environnement et des Etablissements Classés, qui a en charge le programme de mise en œuvre du protocole de Montréal sur les substances appauvrissant la couche d'ozone, tous les fluides et les appareils contenant du CFC sont importés.

5. 6. L'Agriculture

L'agriculture demeure encore un des secteurs les plus importants de l'activité économique. Elle occupe près de 60% de la population active du pays et continue de rester le principal levier pour le développement des secteurs artisanal et industriel. Cependant, sa contribution à la formation du Produit intérieur brut reste faible et variable d'une année à l'autre. Pour les quatre dernières années, elle se situe à moins de 10%.

Le coefficient de dépendance alimentaire du pays en céréales reste très important (plus de 50%). En effet, la production céréalière qui constitue une des composantes les plus importantes de la production alimentaire ne cesse de baisser (environ de 1,1% entre 1990/91 à 2002/2003), creusant ainsi le déficit céréalier.

Pour atteindre ses objectifs, des investissements et des mesures seront mis en œuvre principalement pour la maîtrise de l'eau, base de sécurisation, d'intensification et de modernisation de l'agriculture, pour faire passer le taux de superficies irriguées sur superficies totales cultivées de 4% en 2005 à 10% d'ici 2010 et 20% en 2015. A cet effet, l'État réalisera au moins 15000 ha d'aménagements hydro agricoles en moyenne par an à travers des programmes dans les différentes parties du pays. L'amélioration des performances dans le domaine de la qualité des produits (conditions de transformation, de conservation et de commercialisation) se traduira par l'augmentation du volume des exportations en fruits et légumes avec une progression annuelle ciblée de 3000 à 4000 tonnes par an.

Le sous-secteur de l'élevage n'atteint pas encore les niveaux de performances attendus (tableau 4), en dépit de son potentiel et du rôle important qu'il joue sur le plan socio-économique. Pour l'essentiel, les activités de production continuent d'être menées selon des modes traditionnels d'élevage.

Il résulte de cette situation : (i) une faible productivité du cheptel, (ii) des revenus faibles et peu diversifiés pour l'éleveur, (iii) une facture laitière excessive évaluée à plus de 35 milliards de francs CFA par an, (iv) des productions aléatoires et insuffisantes en viande et en lait se traduisant par une

consommation per capita située à 11 kg de viande et 33 litres de lait, (v) un faible accès au marché international, (vi) une dégradation des écosystèmes pastoraux et agro-pastoraux.

Cependant le développement de l'emploi rural non agricole est un axe stratégique important pour la réduction de la pauvreté. Des programmes spécifiques de transformation des produits agricoles et de facilitation de leur commercialisation sur les marchés intérieurs et extérieurs participent à la diversification des revenus non agricoles.

Tableau 4 : évolution du cheptel et autres (en milliers)

	2001	2002	2003	2004	2005
Bovins	3 061	2 997	3 018	3 039	3 081
ovins	4 678	4540	4614	4739	4 855
Caprins	3 995	3 899	3 969	4 025	4 051
camelins	4	4	4	4	4
Porcins	280	291	303	300	300
équins	492	496	500	504	520
Asins	407	400	400	412	422
Lait (en litre)	202 753	199 393	200 480	202 851	205 824
Autres produits (fumure)	136 482	138 251	139 347	141 856	145 331
Volaille traditionnelle	19 543	20 207	20 813	20 960	21 206
Volaille industrielle	6 115	5 174	5 262	5 285	6 135
oeufs	418 462	392 617	415 856	397 000	382 000

Source : Daps/comptes nationaux

5. 7. Forêts et Végétations

Au Sénégal l'influence du climat et de l'hydrologie, ainsi que la nature des sols, déterminent plusieurs zones de végétation. Au nord, la zone sahélienne est couverte d'une brousse clairsemée où prédominent les épineux. La savane arborée, riche en faune, caractérise les zones soudaniennes. La forêt épaisse est localisée dans la zone subguinéenne, limitée à la région naturelle de Basse Casamance.

Le domaine forestier du Sénégal comprend un domaine classé et un domaine protégé. La gestion du domaine classé relève des compétences du service des Eaux et Forêts et du service des Parcs Nationaux.

Le domaine classé national couvre 31,7 % du pays et comprend les forêts classées, les périmètres de reboisement et de restauration, les réserves naturelles intégrales, les parcs nationaux et réserves spéciales. Il se répartit comme suit : 213 forêts classées de 6 237 648 hectares de superficie totale, dont 20 sont des réserves sylvo-pastorales (1 514 000 ha) et 8 des zones d'intérêt cynégétique (1 976 315 ha) Si l'on tient compte des périmètres de reboisement et de restauration (qui font partie du domaine classé) comme la bande de filao de la Grande Côte, le taux de classement atteint 52,2%.

Les forêts qui englobent toutes les ressources végétales et animales sauvages situées sur des terres non agricoles et non bâties occupent une superficie estimée à 12,7 millions ha en 1981, soit 64,5 % du territoire national (PDDF, 1981) dont près de la moitié (6 237 648 ha) constitue les zones classées (forêts classées, parcs et réserves) qui forment le domaine forestier de l'Etat.

Cette superficie totale des forêts est passée à 11,9 millions d'hectares en 1990 correspondant à une régression du couvert forestier de 80.000 ha/an (PAFS, 1993), du fait du mode d'exploitation ligneuse, des défrichements agricoles, des feux de brousse et de pratiques pastorales non durables. Ce rythme de recul des forêts se serait ralenti pour descendre à 45 000 ha/an selon la FAO (FRA 2000).

Sur le plan du reboisement, la production de plants est une des principales activités de la Direction des Eaux et Forêts, Chasse et Conservation des Sols (DEFCCS). Pour les dix dernières années, la

DEFCCS a produit en moyenne 20.107.447 plants et planté 9482 hectares en moyenne par an pour la même période.

En l'an 2000, la production de plants s'élevait à 16 485 285 pour la réalisation de 10 170 ha de plantations massives et 3 662 km de plantations linéaires. En 2005 l'activité de reboisement s'est traduite par la production de 30.077.471 plants pour des plantations massives de 14.144 hectares et 3339 km de plantations linéaires. Ainsi, en 2005, la DEFCCS a produit 69% de plants en dessus de la moyenne des dix dernières années et planté 45% hectares en dessus de la moyenne des dix dernières années.

Par ailleurs la disponibilité de végétation est une donnée très importante dans la qualité de l'environnement. Parmi d'autres caractéristiques, nous citerons la séquestration de carbone qui contribue de manière significative à la purification de l'air. Or, l'avancée du désert, par des effets naturels, les feux de brousse et la pression exercée par les hommes sur cette végétation, contribue à la dégrader de telle sorte qu'il est indispensable de procéder au reboisement afin de lui assurer la prévention, le maintien et même l'amélioration (surtout en matière de biodiversité).

VI. AUTRES

Le tourisme constitue la deuxième source de devises du pays et contribue à hauteur de 4,6% à la formation du PIB. En 2002 ainsi qu'en 2003, années pour lesquelles les réceptifs hôteliers ont connu respectivement des accroissements de 10,4% et 14,1%. Le secteur touristique est à la base de la croissance économique de la Petite Côte, principale région touristique du Sénégal.

La part du Sénégal dans le marché africain est encore modeste en comparaison avec d'autres destinations en Afrique. Dans le classement des 21 premières destinations africaines, le Sénégal, s'est classé 15^{ème} en 2001 avec 396.000 touristes.

C'est un secteur qui subit les impacts négatifs des changements climatiques à cause du tourisme balnéaire prédominant.

Le commerce, en dépit d'un environnement économique international difficile, notamment marqué par une hausse constante du baril de pétrole, et d'un cadre commercial peu équitable (subventions des produits agricoles par les économies développées, complexité des règles d'origine, l'instabilité des cours des matières premières et produits agricoles) les échanges commerciaux du Sénégal se sont renforcés en 2005.

Portées par les industries de matériaux de construction, et de produits pétroliers, les exportations du Sénégal ont connu une accélération de leur rythme de progression qui est passé à 12,9% entre 2004 et 2005 contre seulement 1,09% entre 2003 et 2004. Par ailleurs, les importations ont accusé une progression de 12,5% sous la poussée des biens d'équipement et des biens de consommation qui ont enregistré des hausses respectives de 20% et 13,6% entre 2004 et 2005.

Le commerce constitue le principal domaine d'intervention du secteur informel et le principal pourvoyeur d'emplois en milieu urbain, en particulier pour les femmes et les jeunes. En vue de sa promotion, le Gouvernement, après avoir élaboré la Stratégie de Développement et de promotion des exportations sénégalaises (STRADEX), a fait procéder à un diagnostic de l'intégration internationale du Sénégal dans le cadre du programme du « cadre intégré d'assistance technique lié au commerce ». En outre, une Lettre de Politique sectorielle a été initiée en vue de jeter les bases à long terme d'un développement du commerce. Ces initiatives visent la définition d'une stratégie cohérente de promotion des exportations, la gestion rationnelle du marché intérieur sénégalais et la mise en œuvre de divers programmes de renforcement des capacités.

CHAPITRE II : Inventaire des Gaz à Effet de Serre

I. SECTEUR ENERGIE

Le secteur énergétique, de par sa position dans l'économie, entretient des relations et des connexions inextricables et multidimensionnelles avec l'ensemble des autres secteurs ce qui lui confère un rôle transversal.

Les besoins énergétiques du Sénégal sont destinés à satisfaire la demande au niveau national.

Les données énergétiques contenues dans le rapport du Système d'Information Energétique (SIE) du Sénégal ont été utilisées pour le calcul des émissions des gaz à effet de serre dans le secteur de l'Energie (tableaux 5 et 6).

1.1. Données utilisées

La consommation finale d'énergie du Sénégal par produits en 2000 est de 1690 tep répartie comme suit : 943,6 tep (soit 55,83%) en produits pétroliers raffinés, 662,8 tep (soit 39,21%) en biomasse et 83,7 tep (soit 4,95%) en électricité. Le niveau de consommation énergétique du pays constitue à la fois un indice et un indicateur du niveau de développement et social.

Le Sénégal, qui ne dispose pas de réserves fossiles économiquement exploitables, est obligé de recourir à des importations d'hydrocarbures et à une exploitation intensive de son couvert végétal, déjà très dégradé, pour assurer ses approvisionnements en ressources énergétiques primaires.

Pour ce qui est du fuel, en plus de la quantité indiquée dans le rapport du SIE Sénégal, il faut ajouter 53 502 tonnes représentant la quantité que la SOCOCIM a utilisée pour le chauffage du clinker.

Les données, de 2004, sur les quantités d'huiles usées (4 800 tonnes) et de lubrifiants consommés (16 000 tonnes) révèlent un ratio huiles usées lubrifiants neufs égal 30%, c'est-à-dire que 70% des lubrifiants consommés sont utilisés par les moteurs et donc engendrent des émissions de CO₂.

Ce coefficient est très faible comparé à celui de la France qui est de 65% selon l'ADEME et ceci s'explique par la vétusté du parc automobile au Sénégal.

Tableau 5: Production ou approvisionnement (en tonnes)

Produits	Production	Importation	Exportation	Soute internat.	Variation de stock
Pétrole brut		890 688			25 100
Gaz naturel (en Nm3)	628 620				
Essence	145 254		47 194		1 057
Jet kérosène	65 525	142 806	2 055		11 953
Pétrole lampant	21 366		2 772		
Gasoil/diésel oil	390 296	149 598	65 444	93 592	- 6 077
Fuel	236 509	126 909	33 484		- 6 936
Gaz butane (GPL)	9 070	91 885	3 130		76
Naphta	16568				
Lubrifiant		13 332,9			
Bois de feu	1 089 132				
Charbon de bois	329 062				
Bagasse	302 383				
Coque d'arachide	50 494				

Source : rapport SIE 2006

Tableau 6 : Consommation par secteur

Produits	Production électricité	Raffinage	Production charbon de bois	Industrie	Manufacture et construction	commerce	résidentiel	Transport Routier/ Navigation intérieur/ Ferroviaire
Pétrole brut		915 788						
Gaz naturel (en Nm3)	628 620							
Essence								56 730/ 34 185
Jet kérosène	22 210							237 242
Pétrole lampant							18 932	
Gasoil/diésel oil	147 704			84 235	81 312			278 002/ 0/ 2923
Fuel	296 802			73 407	126 909			
Gaz butane (GPL)					1 979	3 587	93 378	
Naphta	16568							
Lubrifiant	3 082,56							10 250,33
Bois de feu			1 645 312				1 089 131	
Charbon de bois							329 062	
Bagasse	302 383							
Coque d'arachide	50 494							

Source : rapport SIE 2006

1.2. Méthodologie d'inventaire

La méthodologie utilisée est celle développée par le Groupe Intergouvernemental d'Expert sur l'évolution du Climat - GIEC - (version révisée 1996) dont le principe est le suivant :

- Une estimation de la consommation apparente de combustible, exprimée en unité d'origine ;
- Une conversion en une unité énergétique commune ;
- Une multiplication par les facteurs d'émission pour calculer la teneur en carbone ;
- Un calcul du carbone stocké ;
- Une correction pour tenir compte de la combustion incomplète ;
- Une conversion du carbone oxydé en émission de CO₂.
- les émissions dues aux produits pétroliers finis non importés sont comptabilisées au niveau des émissions dues au pétrole brut, compte tenu de la méthode d'estimation utilisée pour éviter une comptabilisation double.
- Les émissions dues aux produits pétroliers raffinés importés sont comptabilisées.

1.3. Emission de dioxyde de carbone (CO₂)

En 2000, les sous secteurs « produits pétroliers et biomasse » comptabilisent une émission globale de 7435 Gg avec une légère différence au niveau des émissions pris individuellement (3876 Gg pour le sous-secteur des produits pétroliers et 3559 Gg pour celui de la biomasse), tableau 7, Gr. 7.

Pour le sous-secteur des hydrocarbures, les émissions les plus importantes sont notées au niveau du pétrole brut importé (avec 2 630 Gg), suivi des produits raffinés importés que sont :

- le fuel oil résiduel (avec 649 Gg) ;
- le Jet Kérosène (avec 406 Gg) ; et,

- le gaz butane (avec 263 Gg).

La place du fuel oil résiduel s'explique par le recours au fuel lourd pour les besoins de la SOCOCIM qui a utilisé plus de 53 000 tonnes de ce produit pour la production de clinker.

Par contre, au niveau de la biomasse (Gr. 8), les émissions en CO₂ s'élèvent à 3559 Gg en 2000 avec :

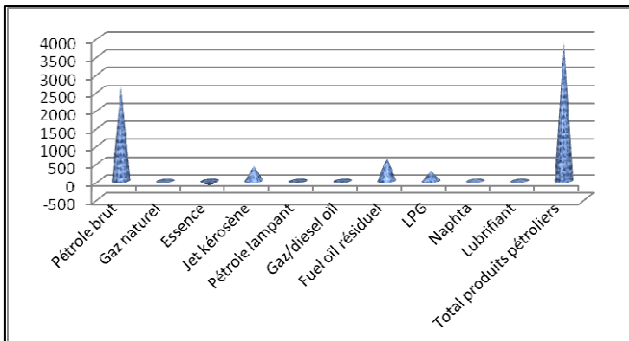
- le bois de chauffe qui émet le plus (avec 1989 Gg) de CO₂ suivi
- du charbon de bois (avec 1025 Gg) ; et,
- la bagasse (avec 544 Gg) utilisée dans les chaudières de la CSS

Dans ce sous secteur, le bois de chauffe et le charbon de bois sont les principaux sources d'émissions.

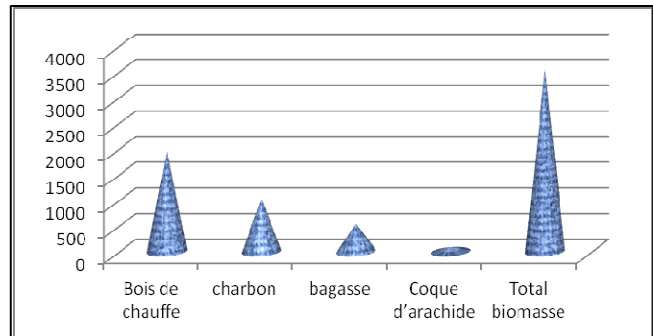
A l'inverse, les émissions issues de la bagasse et des coques d'arachides sont relativement faibles

Tableau 7 : Résumé des émissions de CO₂ par produit

Produit	Emission en 2000 (Gg)
Pétrole brut	2 630,24
Gaz naturel	1,84
Essence	- 148,3
Jet kérosène	406,53
Pétrole lampant	- 8,83
Gaz/diesel oil	- 10,68
Fuel oil résiduel	649,30
LPG	263,27
Naphta	54,14
Lubrifiant	38,90
Total produits pétroliers	3 876,40
Bois de chauffe	1 989,29
charbon	1 025,28
bagasse	544,08
Coque d'arachide	90,85
coton	
Total biomasse	3 558,66
Emission totale	7 435,06



Graphique 7 : Emissions de CO₂ (Gg) par les produits pétroliers et le gaz naturel



Graphique 8 : Emission de CO₂ (Gg) par produit de la biomasse

1.3.1. résumé des émissions de CO₂ entre 1994 et 2000

Tableau 8 : Analyse Comparative des émissions de CO₂ (Gg ECO₂) entre 1994 et 2000

Produit	Emission en 2000 (Gg)	Emission en 1994 (Gg)	Emission en 1994 (Gg) recalculé
Pétrole brut	2 630,24	555,8	1 407,32
Gaz naturel	1,84	11,85	11,85
Essence	- 148,3	55,5	- 94,60
Jet kérosène	406,53	423,13	200,37
Pétrole lampant	- 8,83	- 9,73	- 9,73
Gaz/diesel oil	- 10,68	504	141,72
Fuel oil résiduel	649,30	929,8	438,42
LPG	263,27	152,7	96,62
Naphta	54,14		
Lubrifiant	38,90		
Total produits pétroliers	3 876,40	2 620	2 180,13
Bois de chauffe	1 989,29	53,7	2 732,8
charbon	1 025,28	286,2	1 039,74
bagasse	544,08	557,4	510,69
Coque d'arachide	90,85	83,18	210,69
coton		7	
Total biomasse	3 558,66	987,4	4 493,32
Emission totale	7 435,06	3660	6 685,30

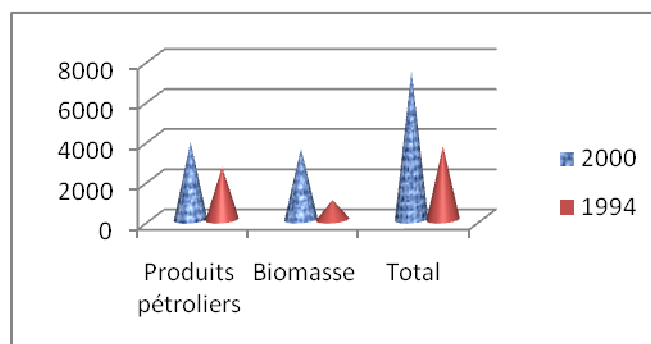
De 1994 à 2000 les émissions de CO₂ pour le secteur sont passées de 3660 Gg à 7435, soit une augmentation de plus de 100%. Cette évolution est surtout due à une croissance des émissions des produits pétroliers (qui passent de 2620 Gg à 3676 Gg) mais surtout aux émissions de biomasse quatre fois plus importantes. Plusieurs facteurs, dont le recours de plus en plus importants aux hydrocarbures pour la production d'électricité, expliquent ces évolutions (tableau 9, Gr. 9).

Pour le gaz naturel, la baisse des émissions observée (de 11,85 à 1,84 Gg) résulte de la diminution de la production/consommation de ce produit qui est passée de 5 071 000 Nm³ (inventaire IGES 1994) à seulement 628 620 Nm³ en 2000 (SIE Sénégal, 2006).

S'agissant des coques d'arachides, la baisse constatée (119,84 Gg) s'expliquerait entre autres par la faible production arachidière en 1999 due à un déficit important de la pluviométrie durant la même année (127 141 t en 1994, inventaire IGES 1994 à 50 495 t en 2000), soit une baisse de près de 152%.

Tableau 9 : comparaison des émissions de CO₂ (Gg ECO₂) par produit

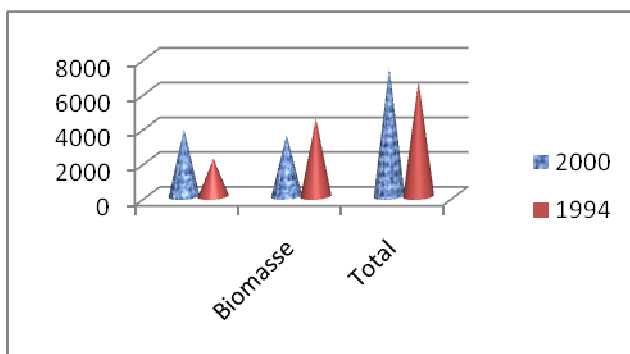
Produits	années	
	2000	1994
Produits pétroliers	3876,4	2620
Biomasse	3558,6	987,4
Total	7435	3660



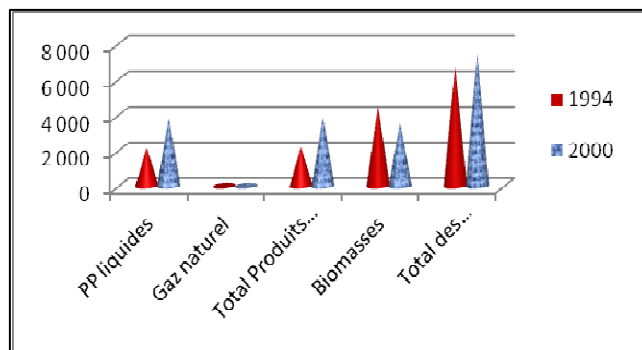
Recalculé des émissions de 1994

En 1994, les données sur le charbon de bois et le bois de feu ont été largement sous évaluées. En effet, le bois de feu a été comptabilisé pour 32 000 tonnes au lieu de 1 496 200 et le charbon de bois à 100 000 tonnes à la place de 333 700 tonnes (bulletin de l'observatoire des combustibles domestiques n°1 février 1993).

En considérant ces données (tableau 8) ; entre 1994 et 2000, les émissions du sous secteur des hydrocarbures ont augmenté de 1686 Gg de CO₂ (Gr.10) alors que pour la même période, les émissions dues au sous secteur de la biomasse ont diminué de 934 Gg de CO₂ (Gr.11 et 12). Cette baisse des émissions au niveau de la biomasse est due entre autres, à la subvention du butane pendant cette période, l'amélioration des techniques de carbonisation du bois le recours massifs aux foyers améliorés ; et les effets des estimations des consommations en bois de feu et en charbon de bois résultant de deux méthodes différentes.



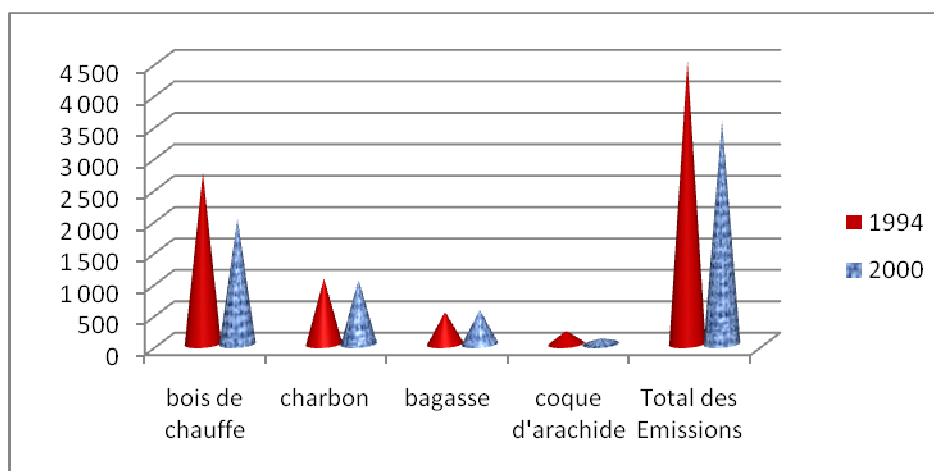
Graphique 10 : Analyse Comparative des émissions de CO₂ entre 1994 et 2000 (après recalcul)



Graphique 11 : Comparaison selon les sources

Une augmentation de 16% des émissions dues aux produits pétroliers entre 1994 et 2000 a été notée (Gr. 10) ; elle peut s'expliquer par l'augmentation de la consommation nationale et le recours de plus en plus important de la SAR à l'option de raffinage par rapport à celle d'importation des produits finis.

Egalement comme élément explicatif de cette augmentation, l'essence dans l'inventaire de 1994 a été considérée comme un produit totalement exporté de ce fait les émissions issues de la consommation nationale de ce produit n'ont pas été comptabilisées. Il en est de même pour le pétrole lampant, également considéré comme exporté.



Graphique 12: Emissions issues de la biomasse

1.3.2. Emissions du CO₂ au niveau des secteurs

Le graphique 13 révèle que les principales catégories-clés sont les secteurs résidentiels, la production de charbon de bois, le raffinage, la production d'électricité et le transport.

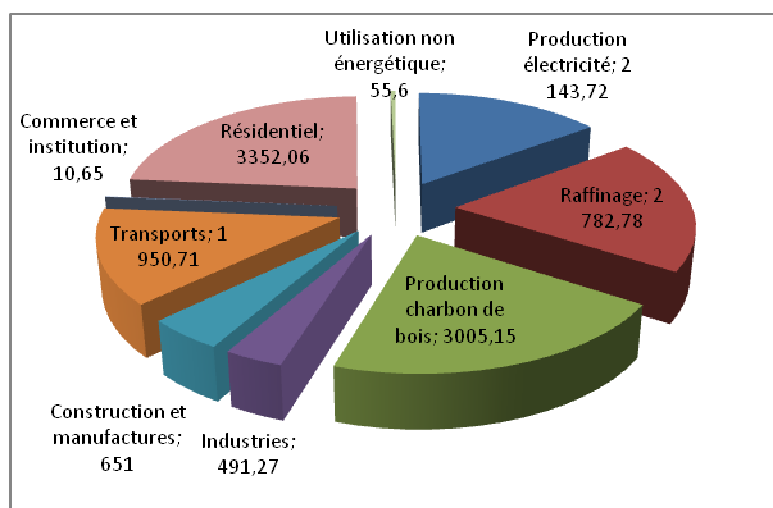
Pour une émission totale de 6481 (Gg ECO₂), les secteurs « résidentiel » et « Production de charbon de bois » représentent respectivement 23,3% et 20,89%. Ces émissions proviennent des usages domestiques du bois de feu et du charbon de bois pour le résidentiel et la transformation/carbonisation du bois de feu.

La contribution assez importante du secteur du raffinage avec 19,34% confirme l'augmentation des importations en pétrole brut.

Les secteurs « Production d'électricité » et « Transports » avec respectivement 14,9% et 13,56% sont responsables d'un peu plus du quart des émissions totales.

Les émissions des secteurs "Industries " et "Construction et Manufacture" contribuent pour moins de 10% des émissions (avec respectivement pour près de 3,4% et 4,5%).

Pour mémoire, les émissions de soutes sont : 297, 36 Gg.



Graphique 13 : Emission du CO₂ (Gg) selon les secteurs

1.4. Emission d'autres gaz (en Gg)

Les informations ci-dessous sont obtenues en introduisant les données de consommation ou de production des différents produits selon les activités dans la feuille Excel du logiciel utilisé.

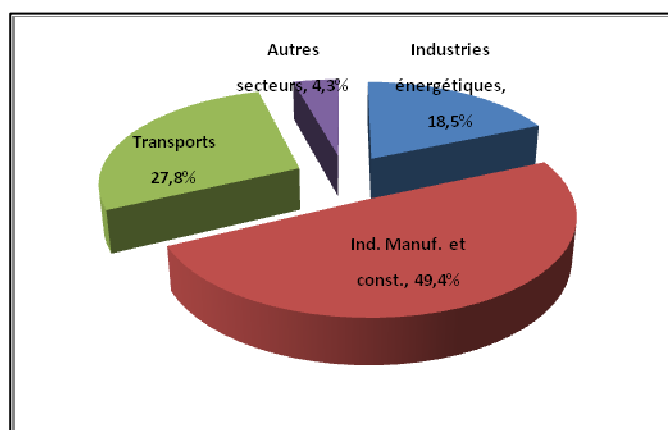
1.4.1. Emission de CH₄, CO, NO₂, NOX, NMVOC, SO₂

Tableau 10 : Emission des autres gaz (Gg ECO₂)

CH ₄ de la combustion des sources	N ₂ O de la combustion des sources	NOX de la combustion des sources	CO de la combustion des sources	NMVOC de la combustion des sources
4, 619	5, 3	5,12	5,12	5,27

Le tableau 10 fait ressortir une quasi-égalité des émissions tournant autour de 5 Gg (soit entre 19 et 21%) pour le NO₂, NOX, CO et NMVOC, alors que pour le CH₄, ses émissions représentent 4,62 Gg (19,08% de l'ensemble).

1.4.2. Emissions de soufre (SO₂) au niveau des secteurs



Graphique 14 : Emissions de soufre (SO₂) au niveau des secteurs

Les émissions de soufre au niveau des différents secteurs sont faibles à cause de la faible teneur en soufre des produits utilisés (Gr. 14) :

- entre 0% et 3,5% pour les produits pétroliers raffinés régis par une norme (cf. décret N° 98-341 du 21 avril 1998 modifié par le décret N° 2002-03 du 10 janvier 2002 relatif aux spécifications techniques des produits pétroliers);
- 0,04% pour la coque d'arachide (source : SONACOS);
- 0,015% pour le charbon de bois (source : A Debdoubi, K. Haboubi et autres : Biomasse-matériaux combustibles, FIER, 2002);
- 0% pour le bois et la bagasse (source : A Debdoubi, K. Haboubi et autres : Biomasse-matériaux combustibles, FIER, 2002).

1.4.3. Emissions de CO ; NOX ; NMVOC ; SO₂ à partir du raffinage du pétrole

Tableau 11 : Emissions des autres gaz à partir du raffinage du pétrole

Gaz	CO	NOX	NMVOC	SO ₂
Emissions en Gg	0,08	0,05	0,57	0,85

Au niveau du raffinage du pétrole, on constate que ce sont le **SO₂** et le **NMVOC** qui sont les plus émis.

1.4.4. Emission de CH₄ (méthane) à partir des activités gazières

L'émission de CH₄ à partir des activités gazières en 2000 est de 0,81 Gg.

Tableau 12 : Synthèse des émissions des gaz à effet de serre / Secteur Energie - année 2000

Catégorie source	Gaz émis (en Gg)						
	CO ₂	SO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO	NOX	NMVOC
Industrie énergétique	491,27	4,36	4,619	5,3	5,12	5,12	5,27
Construction et manufacture	651	11,64					
transport	1 920,81	6,56					
Commerce et institution	10,65	1,02					
résidentiel	3 352,06	1,2 (autres secteurs)					
Utilisation non énergétique	55,6						
Total	6 481,39	24,78	4,619	5,3	5,12	5,12	5,27
Equivalent CO₂	6 481,39		96,999	1 643			
Total national (en ECO₂)	8 221,4						

NB. Pour convertir le CH₄ en équivalent CO₂, il faut le multiplier par un coefficient 21. Pour le N₂O, le coefficient est de 310.

II. SECTEUR PROCÉDES INDUSTRIELS

Le seul procédé industriel qui génère la plus importante quantité de gaz à effet de serre est celui de la production de ciment à partir du clinker. Les autres utilisations de sous-produits industriels pour produire de l'énergie, ont été prises en compte dans le secteur de l'Energie.

2.1. Source de production

Le ciment est produit par la combustion de matière première à base de calcaire et de marne qui est portée à une température de 1500°C dans de longs fours rotatifs. Cette cuisson conduit à la formation du Clinker qui sera mélangé avec du gypse et du calcaire puis broyé très finement pour obtenir le ciment.

Au Sénégal, seule la SOCOCIM fonctionnait comme cimenterie en l'an 2000. Les Ciments du Sahel ont démarré la fabrication de leur ciment qu'à partir de 2002.

Les émissions de SO₂ proviennent du soufre contenu dans le combustible et dans la matière première argileuse. Seules les émissions de SO₂ provenant de l'argile sont comptabilisées des émissions de non combustion.

2.1.1. Productions annuelles de clinker et de ciment

Les données utilisées ont été fournies par la SOCOCIM (Tableau 13). Ces mêmes données se trouvent dans le site de l'Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie (ANSD).

Tableau 13 : Productions annuelles de clinker et de ciment

Année	Productions (tonnes)	
	Clinker	Ciment
1998	553 431	844 524
1999	567 023	1 005 188
2000	594 576	1 342 786
2001	588 432	1 521 432
2002	938 683	1 653 231
2003	867 931	1 240 635
2004	1 047 128	1 602 851
2005	1 037 623	1 555 620
2006	1 066 330	1 805 659

2.1.2. Méthodologie d'estimation des émissions de CO₂

Les émissions de CO₂ proviennent de la production du clinker et non de celle du ciment, les estimations sont basées sur la teneur en chaux et sur la production de clinker.

L'absence de facteurs d'émissions relatifs à la production de clinker établis par la SOCOCIM nous a amené à utiliser un facteur d'émission par défaut.

2.1.3. Estimation du CO₂ émis en 2000

L'estimation est basée sur la quantité du clinker produit et le facteur d'émission par défaut de 0,5071 t CO₂/t clinker produite.

Tableau 14 : Estimation du CO₂ émis en 2000

Quantité de clinker	Facteur de correction	Facteur d'émission	CO ₂ émis (t)	CO ₂ émis (Gg)
594 576	1,02	0,5071	307539,68	307,54

- Les données de production (première colonne) ont pour source la SOCOCIM
- **2^e Colonne** : Facteur de correction par défaut tiré de la feuille de calcul 2-1B
- **3^e Colonne** : Facteur d'émission, t CO₂/t de clinker produite, tiré des lignes directrices du GIEC pour les Inventaires Nationaux de Gaz à Effet de Serre- Version Révisée 1996- Manuel Simplifié (Volume 2) – Module Procédés Industriels, page 6 Etape 1 Estimation du CO₂ émis.

2.1.4. Méthodologie d'estimation des émissions de SO₂

L'estimation des émissions de SO₂ provenant de la production de ciment est réalisée en appliquant à la production annuelle de ciment, un facteur d'émission de SO₂ dégagé par tonne de ciment produit. La SOCOCIM ne dispose pas de facteur d'émission relatif à sa production de ciment, le facteur d'émission par défaut a été appliqué.

2.1.5. SO₂ émis dans la production de ciment

Tableau 15 : Estimation du CO₂ émis en 2000

Quantité de ciment	Facteur d'émission	SO ₂ émis (Kg)	SO ₂ émis (Gg)
1 342 786	0,3	402 835,80	0,40

2.2. Production de Chaux

Le Sénégal n'est pas producteur de chaux, toute la consommation de chaux est importée malgré l'existence de carrières de calcaire dans le pays.

Les émissions de GES n'ont donc pas été évaluées pour ce produit.

2.3. Production de l'asphalte pour le revêtement des chaussées

Les émissions de composés organiques volatils non méthaniques (COVNM) proviennent de la production et des opérations de revêtement des chaussées. Le Sénégal ne produit pas d'asphalte, les émissions sont donc celles liées au bitumage des routes.

L'estimation de la quantité de bitume utilisée a été faite à partir des statistiques de l'Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie (ANSD) de 2000.

2.3.1. Quantité de bitume utilisée

En 2000, la quantité de bitume utilisée au Sénégal s'élève à 10 260 tonnes.

2.3.2. Estimation des émissions COVNM

Un facteur d'émission de 320 kg de COVNM par tonne d'asphalte est recommandé par le manuel de référence des lignes directrices du GIEC, version révisée 1996.

Tableau 16 : Estimation du COVNM émis en 2000

Quantité de bitume (t)	Facteur d'émission	COVNM émis (Kg)	COVNM émis (Gg)
10260	320	3283200,00	3,28

2.4. Autres productions

2.4.1. L'acide sulfurique

L'acide sulfurique est fabriqué au niveau des Industries Chimiques du Sénégal (ICS) à partir du soufre solide. Cet acide servira à la production d'acide phosphorique à partir du phosphate.

2.4.1.1. Statistiques de production

Tableau 17 : Statistiques de production d'acide sulfurique

UNITES	1999	2000	2001	cumul
Sulfurique 1 Tonnes	908788	910469	765442	2584699
Sulfurique 2 tonnes	0	0	275822	275822
Total production tonnes	908 788	910 469	1 041 264	2 860 521

Source : ICS

Unité Sulfurique 1 : Unité sulfurique à simple absorption

Unité Sulfurique 2 : Unité Sulfurique à double absorption

2.4.1.2. Estimation des émissions d'acide sulfurique double absorption

Le facteur d'émission par défaut de 17,5 kg par tonne d'acide sulfurique (unité sulfurique simple absorption) produit a été utilisé (en l'absence d'un Facteur propre des ICS).

Les données relatives à la production d'acide sulfurique sont introduites au niveau de la feuille de calcul 2-10₅ pour obtenir une émission de SO₂ égale à 15,93 Gg.

Tableau 18 : Estimation du SO₂ émis par la production d'acide sulfurique

Production d'acide sulfurique	Facteur d'émission	SO ₂ émis (Kg)	SO ₂ émis (Gg)
910 469	17,5	15 933 207,50	15,93

2.4.2. Autres productions

Le Sénégal n'est pas producteur des produits suivants indiqués dans les lignes directrices du GIEC révisées 1996- manuel simplifié (Volume 2) – Module Procédés Industriels : Carbonate de sodium, Chaux, Verre, Ammoniac, Acide nitrique, Acide adipique, Carbone, Pulpe et pâte à papier.

Pour ces différents produits les émissions de GES n'ont pas été évaluées.

2.5. Alimentation et boisson

Des émissions de COVNM se produisent au cours de la fabrication de boissons alcoolisées, du pain et d'autres produits alimentaires.

2.5.1. Méthodologie d'estimation des émissions de COVNM provenant des boissons alcoolisées

Les COVNM sont produits durant le processus de préparation des fruits et des céréales en vue de leur fermentation. Les facteurs d'émission par défaut ont été utilisés pour l'évaluation des émissions de COVNM provenant des boissons alcoolisées.

2.5.1.1. Emissions de COVNM provenant de la production de bière

Tableau 19 : Quantité globale annuelle de boisson alcoolisée produite au Sénégal

	2000	2001	2002
Production de bière en hl	175 000	177 000	160 000
Production par habitant en l	1,84	1,81	1,60
Population	9 385 417	9 770 000	10 100 000

Source : ANDS

Tableau 20 : Emissions de COVNM provenant de la production de bière

Quantité de bière	Facteur d'émission	COVNM émis (Kg)	COVNM émis (Gg)
175000	0,035	6125	0,01

Il n'existe aucune production de vins au Sénégal. Seule demeure une activité d'embouteillage au niveau de trois entreprises. Les émissions de COVNM provenant de la production de vins n'ont pas été évaluées.

2.5.1.2. Pain et autres aliments

Les émissions de COVNM surviennent au cours du chauffage des graisses et huiles ainsi que des aliments qui en contiennent, au cours de la cuisson au four des céréales, de la farine, des haricots, des légumes, pendant la fermentation de la pâte à pain, pendant la cuisson des légumes et des viandes, et lors du séchage de résidus.

Dans le cadre de cette étude, les catégories suivantes ont été considérées : production de viande, de volaille et de poisson, production d'huile et de fabrication du pain.

Les quantités de viande et de volaille consommées annuellement sont fournies par la Direction de l'élevage, celles de poisson par la Direction des Pêches.

Tableau 21 : Emissions de COVNM provenant de la production de pain et autres aliments (en 2000)

Type de production	Quantité (t)	Facteur d'émission	COVNM émis (Kg)	COVNM émis (Gg)
pain	182 800	8	146 2400	1,46
viande et volaille	121 448	0,3	36 434,40	0,04
poisson frais	204 651	0,3	61 395,30	0,06
huile	81 400	10	814 000,00	0,81
sucre	27 200	10	272 000,00	0,27

2.6. Emissions liées à la consommation de produits de substitution des SAO

Les CFC, leurs produits de remplacement (HCFC et HFC) et d'autres substances développées par l'homme comme les produits fluorés (hydrofluorocarbures perfluorés (PFCs) et hexafluorure de soufre SF₆) ont un potentiel de réchauffement important. Le Sénégal ne fabrique aucune de ces substances.

La consommation d'halocarbures et d'hexafluorure de soufre est très faible car la nouvelle génération d'appareils utilisant ces substances commence à peine à pénétrer le marché et les industries du pays. Tous les HFC/PFC consommés au Sénégal sont importés en vrac ou sous forme de produits (comme les réfrigérateurs).

Les domaines actuels et potentiels d'application des HFCs et PFCs comprennent la réfrigération et la climatisation, les extincteurs et les équipements de protection contre les explosions, les aérosols, les solvants et les mousses injectées

Les principales utilisations du SF₆ :

- L'appareillage de commutation du gaz et des disjoncteurs
- Les extincteurs et les équipements de protection contre les explosions

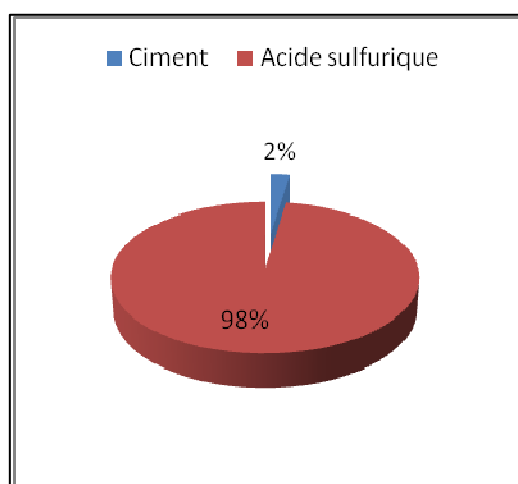
Ces gaz n'ont pas été considérés dans les calculs de l'Inventaire du fait qu'ils n'étaient pas d'usage fréquent avant l'interdiction des CFC en 1996 (en vertu du Protocole de Montréal).

Synthèse des émissions des gaz à effet de serre du secteur Procédés industriels (année 2000)

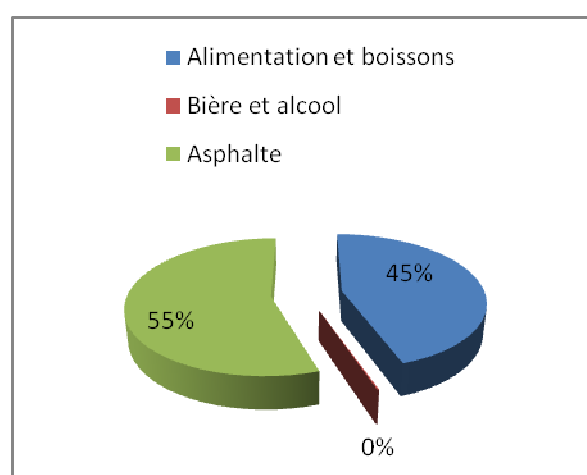
Les émissions liées au secteur des Procédés Industriels sont en grande partie composées de gaz carbonique (tableau 22)

Tableau 22 : Synthèse des émissions dans le secteur procédé industriel – année 2000

Synthèse des émissions des gaz à effet de serre du secteur Procédés industriels (année 2000)			
Catégorie source	Gaz émis (en Gg)		
	CO ₂	COVNM	SO ₂
Clinker	301,51		
Ciment			0,4
Acide sulfurique			15,93
Alimentation et boissons		2,65	
Bière et alcool		0,01	
Asphalt		3,28	
Réfrigération et air conditionné			
Total	301,51	5,98	16,93
Equivalent CO₂	301,51		



Graphique 15 : Emissions de SO₂



Graphique 16 : Emissions de COVNM

Les émissions de CO₂ s'élèvent à 301,51 Gg ECO₂ contre 290,90 en 1994 soit une hausse 36% due à l'augmentation de la quantité de clinker consommée durant l'année 2000 par la SOCOCIM.

Les émissions de SO₂ proviennent de la fabrication de ciment et de l'acide sulfurique et sont relativement faibles.

Les émissions de COVNM sont imputables au bitumage des routes (55%), le reste étant émis par l'industrie agroalimentaire.

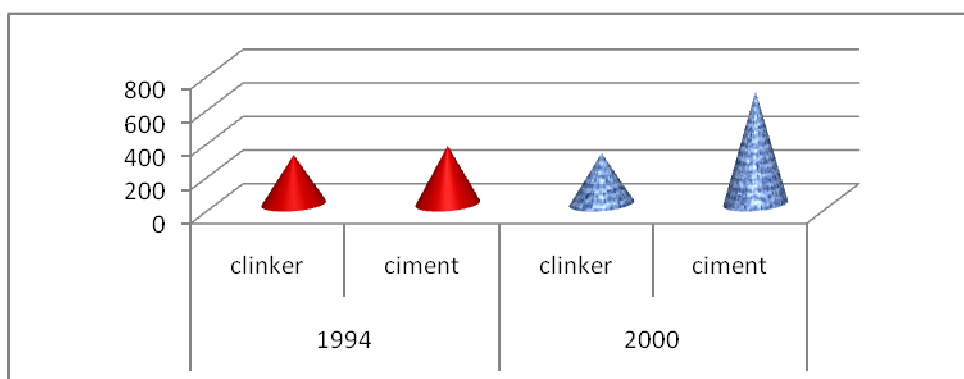
Recalcule

En 1994, la quantité de CO₂ émise était estimée à partir de la production de ciment non sur la production de clinker. Avec une production de ciment de 692 986 t et une production en clinker de 573 647 t et facteur d'émission par défaut de 0,4985 t CO₂/t ciment produit, la quantité de CO₂ émise estimée était de 345,5 Gg Eq CO₂.

L'utilisation du clinker à la place du ciment avec un facteur d'émission par défaut de 0,5071 t CO₂ /t produit allait donner 290,90 Gg E CO₂ contre 301,51 Gg ECO₂ en 2000 soit une hausse de 36%

Cette hausse est due à l'augmentation de la quantité de clinker consommée.

Pour l'année 2000, l'utilisation du ciment à la place du clinker, le CO₂ émis dans la production de ciment serait de 669,38 Gg Eq CO₂ contre 345,5 Gg Eq CO₂ en 1994.



Graphique 17: Comparaison des émissions entre 1994 et 2000

III. SECTEUR AGRICULTURE

L'agriculture sénégalaise constitue la principale activité du secteur primaire. Elle occupe près de 70% de la population active du pays et contribue pour 10% à 11% du PIB national (PGIES, 2002). Etant essentiellement de type pluvial, sa production est sujette à de fortes variations.

3.1. Emissions imputables à la fermentation entérique et la gestion du fumier

Les données utilisées dans l'estimation des gaz produits par la fermentation entérique sont constituées des populations recensées au niveau national et fournies par la DIREL. Chaque valeur étant la moyenne sur trois années (1999-2000-2001). En effet, les lignes directrices du GIEC recommandent de prendre un chiffre d'émission par année, pour les sources/puits, égal à la moyenne sur trois ans (avec l'année de référence au milieu) dans le secteur de l'agriculture.

L'estimation du méthane produit par la fermentation entérique des bovins a été faite avec le niveau 2 des lignes directrices car des facteurs d'émissions spécifiques au Sénégal sont disponibles (tableau 23). Les données ont été calculées en tenant compte de plusieurs facteurs tels que l'âge des troupeaux, le poids, la production de lait, l'alimentation, la croissance, le travail, etc.

Tableau 23 : Facteurs d'émission de CH₄ des bovins au Sénégal (M. Diop, 2003)

variable	Veaux		Jeunes		Taureaux	Bœufs de trait	Vaches sèches	Vaches lactantes
	M	F	M	F				
structure	10%	12%	8%	20%	5%	5%	16%	24%
CH ₄ émis en kg/t/an	16,8	15	50	41,9	67	58,4	62,1	54,8

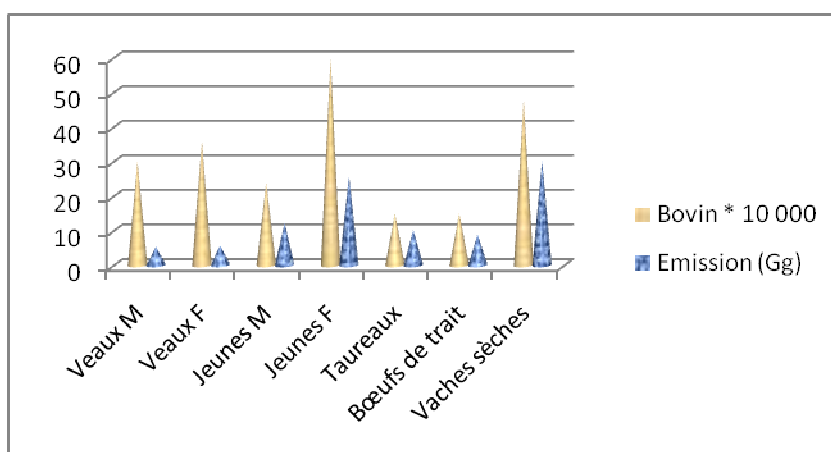
M : mâle ; F : femelle

Les facteurs d'émission spécifiques n'étant pas disponibles pour les autres sous-catégories, les facteurs par défaut proposés dans le manuel ont été utilisés dans tous les tableaux de calcul pour ce sous-secteur.

Il existe très peu de données sur la gestion du fumier au Sénégal, cependant nous avons utilisé les données par défaut pour effectuer l'évaluation des GES au niveau de cette catégorie.

Tableau 24 : Emission de méthane par les bovins

Type d'animaux	Nombre d'animaux	FE fermentation entérique (Kg/tête/année)	Emission fermentation entérique (t/année)	FE gestion du fumier (Kg/tête/année)	Emission gestion du fumier (t/année)	Total émissions annuelles (Gg)
Veaux M	299 135	16,8	5 025,47	1	299,14	5,32
Veaux F	358 962	15	5 384,43	1	358,96	5,74
Jeunes M	239 308	50	11 965,40	1	239,31	12,20
Jeunes F	598 270	41,9	25 067,51	1	598,27	25,67
Taureaux	149 568	67	10 021,06	1	149,57	10,17
Bœufs de trait	149 568	58,4	8 734,77	1	149,57	8,88
Vaches sèches	478 616	62,1	29 722,05	1	478,62	30,20
Vaches lactantes	717 924	54,8	39 342,24	1	717,92	40,06
TOTAL			135 262,93		2 991,35	138,25



Graphique 18: Emissions de méthane par les bovins

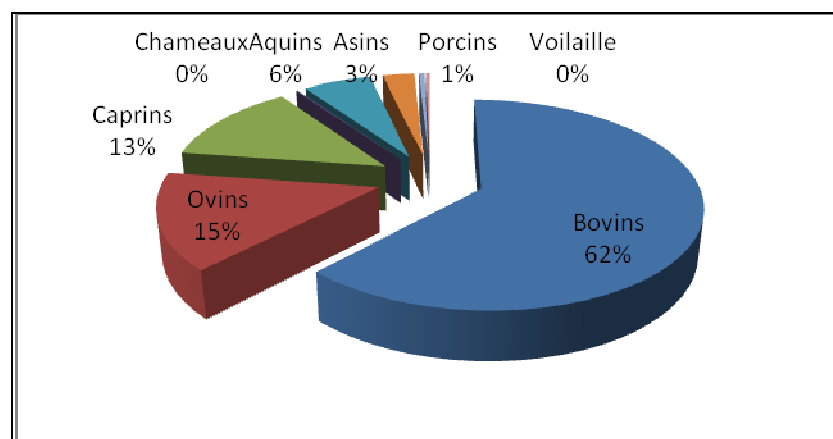
La quantité de méthane émise annuellement par les bovins est 138,25 Gg (tableau 24, Gr.18) correspondant à 2903,25 EqCO₂.

Tableau 25 : Emission de méthane par les autres animaux

Type d'animaux	Nombre d'animaux	FE fermentation entérique (Kg/tête/année)	Emission fermentation entérique (t/année)	FE gestion du fumier (Kg/tête/année)	Emission gestion du fumier (t/année)	Total émissions annuelles (Gg)
Ovins	4572334	5	22 861,67	0,21	960,19	23,82
Caprins	3902281	5	19 511,41	0,22	858,50	20,37
Chameaux	3973	46	182,76	2,56	10,17	0,19
Aquins	469673	18	8 454,11	2,18	1 023,89	9,48
Asins	394 167	10	3 941,67	1,19	469,06	4,41
Porcins	262 863	1	262,86	2	525,73	0,79
Volaille	24 379 899		0,00	0,023	560,74	0,56
TOTAL			55 214,48		4 408,27	59,62

La quantité de méthane émise par les animaux autres que les bovins est de 59,62 Gg, ou 1252,02 Gg ECO₂.

La quantité totale émise par l'ensemble du bétail est de 197,87 Gg ou 4 155,27 Gg ECO₂.



Graphique 19 : Emission de CH₄ par le bétail

3.2. Emissions de méthane imputables à la riziculture

La superficie considérée est la moyenne sur trois ans (1999 à 2001) des données nationales (source ADRAO). Une étude faite en 2006 (ADRAO) montre que les superficies de bas fond irrigué et pluvial correspondent respectivement à 3% et 8% de la superficie nationale.

Les facteurs d'émissions par défaut ont été utilisés pour les calculs.

Tableau 26 : Emissions de méthane imputables à la riziculture

Superficies de bas fond	Superficie de culture (1000 ha)	Facteur de correction d'échelle	Facteur de correction	Facteur d'émission	Emission de CH ₄
Irrigué	40,35	1	1	20	8,07
Pluvial	42,14	0,80	1	20	6,74
Total	82,49				14,81

La quantité de méthane émise au niveau de la riziculture est de 14,81 Gg ou 311,01 Gg ECO₂.

3.3. Emissions imputables au brûlage dirigé des savanes

Cette catégorie n'a pas été comptabilisée dans le secteur Agriculture/Elevage, elle est déjà prise en compte dans le secteur de la foresterie.

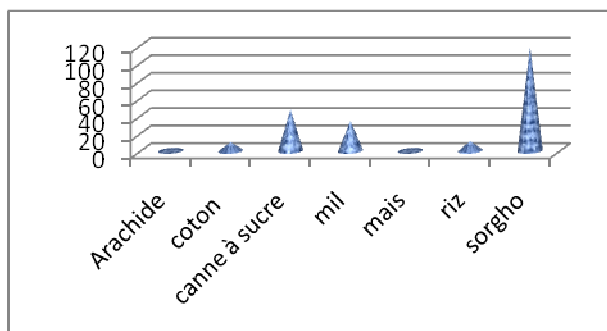
3.4. Emissions imputables au brûlage sur place des résidus agricoles

Les productions utilisées dans le calcul nous ont été fournies par la SODEFITEX pour le coton, la CSS pour la canne à sucre et la DAPS pour les céréales. Les valeurs constituent une moyenne sur trois années (1999-2001).

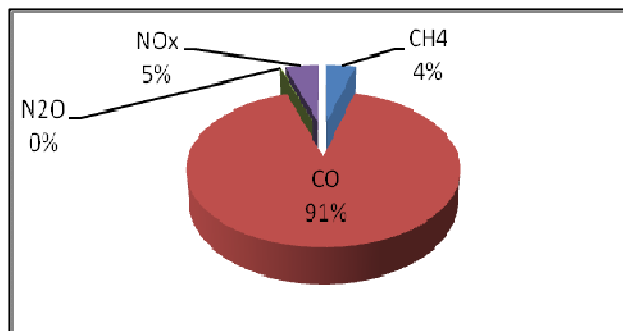
Les rapports récolte/résidus et les teneurs en matière sèche au niveau national n'étant pas disponibles pour le mil, le sorgho, le maïs, le riz, et le coton, les données par défaut ont été considérées. Malheureusement, les données par défaut pour cette sous-catégorie sont limitées.

Il faut noter que la combustion de la bagasse et des coques d'arachide est déjà prise en charge dans l'inventaire des GES au niveau du secteur Energie, par conséquent, elle ne pourra être comptabilisée pour le secteur de l'agriculture.

La combustion des tiges de canne à sucre avant récolte a été comptabilisée. La valeur par défaut étant 6.5 t de matière sèche/ha, la quantité totale de matière oxydée a été obtenue en multipliant la superficie moyenne annuelle par 6.5.



Graphique 20 : Biomasses brûlées



Graphique 21 : Gaz Emis lors du brûlage sur place des résidus agricoles

Dans la catégorie « brûlage des résidus de culture » les gaz émis sont (Gr.21) :

- 0,70 Gg (ou 14,7 ECO₂) de méthane,
- 14,72 Gg (ou 14,72 ECO₂) d'hémioxyde de carbone,
- 0,02 Gg (6,2 ECO₂) d'oxyde nitreux et
- 0,79 Gg (ou 0,79 ECO₂) d'oxyde d'azote.

3.5. Emissions imputables aux sols cultivés

Les quantités d'engrais utilisées dans les calculs nous ont été fournies par la SENCHIM. Les quantités d'azote en kg N/an ont été calculées pour chaque formule et le total a été reporté dans la feuille de calcul 4-5.

Au Sénégal, il n'y a que des sols moyennement organiques signalés dans la zone des Niayes et au niveau des vallées (rapport sur l'état de l'environnement au Sénégal). De plus, la superficie de sols organiques mise en culture n'est pas déterminée, raison pour laquelle l'oxyde nitreux émis par ces sols n'a pas été pris en charge dans cette sous-catégorie.

Les productions utilisées dans le calcul nous ont été fournies par la Direction de l'horticulture pour les plantes maraîchères, par la SODEFITEX pour le coton, la CSS pour la canne à sucre et la DAPS pour les céréales et légumineuses.

Les légumineuses considérées sont l'arachide, le niébé et le haricot vert.

La production d'arachide est constituée par l'arachide d'huilerie et l'arachide de bouche. Pour les spéculations se cultivant sur deux saisons, le total des deux récoltes a été considéré sur l'année (tomate, gombo, aubergine, manioc, patate, pastèque).

Le fumier utilisé dans les sols de culture doit être intégré dans les calculs.

Au Sénégal, le fumier de cheval, la bouse de vache et le fumier de volaille sont souvent utilisés dans le maraîchage, mais ni les quantités réellement appliquées, ni les superficies traitées ne sont connues sur le plan national.

En raison d'une plus grande utilisation du fumier de volaille, nous avons tenu à l'intégrer dans les calculs. Il est surtout utilisé pour le piment et l'oignon (5-10t/ha) et non recommandé pour les autres spéculations car considéré comme chaud.

Nous avons ainsi considéré la totalité de la production de la volaille. La proportion d'azote contenu dans ce fumier (35 kg/tonne) nous a été fournie par Thiam (2007).

Toutes les données utilisées sont constituées de moyennes sur 3 ans (1999-2001).

Tableau 27 : Emissions de N₂ imputables aux sols cultivés

Engrais synthétiques	Excrétion d'azote entérique	Fraction d'azote	FE	Emission d'oxyde nitreux	Emission indirectes de N ₂ O	Total émission N ₂ O
7 660 531,00	51 197 787,90	1	0,025	1,47	2,49	5,72

La quantité d'oxyde nitreux émise par la catégorie «sols cultivés » est de 5,72 Gg équivalent à 1773,2 ECO₂.

Synthèse des émissions de GES du secteur Agriculture/Elevage

Les différents GES estimés au niveau de ce secteur pour l'année de référence 2000 sont résumés dans le tableau 28.

Tableau 28: Synthèse des émissions des gaz à effet de serre du secteur Agriculture/Elevage pour l'année 2000

Catégorie source	Gaz émis (en Gg)				
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO	NO _x
Fermentation entérique et gestion du fumier		197,87			
Riziculture		14,81			
Brûlage des résidus de récoltes		0,70	0,02	14,72	0,79
Brûlage dirigé des savanes					
Sols agricoles			5,72		
Total			5,74	14,72	0,79
Equivalent CO₂	0	4 480,98	1 779,40	14,72	0,79
Total national (en ECO₂)	6 275,89				

La quantité totale de GES émise dans le secteur Agriculture est estimée à 6275,89 ECO₂ (tableau 28).

La fermentation entérique est le principal émetteur de ce secteur avec 66,2%, suivie des sols agricoles pour 28,25%, la riziculture et le brûlage des résidus fournissant respectivement 4,96% et 0,57% (graphique 22).

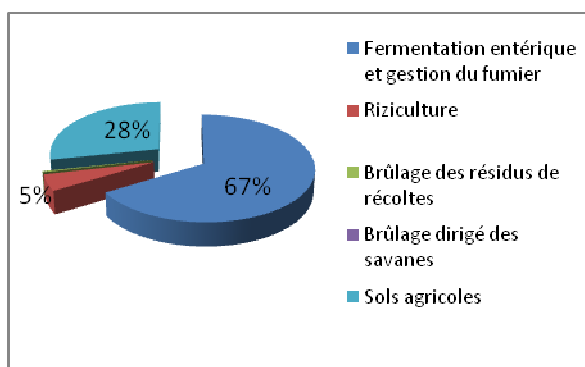
De plus, les bovins fournissent 70% des gaz émis par la fermentation entérique, plus que tous les autres animaux réunis.

Les principaux gaz émis sont le méthane (CH₄) avec 71,40% dont la plus grande partie provient de la fermentation entérique (92,73%) et l'oxyde nitreux (N₂O) avec 28,35% (graphique 23).

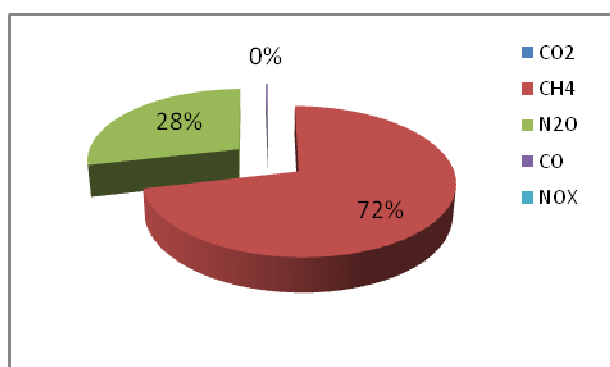
Les émissions de monoxyde de carbone (CO) et d'oxydes d'azote (NO_x) sont négligeables et représentent respectivement 0,23% et 0,01%. Ces gaz sont entièrement produits au niveau du brûlage des résidus de cultures.

Si on considère la contribution de chaque catégorie dans le total des émissions du secteur, on pourrait en déduire que la fermentation entérique et les sols cultivés constituent les sources-clés du

secteur puisqu'ils participent chacun à plus de 25% (une catégorie-clé étant une source qui participe pour 25-30% des émissions totales).



Graphique 22 : Contribution des différentes catégories dans l'émission totale du secteur Agriculture



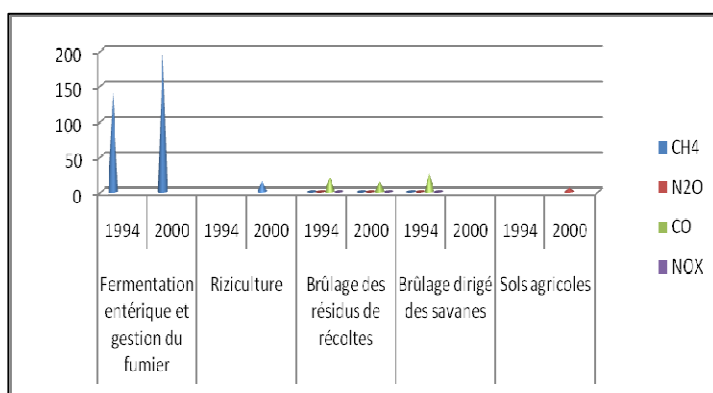
Graphique 23 : Contribution des différents gaz dans l'émission totale du secteur Agriculture

Tableau 29 : rappel des émissions des gaz à effet de serre du secteur Agriculture / Elevage en 1994

Catégorie source	Gaz émis (en Gg)				
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO	NO _x
Fermentation entérique et gestion du fumier		140,07			
Brûlage des résidus de récoltes		1,02	0,029	21,42	1,06
Brûlage dirigé des savanes		0,99	0,012	26	0,44
Total national (en ECO₂)	2 996,40				

Source : rapport communication nationale 1997

La comparaison de la quantité totale de GES estimée au niveau du secteur de l'Agriculture/Elevage pour l'année de référence 2000 avec celle obtenue dans la communication nationale initiale (pour l'année 1994) révèle une augmentation significative des quantités estimées en 2000 pour tous les sous-secteurs (graphique 24). Ceci pourrait s'expliquer d'une part par une évolution croissante du bétail, des superficies et des productions agricoles, d'autre part par une prise en compte pour l'année 2000 des gaz émis par la riziculture et les sols agricoles. La différence serait d'autant plus grande si les émissions des feux de défrichement, le brûlage des coques d'arachide et de la bagasse de canne à sucre étaient encore prises en compte dans ce secteur comme pour l'année 1994.



Graphique 24 : Comparaison des inventaires de GES des années 2000 et 1994

Dans l'ensemble les données d'activités spécifiques au Sénégal ont été utilisées. Cependant par manque de facteurs d'émission spécifiques, les facteurs par défaut ont été souvent appliqués. L'analyse des diagrammes décisionnels des lignes directrices du GIEC nous a ainsi amené à adopter la

méthode de niveau 1 pour toutes les estimations sauf pour la fermentation entérique des bovins pour laquelle des données spécifiques au pays sont disponibles pour le niveau 2.

Il manque des données sur les résidus de cultures aussi bien au niveau national que pour les valeurs par défaut. En conséquence, l'estimation pour cette catégorie est incomplète.

IV. SECTEUR UTILISATION DES TERRES ET FORESTERIE

4.1. Estimation des flux nets de GES du secteur ATCATF en 1996, 2000, 2003 et projection pour 2020

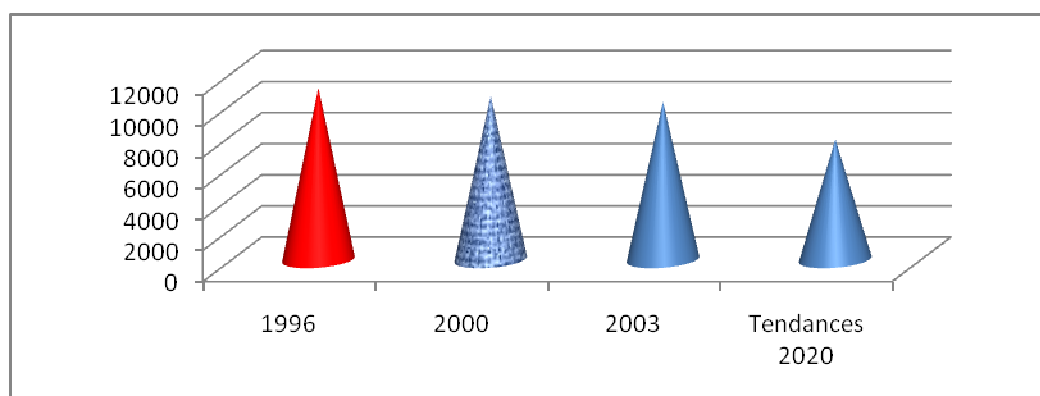
La première communication nationale (IGES 1994) estime la séquestration nette par les forêts à environ 6 000 Gg eq CO₂. La différence pourrait être attribuée à la méthode d'inventaire (Logiciel utilisé) et aux sources de données utilisées (données non désagrégées en 1995, superficies forestières mal connues en 1995, non prise en compte du bois mort, forte utilisation de données par défaut, etc.)

Le tableau 30 montre les estimations du flux net pour l'année de base (1994) et pour les années 2000, et 2003, ainsi que les tendances pour l'année 2020 dans toutes les principales catégories et sous-catégories du secteur ATCATF.

Comparativement aux émissions de toutes les autres catégories du secteur ATCATF, les terres forestières sont généralement responsables des flux les plus importants. Elles sont restées un puits net pendant toute la période de 1996 à 2003 et dans les tendances pour 2020. Toutefois, l'ampleur de ces absorptions nettes diminue annuellement.

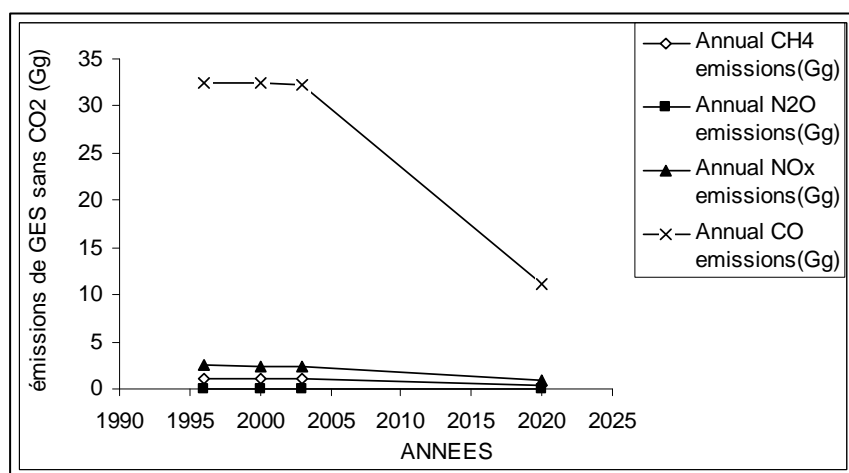
Tableau 30 : estimation des flux nets de GES du secteur ATCATF en 1996, 2000, 2003 et projection pour 2020

Catégories sectorielles		Gg eq CO ₂			
	Années	1996	2000	2003	Tendances 2020
Terres forestières	Sous-catégories	-11022	-10528	-10139	-7729
	Terres forestières dont la vocation n'a pas changé	-10460	-9932	-9562	-7148
	Terres converties en terres forestières	-563	-596	-577	-581
Terres cultivées		-57	-57	-57	-57
	Terres cultivées dont la vocation n'a pas changé	-57	-57	-57	-57
	Terres converties en terres cultivées	-	-	-	-
Pâturages		32	32	32	11
	Pâturages dont la vocation n'a pas changé	32	32	32	11
	Terres converties en pâturages	-	-	-	-
Terres humides		-	-	-	-
Zones de peuplement		-2	-2	-2	-2
	Zones de peuplement dont la vocation n'a pas changé	-2	-2	-2	-2
	Terres converties en zones de peuplement	-	-	-	-
Total année		-11049	-10555	-10166	-7777



Graphique 25 : Absorption de CO₂ dans le secteur ATCATF

Les tendances d'émissions de Gaz autres que le CO₂ sont données dans le graphique 26 et le tableau 30.



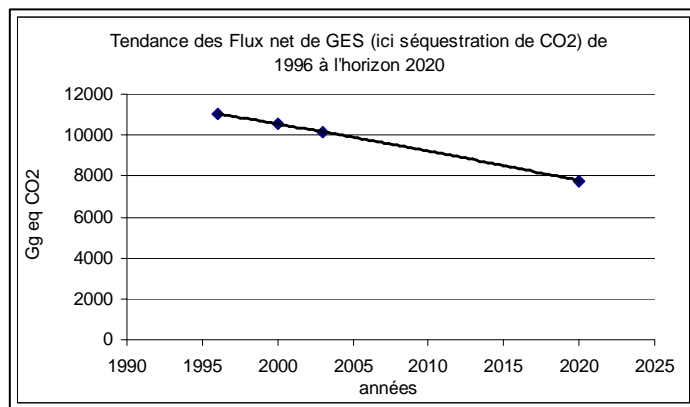
Graphique 26 : tendances d'émissions de gaz autres que le CO₂

Tableau 31 : Niveaux d'émissions des autres gaz : CH₄, N₂O, NO_x, CO

	Emissions annuelles de CH ₄ (Gg)	Emissions annuelles de N ₂ O (Gg)	Emissions annuelles de NO _x (Gg)	Emissions annuelles de CO
1996	1	0,05	2,5	32,4
2000	1	0,04	2,5	32,4
2003	1	0,04	2,4	32,3
2020	0,35	0,016	0,83	11,1

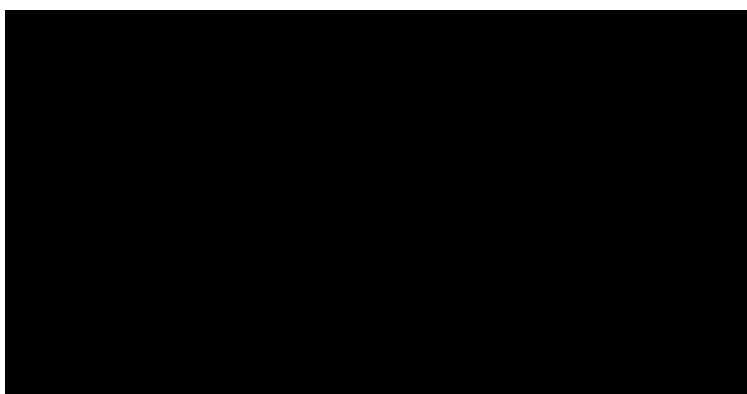
Durant toute la période considérée, les absorptions de la catégorie des terres forestières ont excédé les émissions combinées de toutes les autres catégories du secteur ATCATF. Cependant, la capacité de séquestration de CO₂ des formations forestières et du secteur ATCATF dans son ensemble s'estompe considérablement au fil des ans à un taux annuel moyen d'environ 126 Gg de CO₂ entre 1996 et 2003 (Gr. 25)

Cette régression devrait s'accroître dans les tendances jusqu'en 2020 si des mesures adéquates ne sont pas prises pour restreindre l'exploitation forestière dans les forêts aménagées et réduire considérablement les feux de brousse. Les plans d'aménagement des forêts sont devenus effectifs à partir de 2003 grâce à l'action combinée du Programme de Gestion Durable et Participative des Energies Traditionnelles et de Substitution (PROGEDE) et du Projet Agriculture/Gestion des Ressources Naturelles (Wula Nafa), qui devra aménager 450 000 ha de forêts. Selon la FAO, l'aménagement des forêts éviterait la perte de 25 000 ha sur les 45 000 ha perdus chaque année.



Graphique 27 : tendance de flux net de GES (ici séquestration de CO₂) de 1996 à l'horizon 2020

La variabilité du flux net du secteur ATCATF est aussi associée à l'impact des feux de brousse dans les espaces de pâturage qui représentent à eux seuls des émissions annuelles tournant autour de 32 Gg ECO₂ entre 1996 et 2003 (tableau 31). Cependant, les tendances actuelles, si elles se maintiennent, devraient valoir à l'horizon 2020, une forte réduction des superficies affectées par les feux de brousse (Gr. 28) surtout en zone sylvopastorale et par conséquent des émissions de CO₂ de cette sous catégorie qui avoisineraient 11 Gg ECO₂.



Graphique 28 : Evolution des superficies brûlées de 1994 à 2003 (source de données : CSE, 2005)

4.2. Description des catégories de source

La catégorie des terres forestières du GIEC est composée de terres forestières dont la vocation n'a pas changé et de terres converties en terres forestières. De 1996 à 2000, la première représente près de 94 % des flux de GES dans cette catégorie. Il en est de même dans les tendances pour 2020.

L'évaluation du potentiel ligneux au Sénégal, effectuée par le PROGEDE en 2004 constitue une bonne source de données pour les estimations de biomasse dans les différents types de formation et zones écogéographiques. Environ 13 823 276 ha sont cartographiés par le PROGEDE (SIEF, 2004) comme des aires de forêts qui sont sous l'influence directe des humains et qui, aux fins de cet inventaire, représentent les forêts exploitées. Les forêts classées sont comprises dans cette évaluation.

Les inventaires en 1994, 2003 ainsi que les tendances pour 2020 tiennent compte des pertes annuelles de 45 000 ha de forêts (FAO, 2005). Le tableau 32 présente une classification des formations ligneuses en fonction de leur potentiel et leur superficie. Ces données du PROGEDE ont

été utilisées pour obtenir une meilleure désagrégation de la superficie forestière nationale. Il en est de même du potentiel de bois mort estimé dans ces mêmes strates par le PROGEDE (tableau 33).

Les accroissements annuels ont été calculés à partir du potentiel disponible et en tenant compte du modèle de croissance des formations ligneuses sahélo-soudaniennes (croissance logistique) qui atteint un palier entre 30 et 40 ans d'âge (Kairé, 1999).

Ainsi, les accroissements du tableau 38 ont été estimés.

Tableau 32 : Potentiel ligneux au Sénégal

Classe	Superficie (ha)	Potentiel ligneux (m ³ /ha)
Faible	3653464	3,33
Peu riche	1389234	8,47
Riche	4923821	20
Très riche	3601737	128
Filao	3519	88,77
Mangrove *	251501	
Zone agricole	5658951	

Source : PROGEDE SIEF 2004

* les mangroves ne sont pas prises en compte dans le présent inventaire

Tableau 33 : quantité de bois mort dans les forêts (tonnes/ha)

Formation forestière	Classe	Quantité de bois mort (t/ha)
Forêts	Très riche	5
	Riche	2
	Peu riche	0,6
Autres terres boisées	Faible	0,4

Source : PROGEDE SIEF 2004

Tableau 34: Accroissement annuel en biomasse des formations ligneuses au Sénégal

Classe	Superficie (ha)	Accroissements (tonne/ha/an)
Faible	3653464	0,6
Peu riche	1389234	1
Riche	4923821	1,5
Très riche	3601737	3
Filao	3519	5
Mangrove	251501	0,6
Zone agricole	5658951	

4.3. Méthodologies

La végétation absorbe le CO₂ de l'atmosphère par photosynthèse et une partie du carbone est séquestrée dans la végétation sur pied, la biomasse morte et les sols. Le CO₂ est renvoyé dans l'atmosphère par la respiration des végétaux et par la décomposition des matières organiques de la biomasse morte et des sols. L'interaction de l'homme avec la terre altère directement la quantité et le rythme des échanges naturels de GES, à court et à long terme. Les changements d'affectation des terres ainsi que les pratiques d'exploitation du passé continuent à exercer une incidence sur les flux de GES actuels en provenance ou à destination de la biosphère terrestre. Cet effet à long terme est

une caractéristique unique du secteur ATCATF qui le rend très distinct des autres secteurs comme, par exemple, celui de l'énergie.

Même si on met l'accent sur l'impact de l'intervention humaine sur le bilan de GES, il faut reconnaître que la séparation des effets anthropiques des effets naturels dans le secteur ATCATF cause un défi unique. Les humains manipulent les processus biologiques de plusieurs façons différentes et à des degrés divers. Ce que nous observons est typiquement le résultat de ces diverses manipulations et de leurs interactions continues avec un environnement biophysique tout aussi varié. La distinction des diverses relations de cause à effet fait toujours l'objet d'études scientifiques complexes.

La méthode d'estimation des émissions et absorptions de GES des terres forestières gérées (ici exploitées) est fondée sur la stratégie proposée dans les Lignes directrices du GIEC correspondantes (GIEC, 1996) et élaborée dans le rapport du GIEC sur les bonnes pratiques (GIEC 2003, Chapitre 3, équations 3.2.4 à 3.2.9). Les émissions ou absorptions nettes sont calculées comme la différence entre les absorptions de CO₂ résultant de la croissance des arbres et les émissions résultant de l'exploitation commerciale des forêts (bois d'œuvre et de service), de la récolte de bois d'énergie, et des émissions de gaz autres que le CO₂ issus des feux de forêts qui jouent un rôle prédominant dans la dynamique des peuplements forestiers.

NB : les émissions de CO₂ des sols de mangrove ne peuvent pas être comptabilisées parce qu'il n'y a pas un système de gestion de l'eau par l'homme avec un plan d'inondation et de retrait des eaux bien défini. Les plans d'eau sont naturellement installés et ne dépendent pas de l'action de l'homme.

IV. SECTEUR DECHET

5.1 Estimation des émissions de méthane émanant des sites de décharges des déchets solides municipaux

La décomposition anaérobie des matières organiques dans les sites de décharges de déchets solides par les bactéries méthanogènes est responsable des émissions de certains gaz à effet de serre, notamment le méthane.

Les émissions provenant des déchets comprennent les émissions de GES résultant de la gestion des déchets (gestion des déchets solides et liquides, à l'exception du CO₂ libéré par les matières organiques incinérées et/ou utilisées à des fins énergétiques).

5.1.1 Déchets mis en décharge

C'est la quantité de déchets correspondant au taux de couverture du système de collecte, qui se situe au Sénégal entre 50 et 80%. Les moyennes de couvertures effectuées sur la base d'un échantillon de zones visitées donnent un taux moyen de 70%.

5.1.2 Au niveau de la région de Dakar

La gestion des déchets est assurée par l'APRODAK (Agence pour la Propreté de Dakar). La Société AMA Sénégal et d'autres entreprises assurent la collecte régulière et le transport des ordures ménagères. Tous les déchets collectés sont déposés à la décharge de M'beubeuss qui constitue le seul lieu autorisé de dépôt de déchets dans la région de Dakar.

Les tableaux 35 et 36 présentent les quantités de déchets produits en moyenne par an pour la région de Dakar et pour les autres régions :

Tableau 35 : Production annuelle de déchets à Dakar (APRODAK)

	2000	2001	2002	2003	2004
Production (tonnes)	190 964	457 013	388 667	467 108	439 762

Source : APRODAK

En effet, l'APRODAK a été créée en Août 2000 pour coordonner les actions complémentaires à celles des collectivités locales de la région de Dakar en matière de salubrité, c'est pourquoi on ne dispose que des données d'Août à Décembre 2000. Ces données étant incomplètes, nous avons préféré utiliser celles de l'année suivante (2001).

5.1.3 Production annuelle de déchets des autres régions (DEEC 2000)

La collecte est assurée par les collectivités locales. Tous les déchets collectés sont déposés dans une décharge non aménagée (ancienne carrière non aménagée ou ancien lac asséché non aménagé) qui est souvent située à l'entrée ou à la sortie de la Commune.

Le suivi de la quantité de déchets collectés et déversés dans certaines décharges communales a permis d'évaluer la production spécifique apparente à 0,60 kg/hab./jour (enquête réalisée dans dix villes secondaires 2004).

Tableau 36 : Production annuelle de déchets des autres régions (DEEC 2000)

Région	Population	Production (tonnes)
Diourbel	930 008	203 672
Fatick	639 075	139 957
Kaolack	1 128 128	247 060
Kolda	834 753	182 811
Louga	559 268	122 479
Matam	291 555	63 850
Saint Louis	863 440	189 093
Tambacounda	530 332	116 142
Thiès	1 348 637	295 351
Ziguinchor	557 606	122 116
Total		1 682 531

Les productions annuelles d'ordures ménagères par région sont calculées à partir de cette formule : population X 0,6 X 365 jours.

5.1.4 Déchets mis en décharge par année

Le tableau 37 présente les quantités mises en décharge par an pour toutes les régions du Sénégal.

Tableau 37 : Déchets mis en décharge par année

Régions	Déchets (t)	Décharges (70%)
Dakar	457 013	319 909
Diourbel	203 672	142 570
Fatick	139 957	97 970
Kaolack	247 060	172 942
Kolda	182 811	127 968
Louga	122 479	85 735
Matam	63 850	44 695
Saint Louis	189 093	163 652
Tambacounda	116 142	81 299
Thiès	295 351	206 746
Ziguinchor	122 116	85 481
TOTAL	2 139 544	2 528 967

5.2 Estimation des émissions de méthane imputables au traitement des eaux usées

5.2.1 Méthodologie

Les Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre— Version révisée 1996 (Lignes directrices du GIEC) décrivent deux méthodes d'estimation des émissions de CH₄ provenant des sites de décharge de déchets solides, à savoir, la méthode par défaut (Niveau 1) et la méthode de décomposition de premier ordre (DPO) (Niveau 2). Dans le cadre du présent inventaire, nous avons utilisé la méthode par défaut (niveau 1). L'utilisation de la feuille de calcul a été faite selon le principe suivant :

- Colonne A : Quantité de déchets solides déposés dans les sites de décharge de déchets solides
- Colonne B : Facteur de correction de méthane. La valeur par défaut de 0,6 a été utilisée par manque de valeur nationale (Les lignes directrices du GIEC présentent des valeurs par défaut pour le FCM indiquées au tableau 5.1)
- Colonne C : COD : Carbone organique dégradable [fraction (Gg C/Gg DSM)]

Le carbone organique dégradable est basé sur la composition des déchets et peut être calculé à partir d'une moyenne pondérée de la teneur en carbone des divers composants du flux de déchets.

L'estimation de la fraction du carbone organique dégradable a été faite à partir de l'équation suivante, présentée dans les *Lignes directrices du GIEC*, qui estime le COD à l'aide de valeurs par défaut de teneur en carbone :

$$\text{COD} = (0,4 \cdot A) + (0,17 \cdot B) + (0,15 \cdot C) + (0,3 \cdot D)$$

Où :

A = Fraction de DSM du papier et des textiles

B = Fraction de DSM des déchets de jardins et de parcs, ou autres déchets organiques non alimentaires putrescibles

C = Fraction de DSM alimentaires

D = Fraction de DSM provenant du bois ou de la paille

A, B, C et D ont été obtenus à partir de l'étude faite par le bureau EDE en 2003. Ces données étant plus récentes que celles fournies dans l'étude du Dr Diop en 1988.

En exploitant les données du tableau EDE, nous obtenons les valeurs suivantes :

- A : $13,30 + 8,27 = 21,57$

- C : $57,62 - 21,57 = 36,05$

- B : $43,46 - 36,05 = 7,41$

- D : $14,36 - 14,31 = 0,05$

COD : $0,4 \times 0,2157 + 0,17 \times 0,0741 + 0,15 \times 0,3605 + 0,3 \times 0,1217 = 0,19$

- Colonne D : Fraction de COD libéré

Il faut cependant signaler que les pratiques de recyclage au Sénégal réduisent les volumes d'ordures comptabilisés.

Au Sénégal, on ne dispose pas d'études récentes et approfondies sur les pratiques des ménages, mais on observe des pratiques de tri dans les décharges et de réutilisation ou de vente de certains déchets.

En périphérie des villes, de nombreux ménages enfouissent ou brûlent leurs déchets. L'incinération des déchets peut produire : dioxyde de carbone, méthane, monoxyde de carbone, oxydes d'azote, hémioxyde d'azote et composés organiques volatils non méthaniques. Néanmoins, elle ne produit qu'un faible pourcentage des GES associés aux secteurs des déchets (absence de statistiques pour déterminer ces quantités de déchets incinérés).

De plus, certains déchets, déposés au coin des rues, dans les terrains non lotis ou dans des dépôts sauvages sont difficiles à comptabiliser.

Les émissions de méthane s'élèvent à 89,48 Gg (tableau 38) :

Tableau 38 : émissions du méthane provenant des sites de décharges des déchets solides municipaux

Déchets mis en décharge par année	facteur agrégé de conversion de méthane (FCM)	Fraction de COD dans les déchets	Fraction de COD dégradés	Carbone libéré comme méthane	Ratio de conversion	Potentiel de méthane par unité de déchet produit	Taux national	Emission total de méthane
1 528,97	0,60	0,19	0,77	0,50	1,33	0,10	0,06	89,48

5.3 Estimation des émissions du méthane imputables au traitement des eaux usées industrielles

Le traitement des effluents contenant une quantité importante de matières organiques, parmi lesquelles les eaux usées domestiques et commerciales et certains effluents industriels, peut donner lieu à des émissions importantes de méthane.

On distingue deux types principaux de traitement des eaux usées dont les émissions doivent faire l'objet de calculs séparés. Il s'agit :

- des eaux usées domestiques et commerciales

- des usées industrielles

Le facteur principal qui détermine le potentiel de production de méthane des eaux usées est la quantité de matières organiques dans les effluents. Pour les eaux usées domestiques, commerciales et les boues, cette quantité est exprimée par la Demande Biologique d'Oxygène (DBO). Pour les eaux usées industrielles, on utilise la Demande Chimique d'Oxygène (DCO).

5.3.1 Estimation du total des eaux usées organiques et de la boue

Les taux de connexion au réseau de l'Office National de l'Assainissement du Sénégal (ONAS) sont encore faibles. Le système d'assainissement urbain est encore peu performant, seuls 13% des ménages sont raccordés à l'égout tandis que 46% ont recours aux fosses et 38% ne disposent d'aucun système d'évacuation des eaux usées. Dans le monde rural, la connexion au réseau de l'ONAS est inexistante et les problèmes d'assainissement se posent avec acuité.

Tableau 39 : Quantités d'eaux usées rejetées par région

Indicateurs		Dakar	Rufisque	St- Louis	Louga	Saly	Kaolack
Réseaux	Eaux usées collectées (m ³ /jour)	64 567	1004	893	320	1 290	566
Stations D'Épuration (STEP)	Nbre de domiciles raccordés	76 770		3 672	666	-	890
	Volume eaux usées traitées (m ³ /jour)	15 937	871	1 761	942	2197	1632
	DBO ₅ moyen journalier (kg)	750	484	507	340	587	347
	Flux DBO ₅ moyen journalier (kg)	11 953	421	893	320	1290	566
	Flux DBO ₅ moyen annuel (kg)	4 3628 45	153665	325945	116800	470850	206 590

Source : ONAS 2000

L'estimation du total des eaux usées organiques et de la boue est une donnée nationale obtenue du tableau 39 en faisant la somme des flux DBO₅ moyen annuel on obtient **5 636 695** kg.

5.3.2 Estimation des facteurs d'émission pour les systèmes de traitement des eaux usées et des boues domestiques et commerciales

Le facteur agrégé de conversion de méthane (FCM) pour les eaux usées domestiques / commerciales a été déterminé de la manière suivante :

- Le traitement des eaux usées domestiques et commerciales est de type bassin. Par manque de données nationales, le tableau 6-7 des Lignes directrices pour les inventaires nationaux de GES- version révisée 1996 donne pour la fraction des eaux usées traînées un pourcentage par défaut de 5% ce qui correspond à un FCM par défaut de 80%
- La capacité de production maximale de méthane pour les eaux usées est fournie par les Lignes directrices pour les inventaires nationaux de GES- version révisée 1996, valeur par défaut est de 0,25kg CH₄/kg de DBO

Ces deux valeurs par défaut donnent avec la feuille de calcul 6-2 feuilles 2 à 4 un FCM de 0,01 kg CH₄/kg de DBO.

Tableau 40 : Estimation du facteur d'émission pour les systèmes de traitement des eaux usées et des boues

Système d'épuration	fraction	facteur de conversion du méthane	produit	capacité de production max	FE
Bassin	0,06	0,80	0,04	0,25	0,01

5.3.3 Estimation des émissions de méthane provenant des eaux usées domestiques et commerciales

Les émissions du méthane à partir des eaux usées domestiques et commerciales sont estimées à partir de la feuille de calcul 6-2 feuille 4 à 4. La valeur du facteur d'émission (kg CH₄/ g de BOD) prise est égale à 0,01. Ce qui représente les émissions nettes de CH₄ provenant des eaux usées domestiques et commerciales de 0,06 Gg CH₄.

Au niveau de la STEP de Cambérène, la production journalière est de 2000 m³/jour dont 65% de méthane pur soit 1300 m³/J. La quantité totale est consommée pour la production d'électricité. En cas de difficulté une partie de la production de méthane est automatiquement torchée.

Tableau 41 : Estimation des émissions de méthane provenant des eaux usées domestiques et commerciales

Eaux usées	prod. organique	FE	CH ₄ émis (Kg)	CH ₄ émis (Gg)
Boue	5 636 695	0,01	62 003,65	0,06

5.4 Estimation des émissions de l'hémioxyde d'azote (N₂O) provenant des déchets Humain

En 2000, seules deux (02) industries disposaient véritablement d'un système approprié de traitement des eaux usées. La norme sénégalaise de rejets des eaux usées (NS 05-061) est sortie en juillet 2001. Son application reste très limitée dans l'ensemble du pays. Moins de cinq unités industrielles disposent maintenant d'un système de traitement de leurs effluents.

En 2005, une étude sur la gestion de la pollution industrielle dans la baie de Hann a été commanditée par la Direction de l'Environnement. Cette étude s'inscrit dans le cadre du Projet Eau Long Terme (PLT) du gouvernement du Sénégal visant notamment l'assainissement de la région de Dakar.

L'étude a comporté les quatre phases suivantes :

- Le recensement des unités industrielles et la cartographie des circuits d'eaux usées industrielles (Phase I);
- L'étude de caractérisation et l'audit environnemental en relation avec les rejets liquides pour les industries les plus polluantes (Phase II);
- La proposition de schémas de prétraitement individuel ou collectif et les stratégies de réduction à la source (Phase III) pour les rejets liquides industriels;
- L'identification des mécanismes bilatéraux et multilatéraux de financement de stations de prétraitement et des stratégies d'amélioration à la source de la pollution (Phase IV).

Ainsi, au Sénégal, sauf de très rares exceptions, les effluents industriels sont déversés directement dans le réseau d'assainissement de l'Office National d'assainissement, ou en mer (Baie de Hann), sans aucun prétraitement préalable à la source. Il en résulte une augmentation importante de la charge polluante composée de métaux lourds, de sels et de composés organiques.

Ces conditions ne favorisent pas les émissions de méthane.

5.4.1 Estimation des émissions de l'hémioxyde d'azote (N₂O) provenant des déchets humains

Les protéines de l'alimentation humaine contiennent de l'azote dont une partie est éliminée dans les excréments donnant lieu à des émissions de l'hémioxyde d'azote (N₂O).

L'estimation des émissions d'hémioxyde d'azote a été faite sur la base des paramètres suivants :

- La population du Sénégal en 2000 était de 9 385 417 habitants (source ANSD)
- La consommation moyenne annuelle de protéines par habitant au Sénégal est de 68,2 g/habitant/jour (source FAO en 1990) soit 24,9 kg/habitant/an. En l'absence d'autres données en 2000, c'est celle-ci que nous avons utilisée dans ce chapitre
- La fraction d'azote contenu dans les protéines : absence de données nationales, la valeur par défaut fournie par les lignes directrices pour les inventaires nationaux de GES- version révisée 1996 est de 0,16 kg de protéines/kg d'azote. (Tableau 4-19 du chapitre de l'Agriculture)
- Le facteur d'émission FE: 0,01 kg de N₂O-N/kg de déchets-N produit. (Tableau 4-18 du chapitre de l'agriculture).

Les émissions d'hémioxyde d'azote sont estimées à partir de la feuille de calcul 6-4 feuilles 1/1. Ce qui représente des émissions nettes d'hémioxyde d'azote provenant des déchets humains de 0,63 Gg N₂O/an.

Tableau 42 : Estimation de N₂O provenant des déchets humains

Consommation de protéine (Kg/personne/année)	Population	Taux d'azote (Kg N/Kg protéine)	Déchets d'azote produits (Kg N / année)	Déchets d'azote appliqués au sol (Kg N / année)	Déchets d'azote net produits (Kg N / année)	FE	Emission total N ₂ O
24,90	9 385 417	0,16	39 790 176	0,00	39 790 176	0,01	0,63

Synthèse des émissions du secteur Déchets

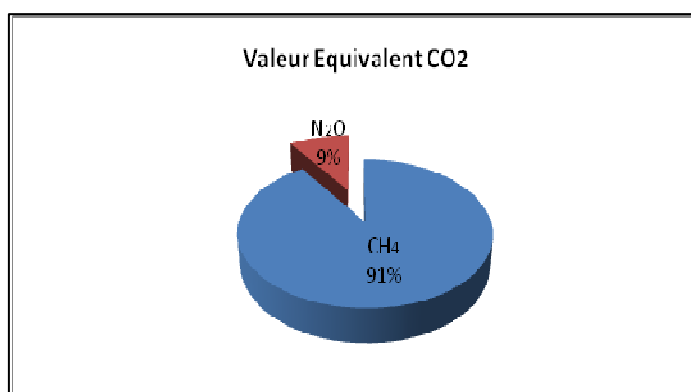
Les émissions de méthane (CH₄) du module déchets sont répertoriées dans le tableau 43 et concernent les GES suivants :

- 89,48 Gg CH₄ pour les déchets solides
- 0,06 Gg CH₄ pour les eaux usées traitées au niveau des différentes stations d'épuration dont disposait le Sénégal
- 0,63 Gg N₂O provenant des déchets humains, résultant de la consommation de protéines des aliments.

Les différents GES estimés au niveau de ce secteur pour l'année de référence 2000 sont résumés dans le tableau 45. La conversion en équivalent CO₂ (ECO₂) a été obtenue en multipliant les émissions de méthane par le facteur de conversion de 21 et 310 pour l'oxyde nitreux.

Tableau 43 : Synthèse des émissions des gaz à effet de serre du secteur Déchets (année 2000)

Catégorie source	Gaz émis (en Gg)				
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO	NO _x
Déchets solides municipaux		89,48			
Eaux usées domestiques et commerciales		0,06			
Déchets humains			0,63		
Total		89,54	0,63		
Equivalent CO₂		1880,34	195,3		
Total national (en ECO₂)	2075,64				

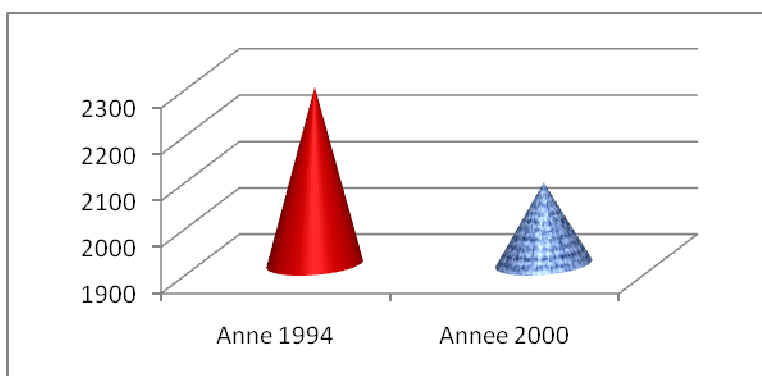


Graphique 29 : Synthèse des émissions des GES du secteur Déchets (Valeur Equivalent CO₂)

Tableau 44 : Synthèse des émissions des gaz à effet de serre du secteur Déchets (année 1994)

Catégorie source	Gaz émis (en Gg)				
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO	NO _x
Déchets solides municipaux		89,44			
Eaux usées industrielles		19,21			
Total		108,65			
Total national (en ECO₂)	2281,65				

Source : communication national initiale 1997



Graphique 30 : Comparaison des émissions des GES du secteur Déchets entre 1994 et 2000

Les émissions des eaux usées sont relativement très basses, ceci est dû principalement :

- à la faiblesse du taux de raccordement au réseau de l'Office National de l'Assainissement au Sénégal (ONAS)
- au nombre limité de stations d'épuration au Sénégal ;
- au nombre limité d'industries au Sénégal (600) ;
- à la faiblesse des industries qui traitent leurs effluents avant évacuation ;
- à l'absence de norme de traitement des eaux usées au Sénégal avant 2000.

Par rapport aux inventaires de 1994, il a été noté une baisse en valeur absolue de 9,92 %. Cette baisse est due principalement au non prise en compte des eaux industrielles dans l'inventaire des émissions de 2000 contrairement aux inventaires de la première communication.

VI. INCERTITUDES, VERIFICATIONS, ASSURANCE QUALITE ET CONTROLE QUALITE

6.1 Assurance qualité et contrôle qualité

Le contrôle qualité a été effectué dans les cinq (5) secteurs suivants : Energie, Procédés industriels, Agricultures, Changement d'affectation des terres et foresterie et Déchets.

Le contrôle qualité a été effectué sur la base des procédures de contrôle qualité décrites dans le Plan AQ/CQ du Sénégal.

Il est à noter que toutes les erreurs signalées ont été par la suite corrigées par les experts et les remarques ont été intégrées dans leurs rapports finaux.

En résumé, le contrôle et l'assurance de la qualité de l'inventaire a été assurée par un comité de lecture composé d'experts des différents secteurs des inventaires qui devait régulièrement effectuer la vérification de la transparence, la cohérence, la comparabilité et l'exactitude des données d'activités. Des réunions ont été tenues, une après chaque revue, pour discuter des remarques et suggestions faites par le comité et retenir les recommandations importantes pour l'amélioration des données et des inventaires.

Plus spécifiquement, le contrôle de la qualité (CQ) des estimations de GES a été effectué par des experts en CQ. Il a porté sur la cohérence des données d'activités pour les différentes sous-catégories et sur l'exactitude des calculs. Une réunion regroupant tous les consultants chargés des inventaires et les experts a été tenue pour discuter du rapport de contrôle qualité et voir ensemble les améliorations nécessaires pour une meilleure cohérence des inventaires.

Une vérification par les pairs ensuite a été effectuée conformément au plan AQ/CQ dans le cadre du projet régional de renforcement des capacités sur les inventaires de GES.

6.2 Incertitudes et vérifications

L'estimation des incertitudes est un élément essentiel de l'inventaire. Les incertitudes sont importantes dans principalement deux secteurs : agriculture et ATCATF.

Ainsi, pour l'agriculture, le recensement du cheptel basé sur les campagnes de vaccination présente une incertitude liée à la mobilité des animaux au niveau des frontières entre les pays voisins qui peut être à l'origine de doubles comptages ou de sous-comptages pour certains animaux.

Les données sur les productions agricoles et les superficies sont produites par des organismes étatiques ou privés. Les organismes privés font des suivis réguliers des cultures qui les intéressent et donc ont des données actualisées tandis que l'organisme public qui a en charge les statistiques agricoles nationales (DAPS) ne fait que des estimations depuis dix ans. Cela pourrait aboutir à une sous-estimation ou une surestimation des données selon les années.

Les facteurs d'émissions du GIEC présentent des incertitudes de 30%.

Pour l'ATCATF, les sources d'incertitude pour l'estimation des émissions résultant des changements d'affectation des terres, tiennent aux définitions, à la méthodologie et aux données. La plus grande source d'incertitude résulte de la rareté de l'information quantitative sur l'importance et l'emplacement géographique des changements d'affectation les plus significatifs ainsi que sur les types et les caractéristiques des écosystèmes qui sont affectés par ces changements. « *IPCC –GPG-default values - Complementary tool for default parameters* » a été utilisé pour l'application d'un certain nombre de coefficients de teneur en carbone avant et après conversion

Il convient de noter que certaines activités de conversion des terres sont toujours omises, notamment la conversion des terres forestières en exploitations minières.

Les Lignes directrices du GIEC distinguent quatre sources majeures d'incertitude qui s'appliquent toutes au secteur ATCATF au Sénégal. Il s'agit des définitions, de la méthodologie, des données sur les activités et de la compréhension scientifique sous-jacente. En l'absence d'inventaire national régulier, l'attribution de valeurs « temporaires » aux séries, pour les superficies forestières exploitées, à partir des données disponibles du PROGEDE SIEF 2004 (13 823 276 ha de formations forestières), est un important facteur d'incertitude surtout si on doit considérer les données de la FAO (2005) sur la régression forestière de 45 000 ha par an. Il est hautement probable que la zone forestière exposée directement à l'influence humaine s'éloigne de manière significative de ce chiffre. Il en est de même pour les superficies affectées par les feux de brousse et pour les prélèvements en bois d'œuvre, bois de service et bois d'énergie dont les données disponibles sont disparates d'un auteur à l'autre comme l'illustre le tableau 45.

Tableau 45 : Données sur les superficies et productivités forestières au Sénégal

Rubriques	Unités de mesure	Piot et Raymackers	Banque Mondiale	PAFS, VOL. II ; PDDF
Surfaces forestières	Ha	19 462 445	12 380 000	19 200 000
Bois sur pied	m ³	318 777 496	331 290 000	331 300 000
Productivité potentielle	m ³ / an	13 352 494	8 637 000	8 600 000
Volume accessible	m ³ / an	10 000 000	3 130 000	3 100 000

Sur le plan méthodologique, la principale source d'incertitude tient aux lacunes de la méthode d'estimation d'importants bassins de carbone tels que les sols forestiers, les produits forestiers ligneux, la litière, la biomasse souterraine, etc. Tous les échanges de carbone entre ces bassins et entre chacun d'eux et l'atmosphère devraient faire l'objet d'une estimation. Par exemple, le recours aux rapports des systèmes racinaires et foliacés (GIEC 2003, Tableau 3A1.8 et Équation 3.2.5) sans données supplémentaires sur le cycle du carbone souterrain et sur la décomposition provoquerait une forte surestimation de la séquestration nette de carbone dans les forêts. La nature de cette incertitude est telle qu'il n'est pas possible en ce moment de l'évaluer quantitativement.

La deuxième source d'incertitude en importance associée à la méthodologie et aux résultats résulte de l'utilisation de données forestières fortement groupées et approximatives sur le plan spatial, notamment l'accroissement annuel moyen, les facteurs d'expansion de la biomasse, les zones de récolte et les zones brûlées.

Des études doivent être entreprises pour résoudre les questions des définitions et méthodes lacunaires, de la pénurie de données et de l'incertitude scientifique.

Enfin, pour le secteur de l'énergie, l'approche par référence donne une émission de **12 985,72 Gg de CO₂** alors que l'approche sectorielle donne une émission de **13 961,4 Gg**, soit un écart de **975,68 Gg de CO₂**.

Chapitre III : Stratégie d'atténuation des émissions

Ce chapitre porte sur les dispositions nationales entreprises pour contribuer à la diminution des émissions de GES, mais aussi anticiper et limiter les impacts liés à l'évolution du climat. Aussi, il permet d'évaluer de façon approfondie l'application des engagements pris dans le cadre de la Convention et du protocole de Kyoto.

I. SECTEUR ENERGIE

Principalement pour le secteur de l'énergie, il s'agira de faire l'identification, la description et l'analyse des mesures et activités menées, en cours de réalisation, et planifiées à l'échelle nationale, contribuant à l'atténuation des émissions de gaz à effet de serre.

1.1. Méthodologie

Sur la base d'une analyse comparative des résultats de l'Inventaire des Gaz à effet de serre de la CNI ainsi que ceux de la SCN, il sera établi un scénario de base. Une analyse des politiques énergétiques en cours a permis de proposer un certain nombre d'options qui cadrent avec les visions du futur en matière de développement énergétique au Sénégal. L'examen de ces options a permis d'aboutir à un scénario d'atténuation. La mise en commun de ces deux scénarios permettra de déterminer l'additionnalité du point de vue des émissions. Les coûts y afférents seront calculés et présentés également. L'analyse de l'atténuation sera poursuivie et approfondie en mettant l'accent sur le secteur des ménages qui à lui seul représente 55,64% de la consommation énergétique finale nationale. Cette analyse sera faite à l'aide du modèle LEAP (Long-range Energy Alternatives Planning System) qui est un outil de planification énergétique qui intègre les préoccupations environnementales.

1.2. Analyse des résultats de l'IGES

1.2.1. Rappel des résultats de l'IGES de l'année de base (2000)

Le tableau 46 présente les résultats des émissions de GES basés sur l'approvisionnement en énergies au Sénégal en 2000.

En 2000 les émissions GE du secteur sont évaluées à 7432 Gg ECO₂, dominée par la biomasse, avec 3649 Gg ECO₂, celles des produits pétroliers (import, export soutes et variation stock) sont de 1152 Gg ECO₂, celle du pétrole brut 2630 Gg ECO₂ et celles du gaz naturel sont marginales, environ 2 Gg

Tableau 46 : Synthèse des émissions de GES dues à l'approvisionnement en énergie en 2000

	Production	Import.	Export.	Soutage internat.	variation de stock	Total	Total (tep)	Emission (kte- CO ₂)
Essence (t)	145254		-47194		1057	-46137	- 49448,27	- 141,806
Gasoil/diesel (t)	390296	149598	-65444	-93592	-6077	-15515	- 16082,89	- 49,2945
Carburéacteur (t)	65525	142805	-2055		11953	152703	162895,4	481,977
Pétrole lampant (t)	21366		-2772			-2772	- 2967,632	-8,8257
Fioul (t)	236509	142806	-33484			109322	104025,9	607
GPL (t)	9070	91885	-3130		76	88831	100540,5	263,27
Total prod pétroliers	868020					286432	298963	1152
Pétrole brut (t)		890688			25100	915788	916993	2630,24
Gaz naturel(Nm3)	628520					628520	599,6081	1,57278
Bois de feu (t), consommation finale	1089131					1089131	442948	1989,29
Charbon bois	329062					329062	228296,6	1025,28
Bagasse (t)	302383					302383	121148,5	544,08
Coques d'arachides (t)	50494					50494	20230,22	90,8543
Total Biomasse	3087321						812623,4	3649,51
total							2029179	7432

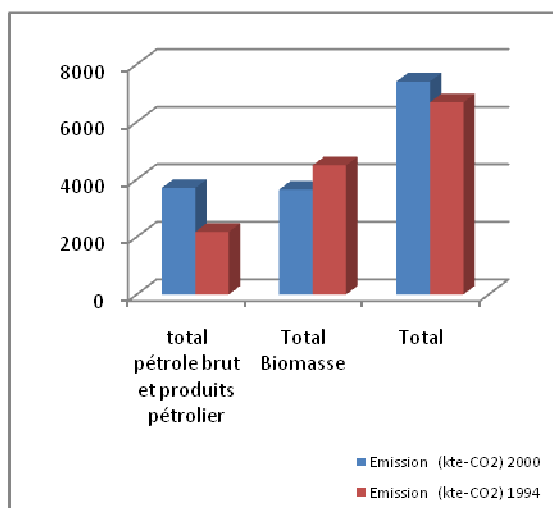
1.2.2. Comparaison des émissions entre 1994 et 2000

Le tableau 47 renseigne sur l'évolution des émissions de GES de 1994 à 2000.

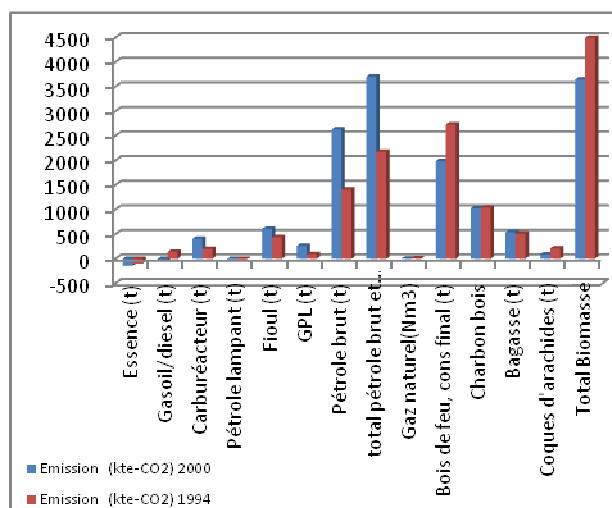
Tableau 47 : Comparaison des émissions de GES (Gg ECO₂) de 1994 et de 2000

<i>Produit</i>	<i>Emission en 1994</i>	<i>Emission en 2000</i>
Pétrole brut	1407	2630,24
essence	- 95	-142
Jet kérosène	200	482
Pétrole lampant	- 10	-9
Gaz/diesel oil	142	-49
Fuel oil résiduel	438	607
LPG	97	264
naphta		
lubrifiant		
Total pétrole et produits pétroliers	2 180	3783
Gaz naturel	12	2
Bois de chauffe	2733	1989,29
charbon	1040	1025,28
bagasse	511	544
Coque d'arachide	211	91
Total biomasse	4 493	3649,51
Emission totale	6685	7432

Nous constatons une augmentation des émissions de GES des produits pétroliers de 74%, une diminution de la biomasse de 19% par rapport à 1994 mais au total, les émissions ont augmenté de 8% entre les années 1994 et 2000.



Graphique 31 : Evolution des émissions entre 1994 et 2000



Graphique 32 : Evolution des émissions GES par produits entre 1994 et 2000

Entre 1994 et 2000, les émissions du sous secteur des hydrocarbures ont sensiblement augmenté (plus de 1500 Gg de CO₂) alors que pour la même période, les émissions dues au sous secteur de la biomasse ont diminué de 4493 Gg ECO₂ à 3649 Gg ECO₂, soit 844 Gg ECO₂. Cette baisse au niveau de la biomasse est due entre autres, à la progression du butane, à l'amélioration des techniques de carbonisation et à l'usage plus prononcé des Foyers Améliorés.

1.3. Le scénario de référence

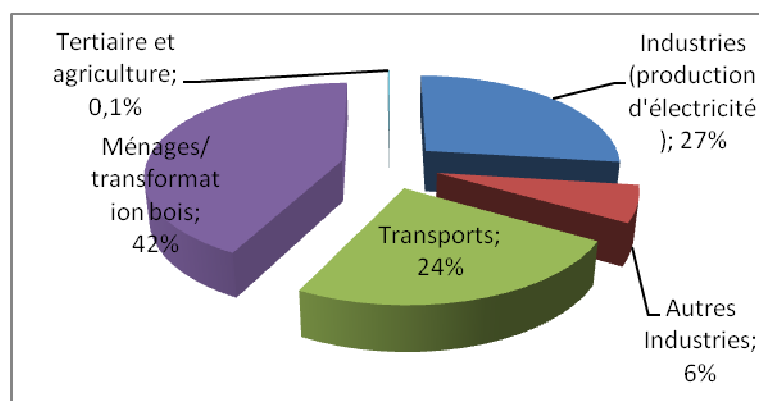
1.3.1. Emissions de GES dues à l'énergie par secteur en 2000

Le tableau 48 présente les résultats synthétiques de l'approche sectorielle des émissions de GES en 2000.

Les ménages restent les premières sources d'émission de GES avec 3,35 millions tE-CO₂, suivis de celles lors de la production d'électricité, des transports, des autres industries et le tertiaire-agriculture (émission marginale) avec respectivement 2,13 millions ; 1,91 millions ; 0,49 millions et 0,01 million de tE-CO₂. C'est la raison pour laquelle nous étudierons les ménages plus en profondeur avec l'outil LEAP2000.

Tableau 48 : Synthèse des émissions de GES dues à l'énergie par secteur en 2000

Sous secteurs	kteCO ₂	Répartition par secteur (%)
Industries (production d'électricité)	2134	27,0%
Autres Industries	497	6,3%
Transports	1912	24,2%
Ménages/transformation bois	3352	42,4%
Tertiaire et agriculture	11	0,1%
total	7906	100%



Graphique 33 : Répartition sectorielle des émissions de GES dues à l'énergie en 2000

1.3.2. Emissions du scénario de référence aux horizons 2010 et 2020

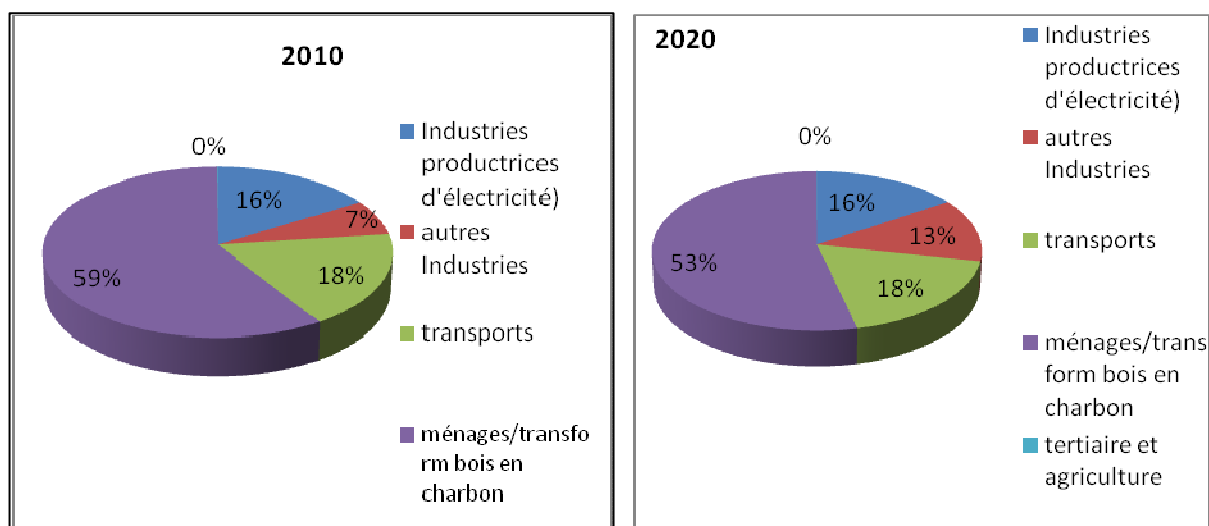
Les émissions totales dues à l'énergie s'élèvent à 14 890 Gg ECO₂ et 21 020 Gg ECO₂, respectivement en 2010 et 2020. Ceci représente un accroissement annuel moyen des émissions de 6,5% sur la période 2000-2010 et de 3,5 % sur la période 2010-2020.

Les résultats détaillés basés sur l'approche sectorielle de calcul des émissions pour l'année 2010 et 2020, sont présentés dans le tableau 48.

Les émissions de GES dues au secteur des ménages sont nettement supérieures, leur part connaît une augmentation entre 2000 et 2010, avec respectivement 42,4% et 59% et une diminution entre 2010 et 2020, passant à 53,58%. Au niveau des industries productrices d'électricité, on constate une diminution de leur part entre 2000, 2010 et 2020, avec respectivement 27%, 16,2% et 15,6%, idem au niveau des transports, avec respectivement 24,18% ; 18,0% et 17,9%, par contre au niveau des autres industries, on note une augmentation de leur part avec respectivement 6,29% ; 6,8% et 12,8% respectivement en 2000 ; 2010 et 2020. Au niveau du tertiaire/agriculture, la part de leurs émissions est marginale, inférieure à 1%.

Tableau 49: Synthèse des émissions de GES dues à l'énergie aux horizons 2010 et 2020

	2000		2010		2020	
	Gg ECO ₂	(%)	Gg ECO ₂	(%)	Gg ECO ₂	(%)
Industries productrices d'électricité)	2134	27,00%	2413	16,2%	3286	15,62%
autres Industries	497	6,29%	1006	6,8%	2693	12,81%
transports	1912	24,18%	2685	18,0%	3771	17,94%
ménages/transformation bois en charbon	3352	42,40%	8783	59,0%	11267	53,58%
tertiaire et agriculture	11	0,13%	10	0,1%	10	0,05%
total	7906	100,00%	14897	100,0%	21028	100,00%



Graphique 34 : Répartition sectorielle des émissions de GES dues à l'énergie en 2010 et 2020

1.4. Politiques, programmes et mesures visant l'atténuation des émissions

Le développement et les performances économiques ainsi que l'amélioration des conditions de bien être des populations du Sénégal dépendent des capacités de fourniture et de l'utilisation efficace des services énergétiques modernes.

Fort de ce constat le Sénégal a mis en œuvre une stratégie de diversification et de maîtrise énergétique qui fait partie des éléments constitutifs de la politique énergétique nationale et s'inscrivent au titre des réformes en cours. Leur formulation apparaît ainsi en bonne place dans la lettre de politique de développement du secteur de l'énergie de février 2007.

L'approvisionnement énergétique du Sénégal est très dépendant de ses importations en produits pétroliers, peu diversifié et se compose essentiellement :

- a) d'hydrocarbures provenant exclusivement des importations destinées à la production des services énergétiques nécessaires aux activités économiques et services modernes qui créent beaucoup plus de valeur ajoutée ;
- b) de la biomasse ligneuse tirée des formations forestières locales destinée aux usages domestiques de cuisson pour l'essentiel.

Cette forte dépendance en hydrocarbures crée non seulement des tensions sur les finances publiques du fait des subventions nécessaires mais en plus constitue, dans la situation actuelle, un risque majeur pour l'économie du Sénégal.

Aussi, les différentes crises énergétiques ont été de forts révélateurs de la vulnérabilité de l'économie du Sénégal par rapport aux approvisionnements en hydrocarbures. C'est ainsi que les hausses récentes des prix du brut et de ses dérivés sur le marché international se sont traduites au niveau du Sénégal par des subventions importantes, des perturbations dans la fourniture des services énergétiques modernes et une dégradation du taux de croissance de l'économie du pays.

Au niveau de la consommation finale en 2005, on observe une faible part de l'électricité (7%), une prépondérance des produits pétroliers (44%) et de la biomasse énergie (45%), contre 4% pour la houille utilisée au niveau des cimenteries pour la production de clinker.

Par ailleurs, le système énergétique sénégalais se caractérise par ses faibles performances dans la production et la consommation des services énergétiques.

Eu égard aux interrelations entre l'énergie et le développement économique et social et compte tenu du niveau de l'indice de pauvreté, il va sans dire que le défi énergétique pour le Sénégal dans un futur immédiat sera de mettre en œuvre des stratégies optimales d'approvisionnement durable de son économie en ressources énergétiques pour combattre la pauvreté et atteindre les objectifs du millénaire pour le développement.

Afin de réduire les effets d'hypothèque de l'énergie sur le processus de développement du pays et de lutte contre la pauvreté, le gouvernement du Sénégal a décidé la mise en œuvre d'une politique énergétique visant à assurer :

- l'efficacité énergétique par la mise en valeur d'un important gisement d'économie d'énergie identifié par un certain nombre d'études ;
- la diversification des sources d'énergies par la promotion des énergies renouvelables.

Les nouvelles stratégies vont s'appuyer sur un cadre institutionnel et réglementaire renforcé et devront tirer partie du capital d'expériences acquises dans les différents domaines au Sénégal et ailleurs dans le monde.

Elles auront en plus un impact positif sur l'environnement car vont contribuer grandement à la réduction des gaz à effet de serre et à la gestion durable des ressources énergétiques.

1.5. Options technologiques et projections des émissions du scénario d'atténuation

1.5.1. Identification des options d'atténuation

Les options considérées sont réparties selon deux catégories, à savoir la gestion de la demande et la gestion de l'offre.

1.5.1.1 Gestion de la demande d'énergie

La gestion de la demande d'énergie considérée va se focaliser au niveau du secteur de l'électricité, du secteur des combustibles domestiques et du secteur des transports.

Le secteur de l'électricité : programme de Maîtrise de la Demande Electrique (MDE)

Ce programme fait partie du programme national de maîtrise de l'énergie, une étude a été initiée dont la SENELEC est le maître d'œuvre.

Le secteur des combustibles domestiques

- La promotion des foyers améliorés utilisant le charbon de bois et le bio charbon
- la promotion des foyers améliorés utilisant le bois de feu, les autres biomasses et les déchets.

Le secteur des transports

- Promotion du transport en commun
- Promotion du train et du bateau pour le transport des marchandises
- Audits énergétiques
- Centres de visite technique des véhicules
- Plan directeur de transport
- Formation à la conduite rationnelle.

1.5.1.2. Gestion de l'offre d'énergie

La gestion de l'offre d'énergie couvre toutes les actions susceptibles d'optimiser les systèmes d'offre d'énergie, en mettant notamment l'accent sur :

- L'amélioration de la gestion du système de production centralisé d'électricité ;
- La promotion de systèmes alternatifs d'offre d'énergie, basés sur les énergies renouvelables (énergie solaire, énergie éolienne, la biomasse...).

La production centralisée d'électricité

- Renforcement du poids du gaz naturel dans le bilan combustibles des centrales thermiques à vapeur
- Efficacité énergétique au niveau de la production
- Réduction des pertes techniques au niveau du transport et la distribution d'électricité
- Utilisation des énergies renouvelables pour la production centralisée d'électricité.

Promotion de systèmes alternatifs d'offre d'énergies renouvelables

✓ **Promotion de la biomasse outre le bois de feu**

Il s'agit des résidus agricoles (tiges de mil, de coton, balles de riz...), de résidus agro-industriels (coque d'arachide, de coton, d'anacarde, de bagasse...) et de plantes aquatiques tel le typha qui est nuisible à l'écoulement des eaux du delta du fleuve Sénégal.

Au Sénégal le typha recouvre une superficie supérieure à 6500 hectare, cela représente un potentiel d'environ 900000 tonnes de biomasse fraîche. La valorisation énergétique de cette biomasse permettrait de produire environ 65000 tonnes de bio charbon (PERACOD, 2009), soit 45095 tep (d'après les calculs), représentant 594 GgECO₂ d'émissions de GES évitées.

Au Sénégal, la culture d'arachides recouvre une superficie d'environ 770000 hectares, cela représente un potentiel moyen d'environ 175000 tonnes de coques d'arachides. La valorisation énergétique de cette biomasse permettrait de produire environ 73500 tonnes de charbon (PERACOD, 2009).

Mais il se pose le problème de disponibilité de cette quantité de coque d'arachide qui est éparpillée dans tout le pays. De plus, une partie est utilisée par les industriels comme le SUNEOR pour la production d'électricité.

Il faut noter aussi que CARBOSEN produit 1800 tonnes/an de bio charbon à partir de la coque d'arachide (Direction de l'Energie, 2009), ce qui représente 1249 tep/an (d'après les calculs).

✓ **La promotion de technologies efficaces de carbonisation (la meule casamançaise)**

La meule casamançaise a été introduite dans les années 1980 par Messieurs Head Garsh et Hugues Ducenne travaillant au projet PNUD-FAO-UNSO-Sénégal, elle a connu des vulgarisations dans le monde entier et est capable de donner un bon rendement de 25 à 30%.

La meule casamançaise améliore le rendement de carbonisation de 18% à 25% par rapport à la meule traditionnelle.

1.5.2. Présentation des options d'atténuation

1.5.2.1. Gestion de la demande d'énergie

Le secteur d'Electricité (Maîtrise de la Demande Electrique)

La demande d'électricité concerne les secteurs des ménages, tertiaire et industriel. La mise en œuvre des options d'atténuation, qui sont les audits énergétiques, la réglementation thermique sur les bâtiments, la labellisation des équipements, le programme de diffusion des lampes basse consommation, permettrait d'exploiter ce potentiel d'économie d'énergie.

Le secteur des combustibles domestiques

✓ **La promotion des foyers améliorés utilisant le charbon de bois**

La promotion des foyers améliorés pour la réduction de la demande de charbon de bois constitue la principale composante du programme de rationalisation de la consommation du bois énergie. En effet, les foyers améliorés ont un taux de rendement de 30 à 40 %, nettement supérieur aux foyers dits malgaches qui ont un rendement de 18% à 20 %.

Au Sénégal plus de 75% des ménages utilisent les fourneaux traditionnels à bois et à charbon de bois (PERACOD, 2009).

Hypothèses:

- D'après les données ci-dessus, nous pouvons estimer le taux de pénétration des foyers améliorés à 25% en 2009 au niveau des ménages;
- Vulgarisation des foyers améliorés avec un objectif ciblé de 100% de pénétration dès les années 2020.

En 2020 la production de charbon de bois induirait une émission de **6063 Gg ECO₂** s'il n'y a aucun changement par rapport à 2009. Si l'objectif de vulgarisation des foyers améliorés est atteint, vu que le rendement du foyer traditionnel est de 20%, celui du foyer amélioré 40 % (environ, deux fois plus efficace) on éviterait une émission de : **2576 Gg ECO₂** en 2020.

On prendra comme taux moyen d'accroissement annuel de la pénétration de foyer amélioré 15% à partir de 2009.

Le potentiel d'économie d'énergie évalué (tableau 50) concerne provisoirement la demande d'électricité dont le potentiel est estimé à 11 947 tep et 190 899 tep respectivement aux années 2010 et 2020 et la demande en charbon de bois avec 21 970 tep et 195 761 tep respectivement en 2010 et 2020.

1.6. Projection des émissions de GES du scénario d'atténuation aux horizons 2010 et 2020

Le tableau 50 donne un aperçu sur le scénario d'atténuation des émissions de GES dues à l'énergie en 2010 et 2020. Les résultats indiquent que les émissions de GES seraient de 14,5 Gg ECO₂ en 2010 et 17,2 Gg ECO₂ en 2020, ce qui représente une croissance moyenne annuelle de 1,74% sur la période 2010-2020 très inférieure à celle de la période 2000-2010 qui est de 6,3% à cause du fait que les mesures d'atténuation sont supposées débiter qu'à partir de 2009.

Tableau 50 : Synthèse des émissions de GES dues à l'énergie aux horizons 2010 et 2020 - Scénario Atténuation

	2010		2020	
	ktECO2	(%)	ktECO2	(%)
Industries productrices d'électricité)	2338	16,1%	2087	12,1%
autres Industries	1006	6,9%	2693	15,6%
transports	2685	18,5%	3771	21,9%
ménages/transformation de bois	8494	58,4%	8692	50,4%
tertiaire et agriculture	11	0	10	0
total	14533	100%	17254	100%

1.7. Analyse des options d'atténuation

1.7.1. Résultats en termes d'émissions de GES

C'est ainsi que les émissions s'établiront en **2010** dans le scénario d'atténuation à 14 540 Gg ECO₂ au lieu de 14 904 Gg ECO₂ dans le scénario de référence, soient près de **364 Gg ECO₂ de GES évités**, représentant 2,44% des émissions du secteur de l'énergie, ce qui paraît relativement important.

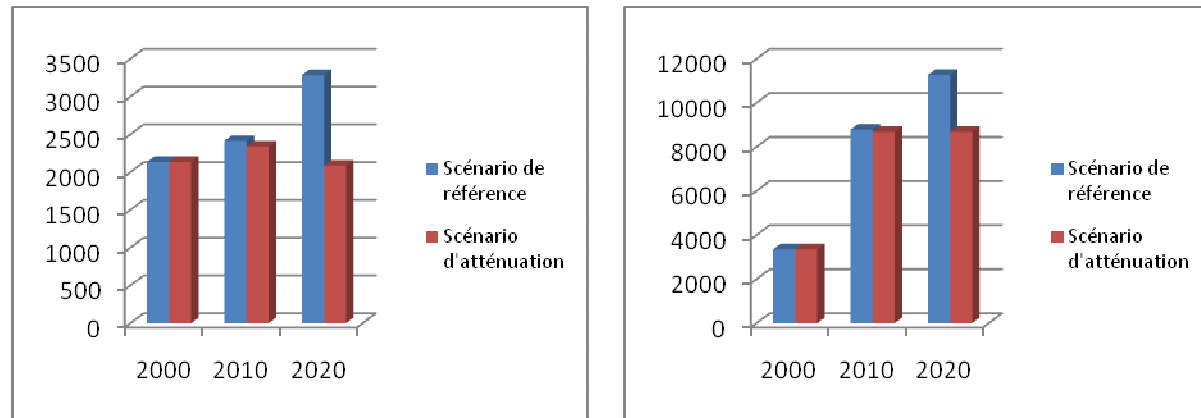
A l'horizon **2020**, les émissions de GES dues à l'énergie représenteraient 17 281 Gg ECO₂ dans le scénario d'atténuation au lieu de 21 057 Gg ECO₂ dans le scénario de référence, soit près de **3 776 Gg ECO₂**, représentant 18% des émissions du secteur de l'énergie et qui seront nettement plus importantes si toutes les options seront prises en compte.

Tableau 51 : Emissions de GES comparées entre scénario de référence et scénario d'atténuation

	2000 (Gg ECO ₂)	2010 (Gg ECO ₂)	2020 (Gg ECO ₂)	croissance annuelle moyenne 2000-2020(%)
Scénario de référence	7906	14904	21057	3,1%
scénario d'atténuation	7906	14540	17281	2,1%
Emissions de GES évitées	0	364	3776	

Graphique 35 : Emission de GES comparées entre scénario de référence et scénario d'atténuation (Gg ECO₂)

Remarque : les émissions évitées dues au programme MDE représenteraient 32% en 2020 et celles dues à la réduction de charbon de bois 68%.



Graphique 36 : Evolution comparée des émissions de GES (Gg ECO₂) entre le scénario de référence et le scénario d'atténuation pour l'option MDE (1) et pour l'option foyers améliorés (2).

Le cumul des mesures d'atténuation provisoires permettraient d'éviter 22 000 Gg ECO₂ en 2020, soient environ 3 fois les émissions de GES de 2000 et 1,5 fois celles de 2010.

1.7.2. Retombées économiques

Les investissements à réaliser pour la mise en œuvre du programme de maîtrise de la demande électrique (MDE) sont estimés durant la période 2009-2020 à environ **300 milliards Fcfa**. Le **programme engendrera une économie de 709 Milliards de FCFA** sur la même période, réparties comme suit : économie pour l'ensemble des abonnés de l'ordre 275 Milliards **Fcfa** et une économie

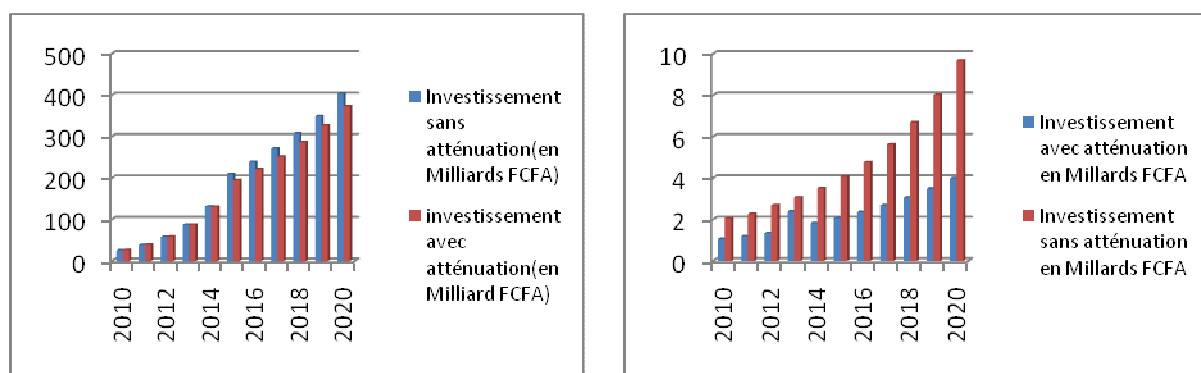
pour report sur les investissements au niveau de la production et du transport de l'électricité de l'ordre 434 Milliards de F.CFA.

Les ressources issues de la valorisation des crédits carbone sont estimées à 11 Milliard de FCFA.

Pour les foyers améliorés, les investissements s'élèveront à environ **16 Milliards Fcfa** durant la période 2009-2020 et les ressources provenant de la valorisation des crédits de carbone estimées à 25 Milliards Fcfa.

Au total, les investissements représentent **316 Milliards de F.CFA** sur la période 2009-2020 avec une valorisation des émissions de GES estimée à **36 Milliards Fcfa** auxquels on peut ajouter les économies de **709 Milliards Fcfa** résultant du programme MDE.

Le graphique 37 donnent les investissements pour les mesures sans et avec atténuation pour le programme MDE et celui du charbon de bois. Et nous constatons que les investissements sans atténuation sont supérieurs à ceux avec atténuation.



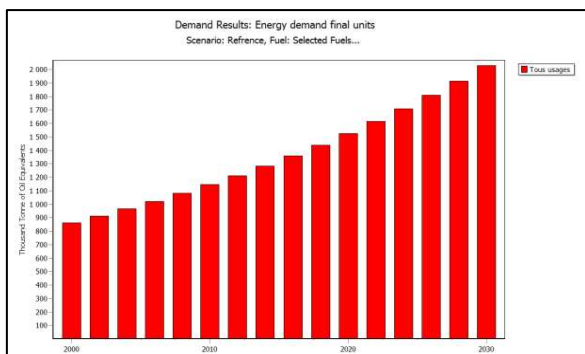
Graphique 37 : Les investissements pour les mesures sans et avec atténuation pour le programme MDE (1) et pour la demande en charbon de bois (2)

1.8. Analyse de l'atténuation dans le sous secteur des ménages avec LEAP

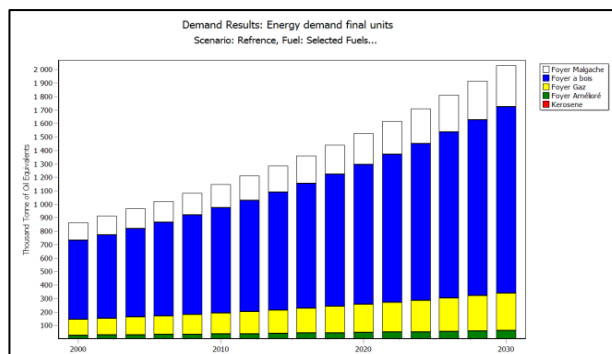
Cette analyse de l'atténuation dans le sous secteur des ménages qui suit sera effectuée à l'aide du Modèle LEAP 2000. Les données de base qui ont servi à faire ce travail proviennent exclusivement du SIE qui a servi à faire le bilan énergétique du Sénégal. Le travail a consisté à considérer le sous secteur comme un ensemble homogène et, à partir des données de consommation d'énergie finale (voir tableau en annexe) des ménages, des moyennes de consommations nationales par ménage et par forme d'énergie ont été calculées. Ensuite, c'est à partir de ces moyennes que la consommation nationale (toutes énergies confondues) a été reconstituée par le modèle LEAP. C'est ainsi que d'une consommation nationale d'environ un million de tep (toutes énergies confondues) obtenue à partir des données de départ, on en arrive à une consommation nationale (hors électricité) légèrement inférieure en utilisant le modèle LEAP. Etant entendu que c'est la tendance qui est observée avec comme élément déterminant le taux de croissance de la population (issu du recensement de la population en 2000) qui est l'élément le plus important à observer ici.

1.8.1. Le scénario de référence

Le scénario que montre le graphique 38 est le scénario de référence (2000-2030) global si aucune politique n'est mise en œuvre et que les tendances actuelles de consommation se maintiennent avec 2000 comme année de base.



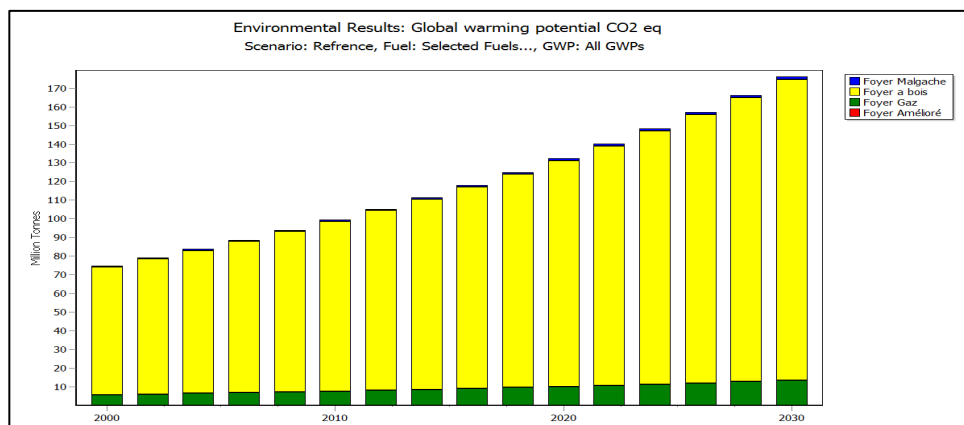
Graphique 38 : Tendence globale des consommations d'énergie de 2000 à 2030



Graphique 39 : Structure de la consommation d'énergie

Si nous déclinons cette tendance dans ses différentes composantes notamment les énergies consommées on obtient le résultat suivant : toutes proportions gardées, le bois est la composante dominante. Cela est simplement dû au fait que la plus grande composante de la population du pays consomme encore beaucoup plus de biomasse que n'importe quelle autre énergie. Il est suivi du charbon de bois et du gaz butane. Cette structure de la consommation (Graphique 39) des données du système énergétique fournies par la Direction de l'Énergie et reproduite par le modèle LEAP a généré les émissions que montre le graphique 40.

Il apparait ainsi que le bois produit beaucoup plus de GES que les autres énergies. Cette dominance écrasante des émissions dues à la biomasse est due au fait que le modèle a pris en compte tous les gaz à effet de serre qui sont émis lors de la combustion. La prise en compte des autres gaz à effet de serre (Méthane, Oxyde nitreux, NMVOC, etc...) qui sont beaucoup plus polluants que le CO₂ augmente la proportion que représente le bois dans des dimensions largement supérieures à ce qu'on a l'habitude de voir dans les rapports.



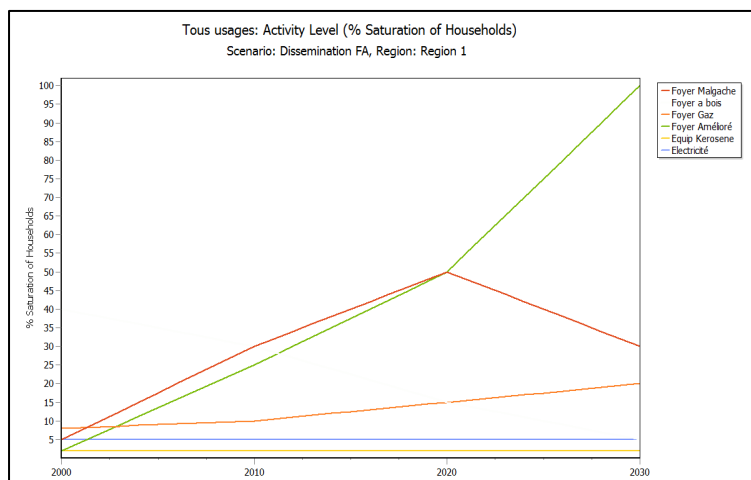
Graphique 40 : Emissions de GES (tous gaz confondus)

Au total, la prise en compte de ces GES montre la dominance de l'effet de la consommation de biomasse et de gaz butane. Les émissions des autres combustibles étant négligeables.

1.8.2. Le scénario d'atténuation

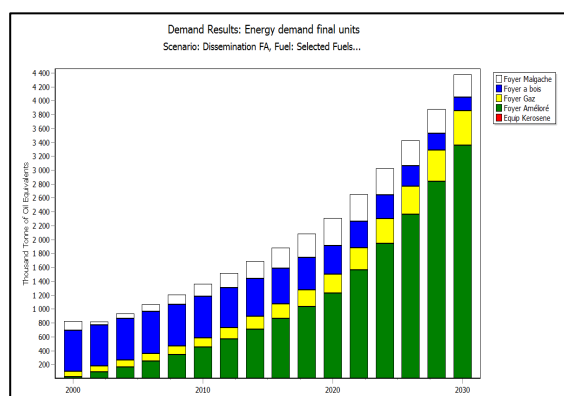
Si par rapport à ce scénario nous considérons d'abord que 25% des ménages utilisent les foyers améliorés (FA) en 2010, 50% en 2020 et 100% en 2030; ensuite que 30% des ménages utilisent le malgache en 2010, et que cette proportion diminue jusqu'à 15% à partir de 2020 pour se stabiliser à 5% à partir de 2030 ; et que ces proportions passent de 10, 15 et 20% respectivement pour 2010,

2020 et 2030 pour le gaz et qu'enfin la proportion des ménages utilisant le bois passe des proportions actuelles à 30% en 2010, 15% en 2050 et 5% en 2030 comme le montre le graphique 41 on obtient le scénario d'introduction massive des FA (gr. 42).

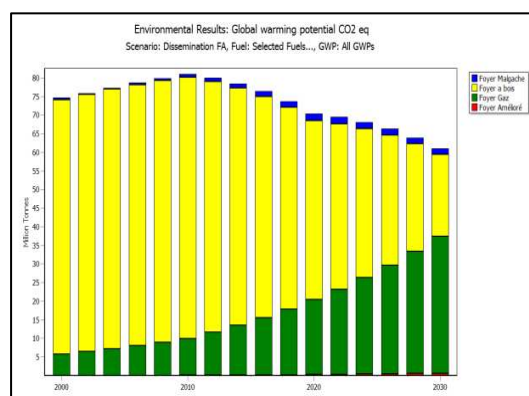


Graphique 41 : Hypothèses d'évolution des consommations de biomasse et de butane

Cette introduction massive des FA contribue à diminuer la place du bois dans le système énergétique sénégalais, maintient les perspectives d'évolution de la consommation d'énergie dans son ensemble et réduit les émissions de GES comme le montre le graphique 43.



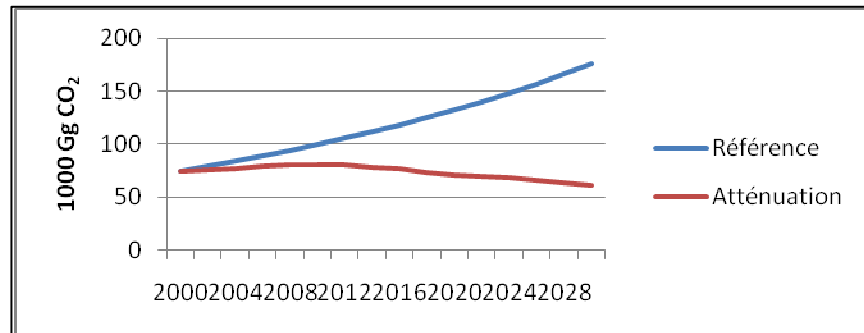
Graphique 42 : Scénario d'introduction massive des FA



Graphique 43: Emissions de GES après introduction massive des FA

1.8.3. L'additionnalité

En mettant ensemble dans un même graphique les émissions du scénario de référence et celles issues du scénario d'atténuation qui a consisté en une introduction massive des foyers améliorés, on obtient une réduction conséquente des émissions de GES dans le système énergétique sénégalais (graphique 44). La réduction de GES obtenue est très conséquente et avantageusement monnayable sur le marché du carbone.



Graphique 44 : Réduction des émissions de GES après introduction des FA

Cet avantage environnemental que représente l'introduction massive des FA a bien évidemment un coût. En effet, si l'on considère qu'un FA coûte en moyenne 7000 Fcfa et que l'Etat accepte d'accorder une subvention de 50% qui pourrait provenir d'un report de la subvention qui était affectée au butane pendant les années passées, cela ne coûterait que 800 millions de Fcfa par an.

En plus de cette situation avantageuse que représente l'introduction massive des FA, nous avons exploré sur 2030 les possibilités en matière d'énergie hydraulique, du solaire (avec l'objectif de 15% du réseau en 2015) mais aussi du reboisement. La ceinture verte qui est déjà une réalité peut être intégrée dans cet ensemble de projets étudiés ci-dessous afin de déterminer leurs coûts et leur impact sur l'environnement.

1.9. Quelques projets réalisables en plus du Projet d'introduction massive de Foyers améliorés

1.9.1. Projet de centrale hydraulique de 100MW

Considérons la construction d'une centrale hydraulique de 100 MW. Elle aura une efficacité de 100% et fonctionnera à 70% avec une durée de vie de 35 ans. Le coût du capital investi sera de 4000 dollars par KiloWatt. Et le coût de la maintenance prévu à un dollars par MWh. Elle remplacera une centrale thermique diesel de puissance équivalente. Cette centrale Diesel fonctionnant à 70% avec une efficacité thermique de 35% et une durée de vie de 35 ans coûte us\$600 par KW avec un coût de maintenance de trois (3) par MWh. La réalisation de ce projet permettra d'éviter 470 Gg ECO₂ au coût inférieur de 12,3 dollars la tonne par rapport au coût de référence.

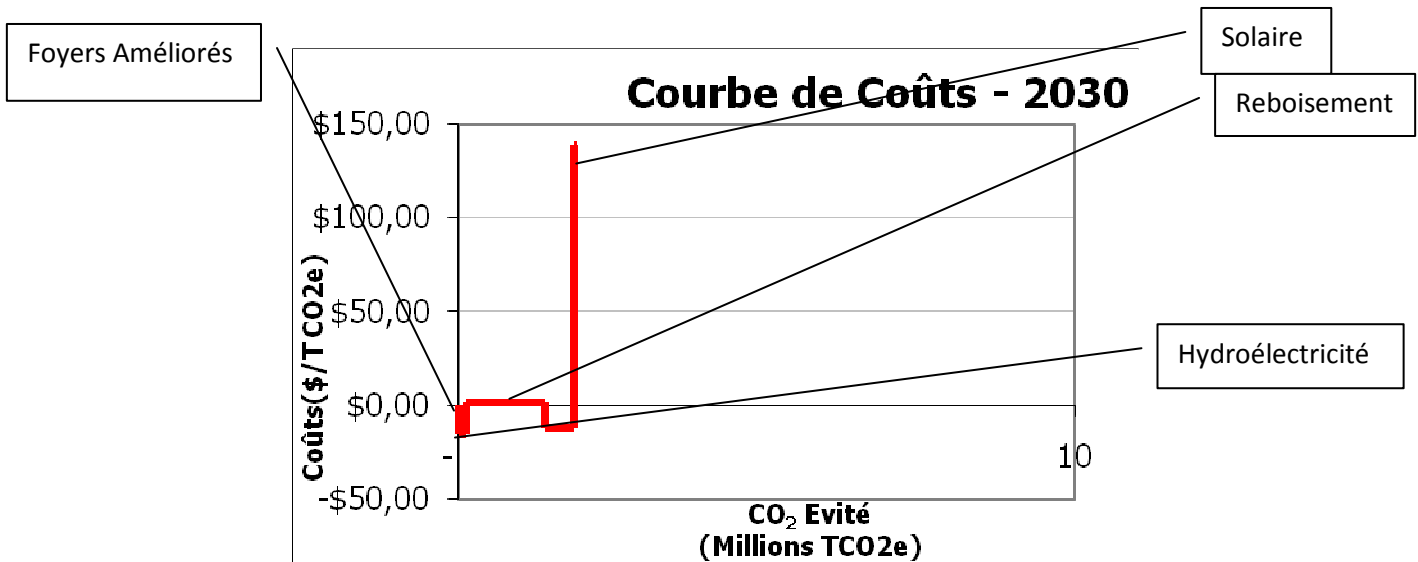
1.9.2. Projet de construction d'une centrale solaire

On planifie de construire une centrale solaire de 20 MW avec une efficacité de 100%, une disponibilité de 30% et une durée de vie de 35 ans. Le coût du Capital investi sera de 4000 dollars par KW et le coût de la maintenance de 20 dollars par MWh. Cette centrale solaire remplace 10 MW thermiques avec une efficacité thermique de 35% et une durée de vie de 35 ans. Coût du Capital investi \$1000 par KW et coûts de la maintenance de 6 dollars par MWh. La réalisation de ce projet permet d'éviter 40,39 Gg ECO₂ au coût de 139 dollars la tonne.

1.9.3. Projet de reboisement

Projet de reboisement de 430 mille hectares. Avec un investissement de 5 dollars la tonne, ce projet permettra de séquestrer 1 270 Gg ECO₂ au coût de 1,36 dollars la tonne.

Tous ces résultats permettent d'établir la courbe de coût ci-après (graphique 45).



Graphique 45: Courbe de coût des projets FA, hydrauliques, solaires et foresteries ci-dessus

Il apparaît que tous les projets dont il est question ci-dessus sont écologiquement rentables car ils permettent tous de sécuriser des quantités importantes de carbone à des coûts très avantageux sauf pour le solaire qui demeure encore très coûteux. Une courbe de cette nature permet d'identifier les projets 'win-win' c'est-à-dire tous ceux qui sont proches de l'axe des abscisses et le plus loin possible du point zéro. Comme on le constate c'est le projet solaire qui seul se détache de l'axe malgré les quantités importantes de CO₂ qu'il permet d'éviter. Il faut noter que cela ne devrait pas être un motif pour le rejeter car il peut présenter d'autres avantages (sociaux, emploi, transfert de technologie, etc.) que les autres projets n'ont pas.

II. SECTEUR PROCÉDES INDUSTRIELS

Le procédé industriel étant un dispositif de fabrication techniquement et économiquement acceptables, le module procédé industriels vise particulièrement les émissions des GES issues directement des procédés de fabrication industrielle à l'exclusion des gaz à effet de serre dus à la combustion au cours du processus de production.

Le seul procédé industriel qui génère la plus importante quantité de gaz à effet de serre est celui de la production de ciment à partir du clinker. Les autres utilisations de sous-produits industriels pour produire de l'énergie, ont été prises en compte dans le secteur de l'Energie.

Les émissions de CO₂ et de Dioxyde de soufre (SO₂) sont très faibles, comparées aux émissions de Dioxyde de carbone (CO₂) issues de la production du ciment à partir du clinker.

Les émissions de CO₂ du secteur Procédés Industriels s'élèvent à 301,51 Gg soit 4,42% des émissions globales de CO₂ de l'année 2000. Le secteur de l'Energie représente 95% des émissions de CO₂ de cette année.

En ce qui concerne les équivalents CO₂, le secteur Procédés Industriels représente seulement 2,27% des émissions global de gaz à effet de serre pour l'année 2000.

2.1. Options technologiques d'atténuation

Ces options sont basées sur l'amélioration de la qualité du Clinker et l'introduction de bonnes pratiques.

2.1.1. Amélioration de la qualité du Clinker

Une attention particulière est portée à la qualité du clinker qui se charge en métaux lourds englobés dans les minéraux du clinker et encapsulés dans les hydrates produits. Par conséquent, la stratégie d'atténuation des émissions dans le procédé industriel, est axée principalement sur l'amélioration de la qualité et de la quantité de clinker en proportion dans la production de ciment.

L'utilisation de certains minéralisateurs (généralement des sels de fluor (spath fluor)) permet d'obtenir une meilleure réactivité du mélange, une augmentation de la production du four et influe sur la consommation calorifique en améliorant la qualité du clinker. D'une manière générale, le minéralisateur accélère une ou plusieurs étapes du processus de fabrication du clinker ;

2.1.2 Les bonnes pratiques d'amélioration des atténuations dans les procédés et autres activités de l'industrie : application de la démarche qualité

La SOCOCIM est certifiée ISO 9001 : la mise en place de la démarche qualité a permis l'amélioration des performances à travers un management qualité, la maîtrise et la documentation des procédures par une gestion électronique avancée et une forte implication du personnel.

2.1.3. Option Technologique Combinée

Les options proposées porte sur :

- La poursuite de la recherche d'autres types de minéralisateurs pour le développement d'un clinker émettant moins de CO₂;
- La substitution partielle du Clinker par les cendres volantes des centrales thermiques

Cette technologie consiste à remplacer une partie du Clinker par des cendres volantes (déchets) issues de centrales thermiques. Ceci aura pour résultat : d'éliminer et de valoriser un déchet, de réduire la consommation thermique spécifique, d'améliorer la qualité du clinker (amélioration de l'aptitude à la cuisson, augmentation de la dureté, baisse de la température de fusion) et enfin de réduire les émissions de CO₂. La future centrale de SENELEC pourraient être utilisées à cet effet.

Le recyclage des déchets d'autres industries dans une configuration future est facilité par les réactions chimiques qui se produisent entre les composants minéraux de ces déchets et les composants minéraux de la farine. Le clinker retient les éléments nocifs sous une forme combinée et solide.

2.2 Scenarios d'atténuation

2.2.1. Scénario d'atténuation à partir d'option unique d'amélioration de la qualité du clinker

Tableau 52 : Estimation de l'atténuation des émissions de CO₂eq

Quantité de Clinker produit (t)	Facteur de correction par défaut	Facteur d'émission	Emission Gg ECO ₂	Taux d'atténuation des émissions	Atténuation des émissions Gg ECO ₂
594 576 ¹ (2000)	1,02 ²	0,5071 ³	307, 540 ⁴	6% ⁵	18, 452 ⁶
1 760 000 (2020)	1,02	0,5071	910,345	6%	54,620

Source : 2^{nde} communication nationale rapport sur les procédés industriels, 2008

¹ Les données de production ont pour source la SOCOCIM suivant le référentiel 2000

² Facteur de correction par défaut tiré de la feuille de calcul 2-1B

³ Facteur d'émission, t CO₂/t de clinker produite, tiré des lignes Directrices du GIEC pour les Inventaires Nationaux de Gaz à Effet de Serre- Version Révisée 1996- Manuel Simplifié (Volume 2) – Module Procédés Industriels, page 6 Etape 1 Estimation du CO₂ émis

⁴ Estimation des émissions de CO₂ en tonne

⁵ Facteur d'atténuation estimé à la source, Données SOCOCIM, 2009

⁶ Estimation des atténuations des émissions dues au clinker à partir du taux à la source

Dans ce premier scénario d'atténuation le taux d'atténuation est à de 6% de réduction de CO₂ sur les 350 Kg de CO₂ dégagés pour chaque tonne de ciment produit soit une réduction de 21Kg de CO₂ par tonne de ciment produit. Soit un niveau d'atténuation de 18, 45 Gg ECO₂.

Sur 2020 la production de clinker progresse de 66% pour un niveau d'atténuation de 54, 62 Gg ECO₂.

2.2.2. Scénario d'option combinée de poursuite d'amélioration de la qualité du clinker et de substitution par les cendres volantes

Tableau 53 : estimation des atténuations dans le scénario futur

Quantité de Clinker produit (t)	Facteur de correction par défaut	Facteur d'émission	Emission Gg ECO ₂	Taux d'atténuation des émissions	Atténuation des émissions Gg ECO ₂
594 576 ⁷ (2000)	1,02 ⁸	0,5071 ⁹	307, 540 ¹⁰	7% ¹¹	41, 620 ¹²
1 760 000 (2020)	1,02	0,5071	910,345	7%	63,72

Ainsi la production du ciment est quasiment le seul procédé industriel qui émet du CO₂ de manière significative. Les autres procédés sont très négligeables.

La réduction des émissions issues de la production du clinker aura alors un fort impact dans le secteur Procédés Industriels. Ces réductions passeront par une meilleure gestion de la qualité du clinker, le développement d'un clinker émettant moins de CO₂ et de la substitution partielle du Clinker par les cendres volantes des centrales thermiques. D'autres technologies pourront aussi être mises en œuvre.

Ces technologies d'atténuation pourront aboutir à une réduction de 18, 452 Gg ECO₂.

2.3 Stratégies d'atténuation des autres gaz dans le secteur des Procédés Industriels

2.3.1. SO₂ dans la production de Ciment

Les émissions de dioxyde de soufre (SO₂) issues de la fabrication du ciment sont en partie associées au réactif des matières premières : les options futures d'atténuation consistent à l'amélioration des de la collecte des matières premières et choix judicieux des épurateurs, à l'application de technologies de récupération des particules dans le clinker, et le choix de technologies de mélange du gaz contenant de l'oxyde de soufre au Carbonate de calcium.

2.3.2. SO₂ dans la production d'acide sulfurique

Les émissions de SO₂ proviennent de la production d'acide sulfurique des ICS (Industries Chimiques du Sénégal).

Les scénarios d'atténuation proposés :

- Absorption du SO₂ avec de l'eau oxygénée lors de la fabrication de solutions concentrées d'acide sulfurique ;

⁷ Les données de production ont pour source la SOCOCIM suivant le référentiel 2000

⁸ Facteur de correction par défaut tiré de la feuille de calcul 2-1B

⁹ Facteur d'émission, t CO₂/t de clinker produite, tiré des lignes Directrices du GIEC pour les Inventaires Nationaux de Gaz à Effet de Serre- Version Révisée 1996- Manuel Simplifié (Volume 2) – Module Procédés Industriels, page 6 Etape 1 Estimation du CO₂ émis

¹⁰ Estimation des émissions de CO₂ en tonne

¹¹ Facteur d'atténuation estimé à la source, Données SOCOCIM, 2009

¹² Estimation des atténuations des émissions dues au clinker à partir du taux à la source

- Introduction de nouvelles technologies de contrôle optimal des procédés ;
- Remplacement du catalyseur au vanadium par du Césium.

Il est bien connu que le dioxyde de soufre ou anhydride sulfureux SO₂ qui, à l'état libre, se présente sous la forme d'un gaz incolore à odeur piquante de soufre en combustion, lacrymogène, et provoquant la toux, constitue une importante source de pollution atmosphérique.

Ce procédé est caractérisé en ce que le dispositif d'absorption est un réacteur de type "slurry" dont la phase liquide est chargée par des particules de charbon actif faisant office de catalyseur de la réaction d'oxydation du dioxyde de soufre.

L'exemple de mise en œuvre décrit ci-dessus peut même envisager une extension du procédé au traitement de gaz contenant un mélange de dioxyde de soufre et d'oxyde d'azote.

2.3.3. COVNM

Les quantités de COVNM (à travers la production de l'asphalte pour le revêtement des chaussées, de l'alimentation et des boissons) émises sont très faibles et par conséquent, ne nécessitent pas de mesures d'atténuation particulières. Les améliorations qui peuvent être apportées à ce secteur concerneront essentiellement l'amélioration technologique et une meilleure maîtrise des systèmes d'étanchéité des engins de production.

III. SECTEUR AGRICULTURE

3.1 Scénarios d'atténuation dans l'agriculture

Dans le secteur de l'agriculture, on dispose de toute une palette d'options afin d'atténuer l'impact des pratiques agricoles sur les émissions de gaz à effet de serre.

Les plus intéressantes possibilités d'atténuation des rejets agricoles sont les suivantes :

- ❖ nouvelle gestion des terres agricoles, en adoptant des solutions dont :
 - éviter la jachère nue : un sol nu est sujet à l'érosion et au lessivage des nutriments, en plus de renfermer moins de carbone que s'il était couvert par de la végétation ;
 - réduire la dépendance aux engrais en adoptant d'autres systèmes d'exploitation agricole, pratiquer par exemple la rotation avec des cultures de légumineuses : cette méthode offre de grandes possibilités d'atténuer les GES.
- ❖ ne pas incinérer les déchets des cultures au champ mais surtout enfouir. les résidus de récolte ;
- ❖ modifier la gestion des pâturages offrirait des possibilités d'atténuation. On pourrait, par exemple, réduire l'intensité d'exploitation des pâturages, ou restreindre la fréquence ou l'intensité des incendies de forêt grâce à une gestion active des feux.

Ces mesures ont pour résultats typiques d'augmenter les couverts forestiers et arbustifs, avec obtention de puits de CO₂ tant dans les sols que dans la biomasse.

- ❖ Promouvoir la production et l'utilisation des fumiers améliorés par compostage et celle du compost ;
- ❖ réhabiliter et restaurer les terres dégradées afin d'augmenter les puits de carbone ;
- ❖ améliorer la riziculture en réduisant au maximum la submersion ;
- ❖ pratiquer largement l'agroforesterie permettant une atténuation sensible des émissions de GES ;
- ❖ enfin, les consommateurs peuvent jouer un rôle important dans la réduction des émissions des GES agricoles ; s'ils baissaient la demande en viande ce qui aurait pour effet de réduire les effectifs du cheptel.

Les méthodes de cultures actuelles engendrent des problèmes environnementaux dont la solution réside dans un virage vers des pratiques agricoles qui permettraient la création d'immenses puits de carbone.

De nombreuses solutions comportent la possibilité d'atténuer les changements climatiques, à savoir :

- une meilleure gestion des cultures (en évitant les jachères nues, et avec une application plus judicieuse des fertilisants par exemple) ;
- une meilleure gestion des pâturages ;
- une restauration des sols organiques et des puits de carbone.

L'agriculture offre plusieurs possibilités d'atténuer les changements climatiques. Bien qu'elle se classe présentement au rang des plus grands émetteurs de GES, elle pourrait en émettre beaucoup moins, et même se transformer en un puits. On dispose de toute une palette d'options afin d'atténuer l'impact des pratiques agricoles sur les changements climatiques.

Comme on l'aura noté à travers ce qui précède, l'évolution de l'élevage et de l'agriculture au Sénégal s'inscrit dans le sens d'une augmentation très significative des émissions de gaz à effet de serre à partir de toutes les sources (bétail, riziculture, sols cultivés brûlage des résidus de récolte).

Par conséquent, la stratégie de réduction des émissions de ces gaz doit se baser essentiellement sur l'amélioration de certains aspects de l'élevage notamment une meilleure utilisation du fumier et pour l'agriculture, un changement dans les modes de fertilisation, en particulier, une diminution des engrais minéraux.

Les pratiques agricoles allant dans le sens de l'atténuation des émissions peuvent être, entre autres pratiques, celles résumées ci-dessous.

3.2 Scénarios d'atténuation dans l'élevage (Bétail)

Il existe peu de données sur la gestion du fumier au Sénégal ; on sait cependant qu'il est apporté au sol dans pratiquement toutes les zones agro écologiques pluviales soit directement, soit par parcage des bovins en saison sèche ou en hivernage.

Il existe plusieurs types de fumiers :

- la poudrette de parc, terre de parc et fumier de parcage ;
- le fumier traditionnel ;
- le fumier amélioré.

Le fumier amélioré est produit à la ferme, dans un élevage partiellement sédentarisé dans le cadre d'un système en voie d'intensification.

Ce fumier est amélioré par compostage avec du foin de jachère ou de la paille de mil ou de sorgho. Il est riche en éléments nutritifs essentiels (calcium, potassium, azote et phosphore).

La production et l'utilisation de ce fumier amélioré doivent être fortement recommandées dans le cadre de la stratégie de réduction des émissions de gaz à effet de serre.

3.3 Scénarios d'atténuation pour la Riziculture

Le riz est la seule grande culture qui peut pousser sur les sols inondés grâce à sa capacité d'oxyder la rhizosphère.

Cependant la submersion entraîne une série de transformations physico-chimiques et biologiques dans le sol aboutissant entre autres, à la formation et à l'émission de méthane, gaz à effet de serre.

Le riz de bas-fond représente environ 65% des superficies totales occupées par le riz en zone tropicale tandis que le riz irrigué considéré comme le stéréotype de la production du riz n'occupe que 19%. Différents systèmes de culture du riz sont connus à travers le monde (tableau 54).

Tableau 54 : Systèmes de culture de riz

Système de culture	Fourniture d'eau	Préparation du sol	Mise en place des cultures	Humidité du sol	Localisation Typique
Bas-fond pluvial	Pluie	Mise à boue	repiquage	Submersion intermittente	Philippines
Bas-fond irrigué	Irrigation	Mise à boue	repiquage	Submersion permanente	Philippines
Hautes terres	Pluie	Sec, sans endiguement	Semis direct	Humide sans submersion	Brésil
Eau profonde	Pluie	Sec, sans endiguement	Semis direct	Submersion	Thaïlande
Semis direct irrigué	Irrigation	Sec, avec endiguement	Semis direct	Submersion permanente	Nicaragua

Il faut souligner les exigences physiologique en eau du riz ne sont pas supérieures à celles des autres grandes cultures ; son coefficient de transpiration qui est de 400g d'eau /g de matière sèche est similaire à celui des autres cultures. C'est surtout l'évaporation de la lame d'eau et les pertes par percolation qui font la différence avec les autres cultures.

La submersion pratiquée en riziculture a des effets divers selon les types de sols :

1) : elle facilite le contrôle des adventices, augmente l'efficacité des herbicides, a des effets chimiques bénéfiques pour certains types de sols dont l'élimination de l'aluminium et du manganèse toxiques dans les sols acides, la lutte contre la salinité dans les sols salés ;

2) : elle n'a aucun effet sur la disponibilité des éléments nutritifs dans les sols alluviaux (non salés) qui constituent l'essentiel des sols de riziculture. Si le stress hydrique et les adventices sont bien éliminés, il n'y a pas de différence de rendements liée à la submersion dans ces sols.

3) : elle cause des effets néfastes dans certains sols, avec l'accumulation en quantités toxiques de certains produits de réduction.

Dans d'autres sols (Oxisols), la toxicité du fer réduit peut tuer les plantes et faire baisser les rendements.

En résumé, on peut affirmer que la submersion a pour principale raison d'éliminer les mauvaises herbes et la susceptibilité du riz au stress hydrique.

Par conséquent, on est fondé de penser, dans le cadre de la stratégie de réduction des émissions de gaz à effet de serre, à la possibilité d'envisager la promotion et le développement des systèmes de culture de riz sans submersion permanente.

Il faudra tout simplement, dans ce cas, veiller à l'humidité du sol pour éviter les stress hydriques, assurer les traitements phytosanitaires requis et utiliser les fertilisants organiques.

3.4 Atténuation des émissions issues du brûlage des résidus de récoltes

La disponibilité en résidus de récolte est essentiellement constituée des pailles de céréales non utilisées comme fourrage, des tiges de cotonniers, des déchets de battage et divers autres résidus.

En zone soudano-sahélienne, dans les conditions actuelles de l'agriculture traditionnelle, les disponibilités en pailles ont été évaluées dans certains pays dont le Sénégal: il en ressort qu'actuellement, 25 à 40% sont utilisés à des fins domestiques ; 10 à 15% sont disponibles pour les animaux stabulés et il ne resterait sur le champ que 25 à 60 % pour la vaine pâture.

Comme on l'aura noté, les résidus de récolte, quand ils ne sont pas utilisés comme matériaux de construction ou brûlés sur place, servent souvent à l'alimentation du bétail et comme litière. Ils contribuent de ce fait à la production du fumier et à l'amélioration de sa qualité.

L'intégration élevage/agriculture et la valorisation des résidus de récolte, si elles sont bien conduites, peuvent contribuer efficacement à une diminution très sensible de l'utilisation des engrais chimiques azotés en particulier.

3.5 Atténuation des émissions dans les Sols cultivés

La faible teneur en carbone des terres mises en culture signifie que celles-ci offrent de grandes possibilités d'accroître ce contenu en carbone grâce à des pratiques de gestion avisées. Là où l'usage des terres a changé, laissant la place à des sols en majorité agricoles, la restauration de la teneur en carbone des sols organiques cultivés présente le plus grand potentiel d'atténuation des GES dus à l'agriculture par unité de surface. Elle permet, en outre de réduire les quantités d'engrais minéraux utilisés dans l'agriculture.

Certaines pratiques agricoles permettent d'enrichir le sol en matière organique ; les principales sont résumées ci-dessous.

3.6 Adoption et application des techniques agro forestières

En Afrique, les arbres font partie des paysages agraires avec des usages multiples : productions alimentaires, médicinales et leurs effets sur la fertilité des sols.

Au Sénégal, les parcs arborés sont constitués d'espèces sélectionnées plus ou moins spontanément dont principalement : Acacia (*Faidherbia*) albida, *Cordyla pinnata*, *Parkia biglobosa* etc.

Le parc à Acacia (*Faidherbia*) albida est considéré comme un excellent système agro forestier dont on a signalé depuis longtemps le rôle fourrager et les augmentations de rendements significatives qu'il induit sous son houppier (jusqu'à 150%).

On estime également que sous son couvert, le taux de matière organique du sol et celui de l'azote total peuvent atteindre respectivement 1,5% et 0,08% contre 0, 5% et 0,03% sous les cultures.

3.7 Jachères améliorées ou spontanées

En zone de savane d'Afrique subsaharienne, la jachère fait partie des pratiques agricoles traditionnelles. Mais sa place est aujourd'hui fortement remise en question à cause de la pression sur les ressources. Néanmoins, si le recours à la jachère longue diminue de plus en plus, il subsiste toujours des étendues dégradées qu'il faut gérer au mieux.

Les effets des jachères naturelles sur les propriétés physiques des sols ont été étudiés depuis de nombreuses années. D'après plusieurs auteurs, les effets sont lents et on ne peut espérer augmenter notablement les stocks organiques des sols que par des jachères de plus de cinq ans.

Dans les régions peu peuplées, en culture itinérante, c'est la jachère qui permet de maintenir la fertilité des terres, par l'accumulation de grandes quantités d'éléments minéraux dans la végétation, libérés par le brulis précédant la remise en culture, et par le maintien de teneurs élevées en matière organique du sol.

Des travaux sont en cours pour définir des pratiques de jachères améliorées ou de substitution. A ce propos, le Projet jachère bouclé depuis plusieurs années a obtenu des résultats intéressants. Tenant compte des facteurs écologiques dans le fonctionnement des jachères, ces pratiques doivent privilégier l'introduction de ligneux et d'espèces à croissance rapide, à forte biomasse racinaire et si possible fixateurs d'azote, qui auront alors un impact sur les caractéristiques biologiques et physico-chimiques des sols.

Les jachères améliorées conduiront ainsi à une production durable en permettant de mieux conserver les qualités des sols par rapport à la jachère naturelle.

3.8 Gestion de la matière organique du sol

La matière organique du sol est la base de la fertilité du sol, car elle détermine de nombreuses propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol.

Dans les sols tropicaux, elle constitue fréquemment le réservoir de nutriments.

Par sa minéralisation la matière organique du sol participe à l'alimentation des cultures et cette contribution est d'autant plus importante que l'on n'utilise pas ou peu d'intrants extérieurs. Elle joue un rôle central dans la fertilité du sol dans les agro systèmes d'Afrique tropicale.

Dans les agro systèmes basés sur la technique de l'abattis-brulis qui est la méthode manuelle habituelle pour mettre en culture les vieilles jachères et les savanes ou forêts et qui consiste à couper les ligneux, en laissant généralement les gros arbres et de nombreuses souches, puis à brûler la végétation dès qu'elle est suffisamment sèche, les semis et plantations sont faits à la main.

Après le défrichage, les teneurs en matière organique du sol diminuent très vite ce qui a l'avantage d'accroître les quantités d'éléments minéraux disponibles pour les cultures mais l'inconvénient majeur d'appauvrir le sol.

Dans ces systèmes, il faut utiliser des méthodes spécifiques pour maintenir des niveaux suffisants de matière organique et d'éléments minéraux du sol. Le but n'est pas de maintenir les niveaux d'origine, ce qui est impossible, mais d'obtenir des conditions favorables à la culture.

Des apports de matières organiques sont alors nécessaires pour maintenir la fertilité des sols quand les jachères disparaissent ou deviennent trop courtes.

L'intensification de la production du fumier amélioré est donc souhaitable pour valoriser le potentiel existant.

Les restitutions peuvent également provenir :

- des litières dans les parcs arborés,
- des émondes dans les systèmes de cultures en couloir,
- des cultures relais et des jachères courtes améliorées productrices de biomasse.

3.9. Lutte contre la dégradation des sols

La restauration des capacités productives des sols initiée par certains projets est nécessaire pour l'amélioration de la production agricole et la réduction des émissions des GES par la séquestration du carbone.

3.10. Intensification des activités de régénération des sols

La régénération des sols doit permettre de relever leur fertilité et leur capacité à porter la végétation.

De nombreuses techniques sont utilisées pour atteindre cet objectif :

- L'amendement chimique et organique des sols ;
- La mise en place de cordons pierreux, de haies vives entre autres techniques pour lutter contre l'érosion hydrique et éolienne ;
- l'adoption de méthodes agro forestières dans les parcelles de cultures ;
- la régénération des sols salés par l'érection de barrages et digues anti-sels, l'apport d'amendements et la plantation d'espèces végétales adaptées.

L'agriculture offre plusieurs possibilités d'atténuer les émissions de gaz à effet de serre et les changements climatiques en général. Bien qu'elle se classe présentement au rang des plus grands émetteurs de GES, elle pourrait en émettre beaucoup moins, et même se transformer en un puits.

IV. SECTEUR AFFECTATION DES TERRES ET CHANGEMENT D'AFFECTATION DES TERRES

Le secteur ATCAT est un puits, car il a absorbé 10 587 GgCO₂ en 2000 pour avoir émis seulement 32 GgCO₂. Malgré cet état de fait, des mesures d'atténuation devraient être prises pour renforcer la capacité de séquestration du secteur.

Au regard des exigences techniques, sociales, stratégiques, financières, économiques, institutionnelles et culturelles, il faut une série de mesures dont la conjonction seule pourrait garantir la restauration durable des forêts. La Politique forestière du Sénégal a proposé pour chaque ZEG (Zones éco-géographiques) un paquet de mesures à prendre.

4.1. Options d'atténuation des émissions de GES

Les options ci-après préconisées par le plan d'action forestier ont été la base de l'analyse d'atténuation dans ce secteur. Cependant par souci de réalisme et d'efficacité, la stratégie retenue a porté sur : la promotion des mises en défens et reboisement dans le bassin arachidier à raison de 2000 ha /an entre 2010 et 2030 (REFREGN).

4.2. Projet de promotion des mises en défens enrichies dans le bassin arachidier (PMDE)

Seule la conjonction d'un ensemble d'interventions pourra inverser le processus de la déforestation au Sénégal. Dans un contexte de rareté des ressources financières, l'une des mesures, parmi les plus stratégiques, demeure la promotion des mises en défens enrichies. C'est une technique efficace au plan écologique, peu coûteuse, bâtie sur l'approche participative et est très flexible.

4.2.1. Schéma de planification du projet

L'intérêt de la mise en défens enrichie est qu'elle contribue à la lutte contre la pauvreté dans le bassin arachidier par une couverture des besoins des populations en produits forestiers ligneux et non ligneux. Elle permet de créer ainsi une dynamique sociale forte autour de la gestion des ressources forestières et développe les filières des produits forestiers.

4.2.2. Méthodologie et bilan carbone

Le bassin arachidier, est partagé entre la savane arborée (à l'Est) avec un climat de type soudano-sahélien et la savane arbustive (au Nord-ouest) avec un climat de type sahélien. Mais pour l'essentiel, les sites qui abritent les mises en défens sont quasiment nus car étant généralement des zones marginales dans les terroirs.

Selon les données de la dernière communication du Sénégal (Octobre 1999), la biomasse après éclaircie dans la savane arborée est de 7,5 t ms/ha et dans la savane arbustive de 4 t ms/ha. Et selon les données de la FAO (FRA, 2007), le pourcentage de recul des forêts au Sénégal est -0,7 par an. Toutefois, ne connaissant pas la date à laquelle ces zones appelées à devenir des mises à défens ont été défrichées, il est impossible de connaître le volume résiduel du capital ligneux de ces zones.

D'après les données calculées à partir de la mise en défens de Sambandé (GTZ, Kaolack), la productivité des parcelles mises en défens est d'environ 1,5 m³/ha/an. Comme le site de Sambandé est relativement central au sein du bassin arachidier, on peut considérer que toutes les parcelles mises en défens auront la même productivité.

Ainsi, de façon pratique, posons comme schéma d'évolution que la mise en défens s'opère sur une zone de terroir marginale quasiment nue au départ et qu'avec l'opération, la parcelle gagne 1,5 m³/ha/an.

Pour bien saisir le principe qui sous-tend la mise en défens, il faut comprendre que dans toute la zone sahélienne, le sol regorge de graines végétales (herbacées et ligneuses) qui germent chaque année, avec les pluies, avant que les jeunes pousses ne meurent sous les effets de la divagation des animaux, des feux de brousse, des défrichements et du piétinement. Et partout où ces éléments sont éliminés (hormis les zones fortement salées), la végétation repart. Voilà d'ailleurs le bien-fondé de la jachère traditionnelle.

Pour l'application du COMAP nous avons retenu les données suivantes :

1. On considère comme coûts initiaux du projet l'ensemble du budget du projet soit **1 355 440 000 FCFA**;
2. La durée de comptabilisation du carbone est de 20 ans
3. La productivité des parcelles en bois énergie est 1,1 m³/ha/an (Donnée de Sambandé)
4. Les coûts de suivi et d'entretien sont représentés par le coût du gardiennage à partir de l'année 8 du projet, soit 36000000 Fcfa/an
5. Le carbone du sol est fixé à 70T/ha (+ 0,3 chaque année : GIEC 2001)
6. Le taux du dollar est fixé à 1\$ = 450 FCFA
7. Le prix du bois de chauffe est fixé à 100 FCFA /kg soit 222 \$ par tonne
8. Le prix de la paille et autre produits récoltés dans les parcelles est fixé à 30000 FCFA la tonne soit 67 \$

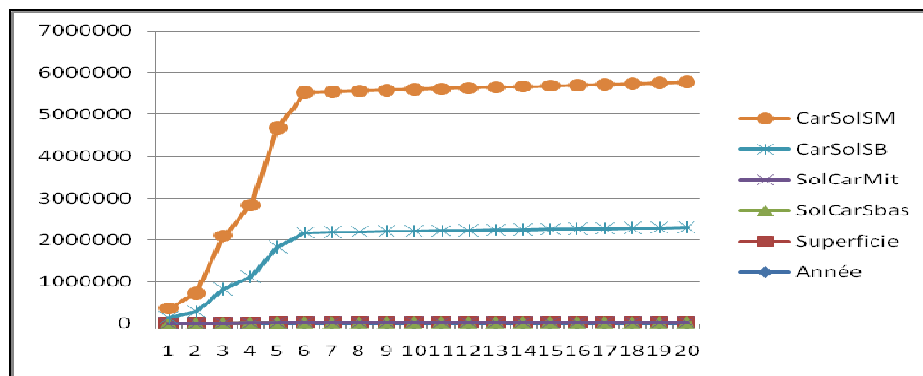
En analysant les résultats du COMAP, on obtient :

- A- Dans le scénario de mitigation, le carbone du sol est **40 t C/ha**
- B- Ainsi, l'effet atténuation de la mise en défens s'élève à **55 t C/ha**
- C- Le carbone séquestré par la mise en défens est de **15 t C/ha** soit au total 15 x 508500 = **7 627 500 t** de carbone en 20 ans.
- D- Le carbone stocké dans le sol reboisé est de **20 340 000 t** en 20 ans.

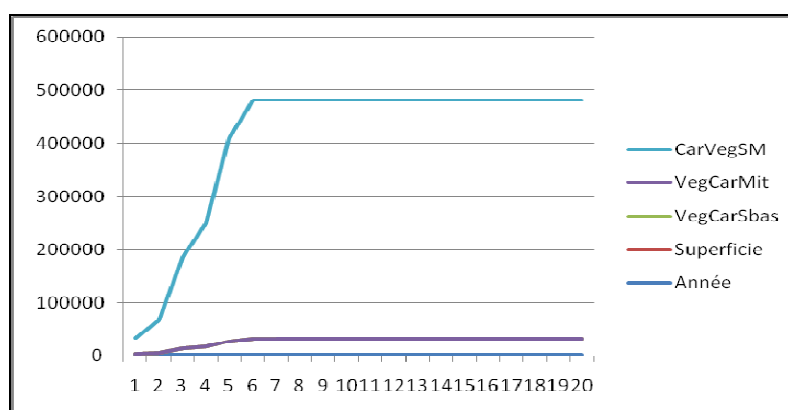
Au total au bout des 20 ans de mise en œuvre, le projet aura permis de stocker **27 967 500** tonnes de carbone.

Au bout du compte, la mise en défens a pu créer un capital ligneux de **30 m³/ha** soit **900 000 m³** de bois sur un terrain qui était initialement nu.

Aux avantages de la mise en défens, il faut citer les produits forestiers non ligneux comme la paille que les populations peuvent récolter dans les parcelles jusqu'au mois de juin, la production de miel, de gomme, les plantes médicinales, la faune etc.



Graphique 46 : Séquestration comparée de CO₂ dans le sol aux scénarios avec et sans projet



Graphique 47 : Séquestration de CO₂ par les arbres

V. SECTEUR DECHET

Les options d'atténuation découlent des mesures planifiées à court et moyen terme et visent à développer des projets de développement socio-économique avec une composante forte sur l'atténuation des émissions.

5.1. Déchets solides dans les décharges

L'analyse d'atténuation dans le secteur des déchets propose principalement comme option d'atténuation la mise en place de Centres d'Enfouissement Technique (CET) dans les capitales régionales et dans les villes d'affluence avec une systématisation de la récupération du méthane pour sa valorisation énergétique.

Cette option permettra d'aboutir à un scénario où les émissions nettes de CH₄ prévues pour 2010 restent inchangées (101,124 Gg CH₄/an). Cependant, pour 2020 les émissions nettes attendues seront de **55,099 Gg CH₄/an**, soit une baisse de **38, 42%** par rapport à l'année de référence 2000.

5.2. Eaux usées domestiques et commerciales traitées

Les options d'atténuation proposées sont :

- l'optimisation de l'exploitation des bassins de traitement qui seront prévus par les documents de planification, notamment le plan directeur d'assainissement de Dakar et le suivi des émissions de méthane ;

- la mise en œuvre des ouvrages d'assainissement prévus dans le cadre du volet assainissement rural du PEPAM ;
- la promotion de projets MDP de petite taille portés par la société civile (associations locales, ONGs...) et liés à la valorisation du méthane dans les ouvrages d'assainissement prévus en milieu rural.

Aussi, la valorisation du méthane issu du traitement des eaux usées des abattoirs fait partie des orientations stratégiques proposées au regard du potentiel et des initiatives déjà menées dans ce domaine.

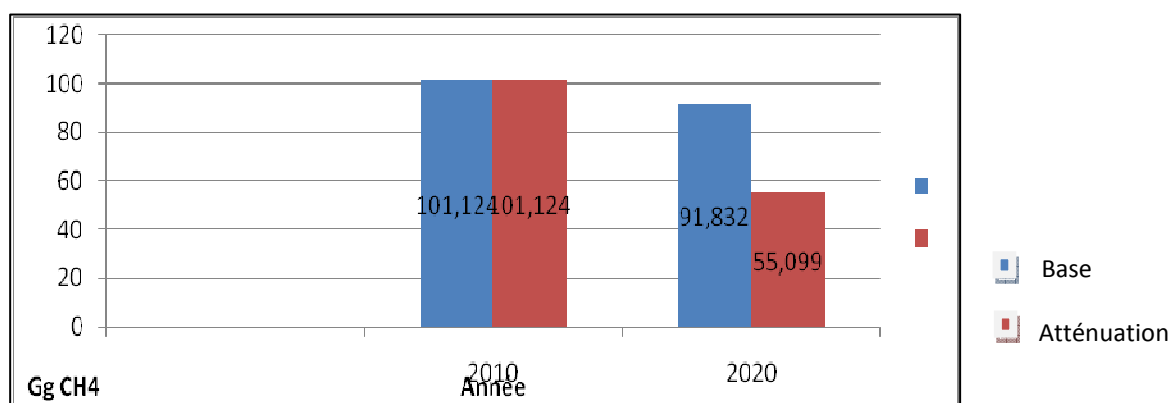
Il s'agira de capitaliser les résultats des études et/ou des projets existants, en vue d'optimiser la valorisation du méthane. Dans ce cadre, la priorité sera donnée aux sites de Dakar, de Thiés, de Touba et à celui du futur abattoir national.

5.3. Analyse comparative

L'analyse comparative des scénarios s'articule sur le bilan des émissions de CH₄ dans les décharges, les coûts de mise en œuvre des options et leurs impacts socio-économiques et environnementaux.

5.3.1. Comparaison des émissions

Le graphique 48 permet de comparer les émissions de méthane liées au dépôt de déchets solides dans les décharges, entre le scénario de base et le scénario d'atténuation. On remarque une baisse des émissions à 2020 entre le scénario de base et le scénario d'atténuation.



Graphique 48 : Comparaison des scénarios (scénario de base et scénario d'atténuation)

Ce même exercice ne pourrait pas être mis en œuvre pour les eaux usées traitées eu égard à l'absence de données sur l'évolution possible du taux de traitement et des options technologiques, entre autres.

5.3.2. Analyse financière

Pour la gestion du biogaz dans les décharges, le coût net à considérer par CET est la somme de l'amortissement (taux et période à déterminer) et des dépenses d'exploitation, déduction faite des aides et subvention (cf article 15 du code de l'environnement). Ce coût dépendra du type de réseau de collecte, de la longueur et du diamètre de la canalisation, du système de réglage et de la technologie utilisée pour la torchère.

Concernant les eaux usées traitées, les coûts mis en œuvre devraient apparaître dans les coûts d'exploitation des STEP au niveau de l'ONAS. Pour les ouvrages d'assainissement autonome, le seul coût incrémental est lié à la valorisation du méthane. Théoriquement, ce coût devrait être inférieur au bénéfice économique réalisé grâce à la valorisation énergétique du biogaz. Les coûts de mise en place de tels systèmes en milieu rural sont programmés dans le PEPAM.

5.3.3. Impacts socio-économiques et environnementaux

Les impacts environnementaux et socio-économiques attendus des options d'atténuation peuvent ainsi être résumés :

- l'amélioration du cadre de vie des populations ;
- l'évitement de la contamination des eaux souterraines ;
- l'amélioration de la santé des populations ;
- la création d'emplois et de revenus ;
- la promotion des bonnes pratiques et la création de conditions plus favorables au tourisme et à l'investissement privé ;
- etc.

5.4. Stratégies d'atténuation

Les stratégies d'atténuation ciblées sont relatives aux projets et activités ci-dessous :

5.4.1. déchets solides dans les décharges

- ✓ le projet de fermeture et de réhabilitation de la décharge de Mbeubeuss ;
- ✓ le projet de finalisation et d'exploitation du CET de Sindia ;
- ✓ le plaidoyer pour la mobilisation de ressources financières pour l'implantation de CET ;
- ✓ la mise en place d'un arrêté technique sur le CET, prenant en compte la gestion du biogaz.
- ✓

5.4.2. eaux usées traitées

- ✓ l'optimisation de l'exploitation des bassins de traitement et la réduction des émissions de méthane ;
- ✓ la mise en œuvre du volet assainissement rural du PEPAM ;
- ✓ la prise en charge par la société civile d'une composante « valorisation du biogaz » dans le volet assainissement rural du PEPAM ;
- ✓ la réalisation d'études techniques et/ou la mise en œuvre de projets de valorisation du biogaz dans les abattoirs de Dakar, de Thiés, de Touba et sur le site du futur abattoir national.

Le tableau ci-après résume les différentes options ;

5.5. Renforcement des capacités, coordination et stratégie à long terme

Pour faciliter la mise en œuvre de ces actions, les capacités des structures responsables, notamment la CADAK - CAR, l'APIX, l'ONAS, la DAS et la SOGAS, vont être renforcées dans le domaine du changement climatique et de l'atténuation. Par ailleurs, elles seront impliquées dans les travaux du COMNACC pour une meilleure appropriation de la problématique.

La stratégie à long terme est d'axer toutes les interventions dans un cadre organisationnel de réflexion et d'actions sur la biométhanisation des déchets qui soit opérationnel et durable.

Ainsi, le COMNACC développera et mettra en œuvre un programme stratégique sur la biométhanisation des déchets et la valorisation énergétique du biogaz. Ce programme s'articulera avec la stratégie nationale de développement durable.

Dans ce programme, les aspects suivants pourront être étudiés :

- ✓ la mise en place d'un groupe de travail sur la biométhanisation au sein de la COMNACC. Ce groupe de travail aura pour principales missions de développer une politique en la matière (feuille de route ou un plan stratégique qui intégrera la biométhanisation des déchets organiques en cohérence avec les stratégies définies dans le domaine de la gestion des déchets ménagers et dangereux), de réfléchir sur le cadre réglementaire, de promouvoir les projets MDP dans ce domaine, etc ;
- ✓ la création d'un pool de recherche - développement sur la biométhanisation entre les structures de recherche scientifique et l'université (bras ouvrier du groupe de travail) ;
- ✓ la réalisation d'un référentiel technique et économique d'unités de traitement des déchets organiques par méthanisation avec ou sans valorisation du biogaz (cadre réglementaire, solutions techniques disponibles, coûts d'investissement et d'exploitation, expériences au niveau régional et internationales...);
- ✓ l'analyse de la filière et sa promotion ;
- ✓ etc.

Chapitre IV : Vulnérabilité et adaptation

Le Sénégal, à l'instar de la communauté internationale, fait face aux effets des changements climatiques dont les conséquences risquent de limiter les efforts en matière de sécurité alimentaire, de croissance économique et de lutte contre la pauvreté¹³. Bien que les pays développés produisent la majorité des gaz à effet de serre, les conséquences en sont portées principalement par les pays en voie de développement. Les populations de ces pays y sont les plus exposées et les économies nationales, très dépendantes de la production agricole (elle-même fonction du climat), sont fortement éprouvées par les phénomènes climatiques extrêmes.

Les effets des changements climatiques peuvent accroître l'incertitude et la complexité du risque pour tout le monde, y compris pour les paysans, les riches agriculteurs et les populations dont les moyens de subsistance alimentent l'économie rurale. En l'absence de mécanismes de protection sociale, les populations les plus vulnérables subissent plus les effets des chocs climatiques.

C'est pour cette raison que la problématique de l'adaptation constitue un défi majeur qui va avoir un impact certain sur nos économies. Ainsi, peut-on considérer que sans une stratégie intégrée d'adaptation, les efforts menés sur le plan socio-économique peuvent ne pas produire les effets escomptés. L'enjeu est de taille, car l'urgence est d'arriver à une stratégie intégrée qui prenne en compte deux aspects très complexes : la lutte contre la pauvreté par une création soutenue de valeurs (croissance accélérée) et le développement de stratégies d'adaptation appropriées (développement durable).

Conscient de ces enjeux, le Sénégal qui considère que le défaut de capacité à gérer et à s'adapter aux risques liés au climat représente une question centrale pour le développement, s'est engagé dans la mise en œuvre de plusieurs initiatives.

La première communication nationale a permis d'explorer des secteurs sensibles comme la zone côtière et les ressources en eau. La deuxième communication a pris en compte d'autres secteurs stratégiques comme la santé, l'agriculture et la pêche. Ces études sectorielles confirment l'urgence de disposer de stratégies appropriées pour favoriser un modèle de développement plus durable et tenant compte de l'ensemble des secteurs.

L'élaboration de la stratégie nationale d'adaptation basée sur les changements actuels mais aussi sur l'anticipation des changements à venir s'inscrit dans le programme d'activités que le Sénégal a développé depuis la conférence de Rio (en 1992) pour le respect des engagements auxquels il a souscrit dans le cadre de la Convention Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique (CCNUCC). Le présent rapport présente les différentes composantes de la stratégie d'adaptation nationale au changement climatique (SNACC) préconisée par les parties prenantes. Elle englobe des stratégies nationales ou régionales et des mesures concrètes prises au niveau communautaire ou individuel et concerne aussi bien les systèmes naturels que les systèmes humains.

La stratégie nationale constitue un cadre de référence sur laquelle l'ensemble des acteurs et institutions doivent se référer pour davantage inscrire leurs actions dans une approche intégrée. Les stratégies présentées dans ce document doivent être considérées comme des actions d'envergure qui serviront de cadre de référence, pour une meilleure prise en charge de la dimension changement climatique dans les documents de programmation et de planification du développement.

¹³ Le revenu moyen par habitant était autour de 740 dollars en 2008 au Sénégal. L'incidence de la pauvreté sur les ménages est de 42,6%. Elle est plus élevée en milieu rural avec 55,6% des ménages vivant en dessous du seuil de pauvreté (DSRP-II).

Encadré 1: Méthodologie

Pour les besoins de cette seconde communication nationale, un processus participatif a été mis en œuvre avec l'implication des principales parties prenantes. Les étapes de ce processus sont les suivantes :

1. Capitalisation des documents et informations disponibles

Ce travail est basé essentiellement sur des études antérieures, réalisées au Sénégal. Il s'agit, entres autres :

- *Plan d'Action National d'Adaptation aux Changements Climatiques (PANA)*
- *Stratégie de réduction de la pauvreté*
- *Stratégie de croissance accélérée*

2. Elaboration de rapports sectoriels

Des études et éclairages sectoriels ont permis de disposer des enseignements et leçons tirés par les experts et parties prenantes, qui ont réfléchi sur cette problématique. Il s'agit des rapports portant sur les secteurs et domaines suivants :

- Les scénarios climatiques
- Ressources en Eau et Changements Climatiques
- Santé et Changements Climatiques
- Zones côtières et Changements Climatiques
- Agriculture et Changements Climatiques
- Pêche et Changements Climatiques

3. Analyse et travaux complémentaires :

Les propositions consignées dans les rapports sectoriels de la communication nationale ont été présentées et discutées au cours d'une rencontre. A l'issue des échanges, des recommandations ont été formulées, en vue de l'identification des mesures sectorielles et transversales pertinentes pour faire face aux effets du changement climatique.

4. Production du rapport sur la stratégie

La synthèse des rapports, ainsi que les contributions des parties prenantes ont abouti à la production d'un rapport provisoire qui a fait l'objet de plusieurs échanges.

5. Atelier de validation du rapport

Les différentes rencontres (pré-validation, validation) ont permis aux acteurs concernés de discuter des propositions, en vue de la production du rapport final.

I. CHANGEMENT CLIMATIQUE ET IMPLICATIONS ECONOMIQUES ET SOCIALES

1.1. Scénarios de changements climatiques

Le changement climatique est une variation statistiquement significative de l'état moyen du climat ou de sa variabilité persistant pendant une période prolongée (généralement des décennies ou plus). Ces changements du climat sont le résultat à la fois de la variabilité interne à l'intérieur du système couplé Océan–Atmosphère (le phénomène El Niño/Oscillation Australe ou ENSO en est un exemple) et des facteurs extérieurs (naturels et anthropiques). Le dernier rapport du GIEC (2007) confirme que l'essentiel de l'accroissement observé de la température moyenne globale depuis le milieu du 20^e siècle est très probablement dû à l'augmentation observée des concentrations de gaz à effet de serre (GES) d'origine anthropique.

Toutes les projections futures du climat global (futur proche et lointain) prévoient une intensification du réchauffement moyen, plus de variabilité des précipitations et aussi une plus grande fréquence et intensification des phénomènes extrêmes.

Des Modèles Régionaux de Climat (MCR) ont été développés et utilisés pour répondre au besoin de disposer d'informations à l'échelle régionale et locale afin de mieux comprendre et évaluer les changements climatiques et leurs impacts.

1.1.1. Variabilité climatique au Sénégal

Des scénarios de changements climatiques ont été élaborés pour les horizons futurs 2031 à 2050 et 2081 à 2100. Le modèle régional du climat RegCM (Regional Climate Model), amélioré et adapté pour l'étude du climat en Afrique (RegCM3 ; Giorgi *et al.*, 1993a et b ; Pal *et al.*, 2007), a été utilisé pour simuler le climat présent, évaluer la variabilité du climat et élaborer des scénarios de changements climatiques au Sénégal. Pour l'évaluation des changements climatiques actuels la période 1989-2005 a été utilisée. Pour les variabilités futures, deux périodes ont été considérées. La première période couvre le milieu du 21^e Siècle (2031-2050) tandis que la deuxième s'est concentrée sur les deux dernières décennies du siècle (2081-2100).

L'analyse des simulations globales et régionales montrant la variabilité mensuelle moyenne des précipitations (Graphique 49) sur tout le Sénégal et sur toute la période actuelle (1989-2005) montre que le début de la saison pluvieuse est noté au mois de mai comme dans les observations. Ces dernières localisent le pic des précipitations (7 mm/jour) en Aout.

Les conclusions de l'étude montrent qu'au Sénégal les températures les plus chaudes se trouvent au Nord du Sénégal et les plus froides dans les régions Sud (figures 2). Le cycle annuel des températures (Graphique 50) montre deux maxima : un premier en Mars-Avril et un deuxième en Septembre-Octobre. Entre ces deux pics de température, nous avons un minimum qui coïncide avec la saison des pluies. Le modèle (RegCM3) pouvait donc être utilisé pour représenter le climat futur de la région.

Les scénarios de changements climatiques montrent sur le Sénégal, tout comme sur l'Afrique de l'Ouest une hausse de la température allant jusqu'à 3°C (en 2031-2050) et 8.5°C (en 2081-2100 au nord de l'Afrique) en considérant un scénario d'émissions de gaz à effet de serre A1B. Ce scénario d'émissions est du type « business as usual ». La tendance à la hausse des températures régionales est liée au réchauffement climatique global qui est dû à l'augmentation de gaz à effet de serre. Dans toute l'Afrique de l'Ouest et sur tout le Sénégal ainsi que ses sous-régions, la tendance est à la baisse des précipitations en considérant toujours le scénario d'émission de gaz à effet de serre A1B. La réponse des précipitations à ce réchauffement diffère seulement en amplitude d'un endroit à un autre. Cette situation est accompagnée d'une augmentation du flux de mousson qui pourrait transporter beaucoup plus d'humidité de l'Océan vers le continent. Mais cette humidité ne se transforme pas nécessairement en précipitations compte tenu de la baisse des pluies.

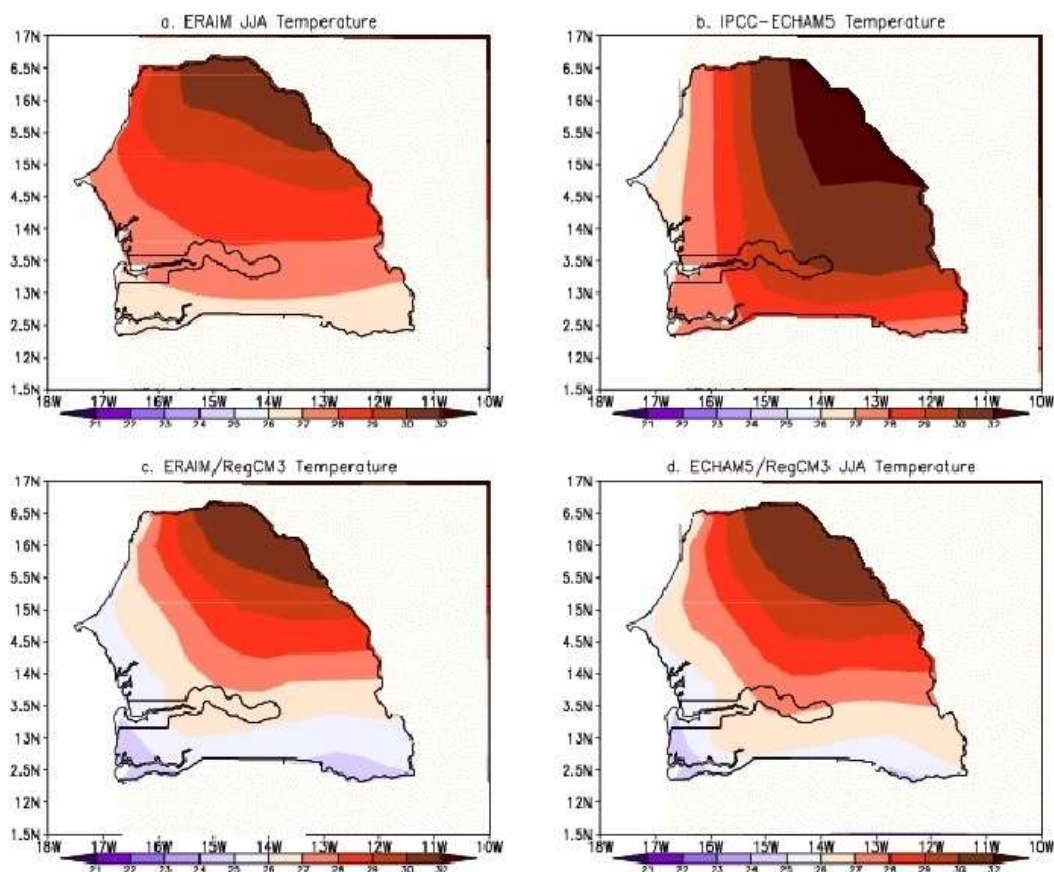
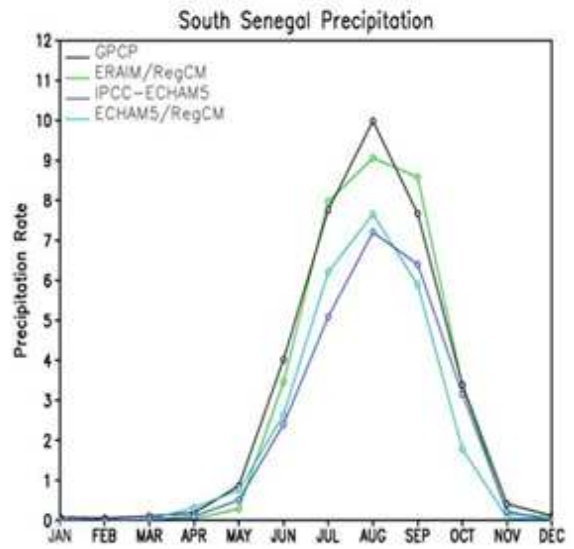
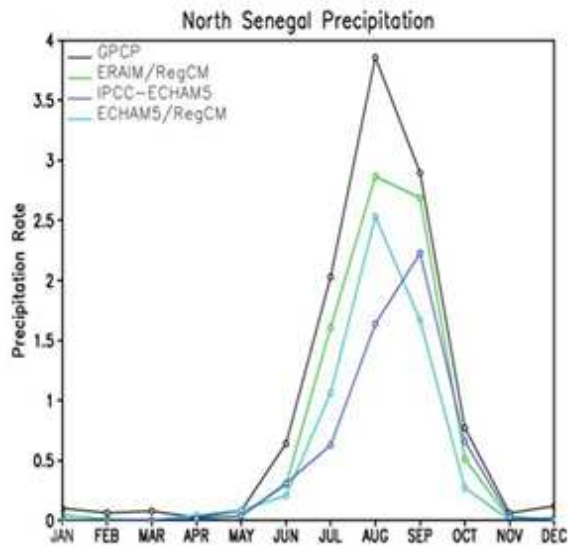
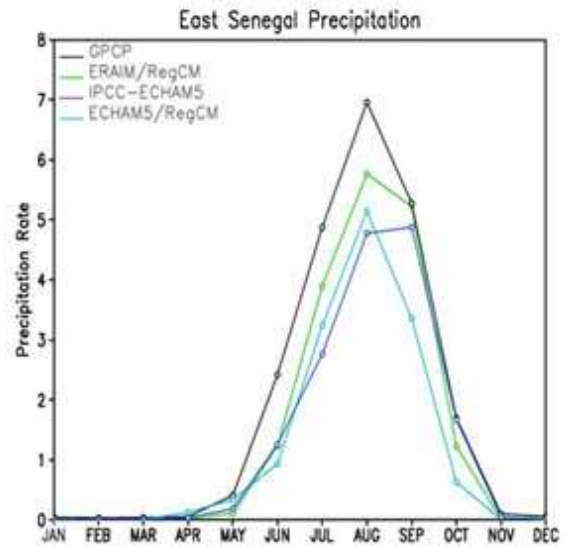
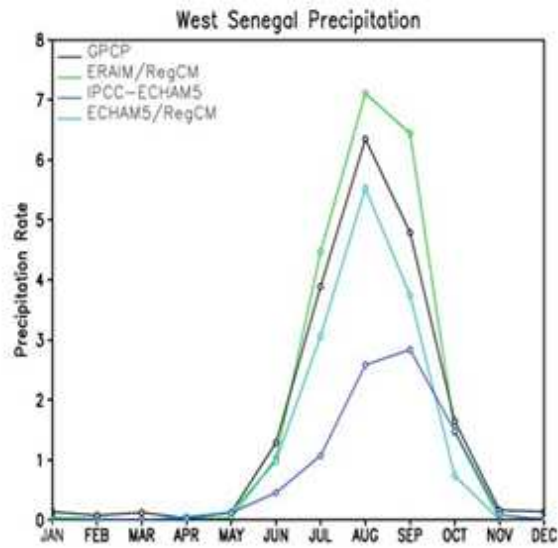
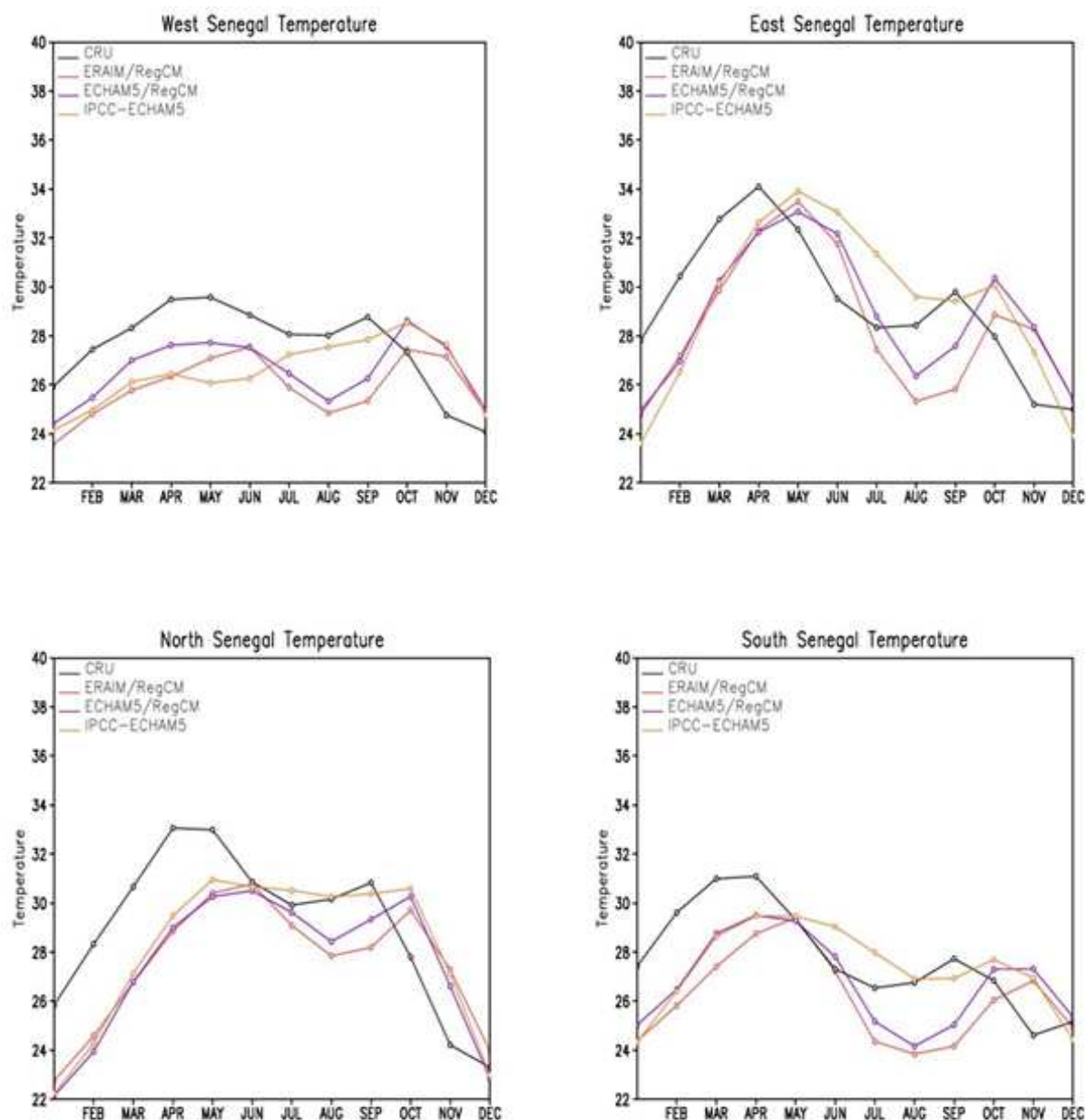


Figure 2 : Moyennes des températures de Juin-Juillet-Aout sur la période 1981-2000 telles que données par les observations du CRU, le modèle ECHAM5 de l'IPCC et des simulations du Modèle Régional RegCM3 forcé par ERAIM et ECHAM5.

Ces scénarios de changement climatique selon le scénario d'émissions A1B peuvent être plausibles. En effet, l'évaluation des différents paramètres du climat futur montre la cohérence des structures. Si ce scénario se produisait, les impacts négatifs seraient importants tant du fait de l'élévation du niveau de la mer que des impacts sur l'agriculture, les écosystèmes, les ressources en eau et même la santé des populations.



Graphique 49 : Cycle annuel des moyennes mensuelles des taux de précipitations au Sénégal sur la période 1989-2005.



Graphique 50: Cycle annuel des moyennes mensuelles des températures (1989-2005) pour différents modèles à l'Ouest (en haut à gauche), à l'Est (en haut à droite), au Nord (en bas à gauche) et au Sud (en bas à droite) du Sénégal.

1.1.2. Variabilité interannuelle des précipitations au Sénégal

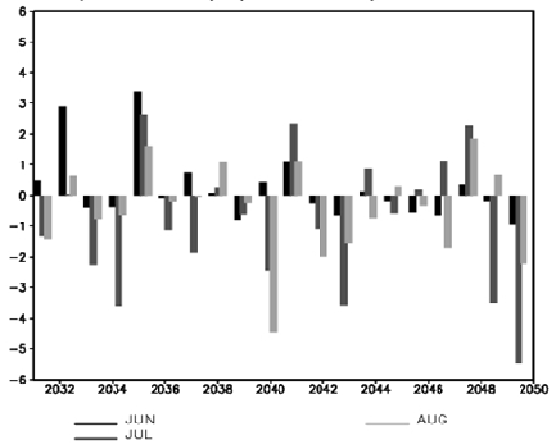
Les différences entre la moyenne de chaque mois d'été (Juin, Juillet, Aout) pour chaque année du climat futur (2031-2050 et 2081-2100) et la moyenne du présent (1981-2000) du mois correspondant du climat actuel pour les précipitations à l'Est, l'Ouest, Nord, Sud du Sénégal, et l'océan proche sont respectivement présentées dans les graphiques 51 et 52. Dans toutes ces zones, on note des fluctuations assez importantes des anomalies de précipitations. On note également une importante variabilité interannuelle des pluies pour la période 2031-2050. Cette variabilité qui se caractérise par une succession d'années sèches (baisse de pluviométrie) et d'années excédentaires (excédent de pluies) persiste dans la seconde moitié du siècle. Cette variabilité temporelle des pluies va rendre encore plus difficile la prévision du climat et donc aussi celle des impacts.

En 2081-2100, les précipitations montrent, en général, des anomalies (négatives, contrairement à la période précédente où on a quelques anomalies positives) pendant tout l'été dans tout le Sénégal (graphique 52). Les amplitudes les plus importantes sont notées au mois d'août sauf au Sud du pays où les grandes amplitudes apparaissent en Juillet. Ces forts déficits en pleine saison culturale et pluvieuse pourraient entraîner des difficultés sérieuses pour l'agriculture.

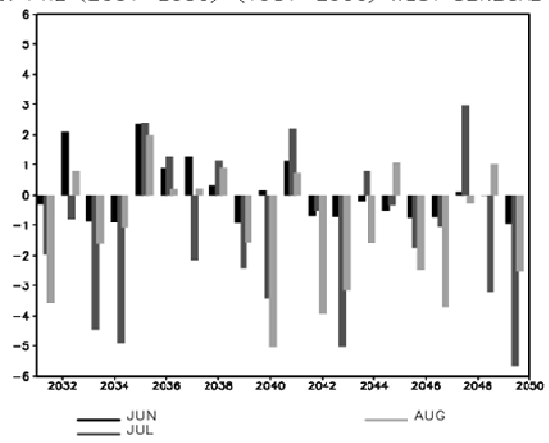
Les températures (graphique 53) montrent des anomalies positives, traduisant partout dans le Sénégal une augmentation de la température par rapport à la moyenne du climat actuel.

Même si l'évolution des précipitations montre une tendance générale à leur baisse dans la plus grande partie du Sénégal, on a peu d'indication sur leur variation, surtout en termes d'événements extrêmes. D'une part, le réchauffement climatique pourrait accentuer la baisse des pluies, conduisant à une sécheresse accrue. D'autre part, l'augmentation de la capacité de rétention de l'humidité de l'atmosphère, due à l'élévation des températures, pourrait se traduire par des événements pluvieux de plus grande intensité rendant ainsi la région plus vulnérable aux inondations.

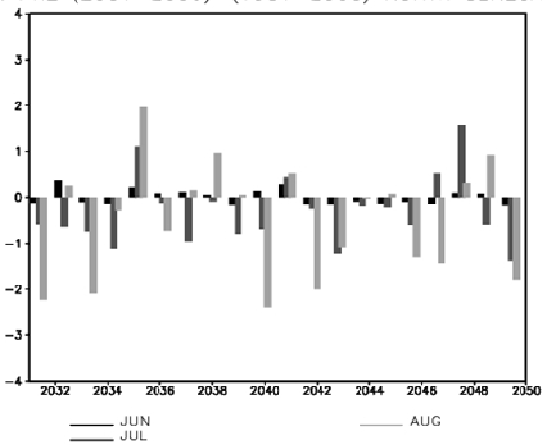
a. PRE (2031–2050)–(1981–2000) EAST SENEGAL



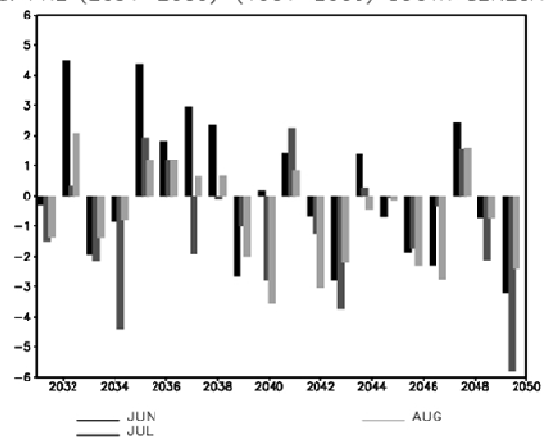
b. PRE (2031–2050)–(1981–2000) WEST SENEGAL



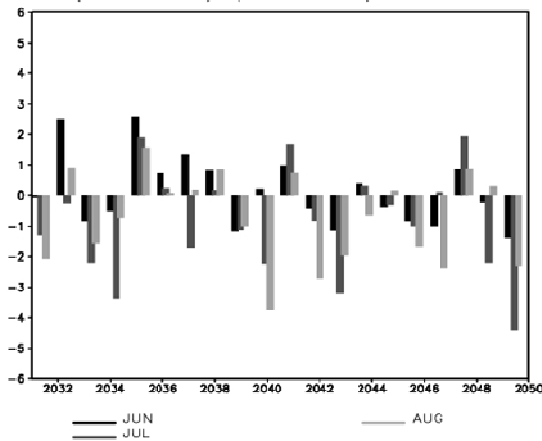
c. PRE (2031–2050)–(1981–2000) NORTH SENEGAL



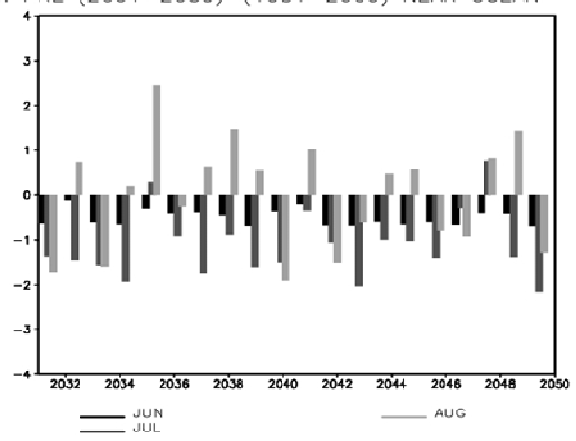
d. PRE (2031–2050)–(1981–2000) SOUTH SENEGAL



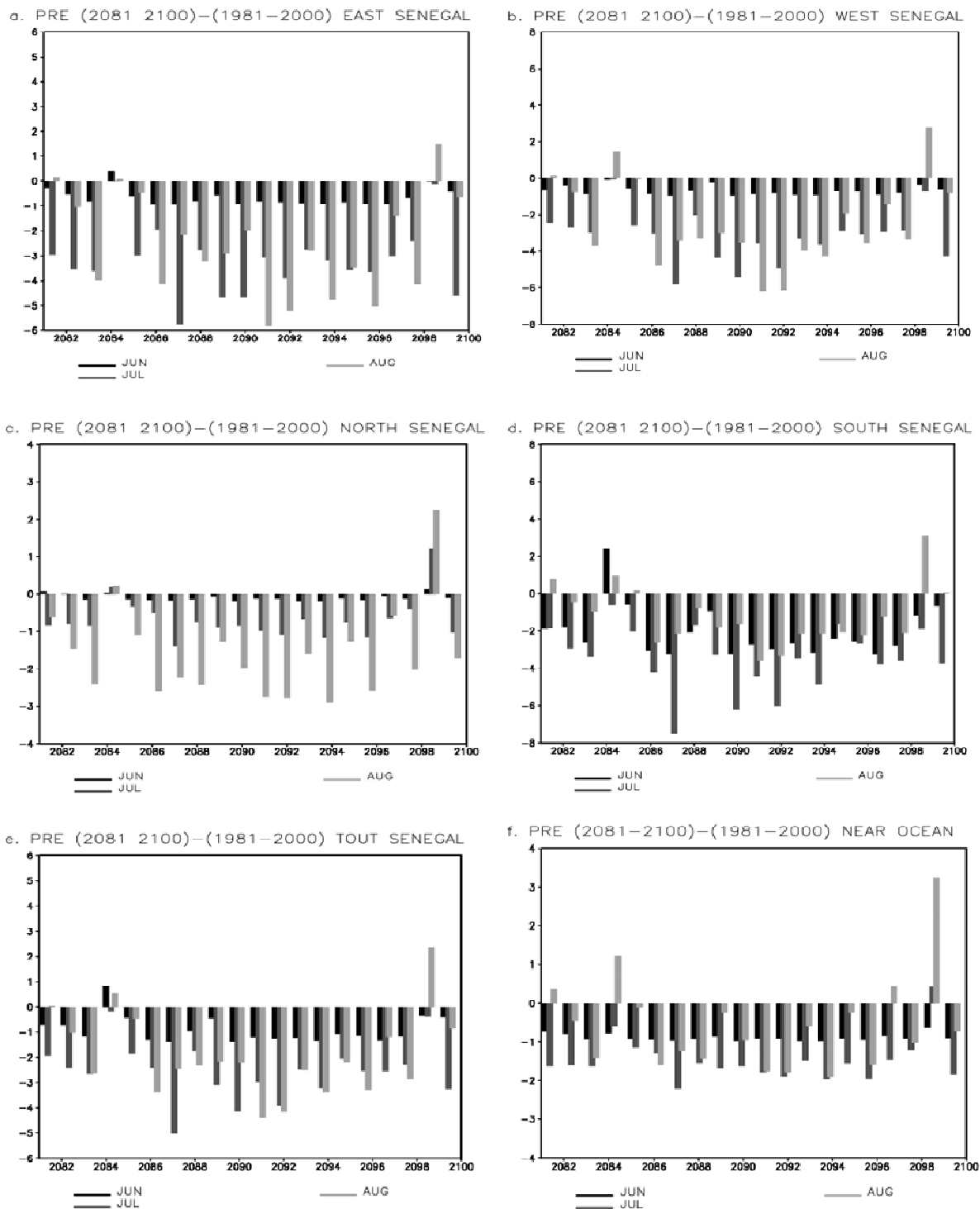
e. PRE (2031–2050)–(1981–2000) TOUT SENEGAL



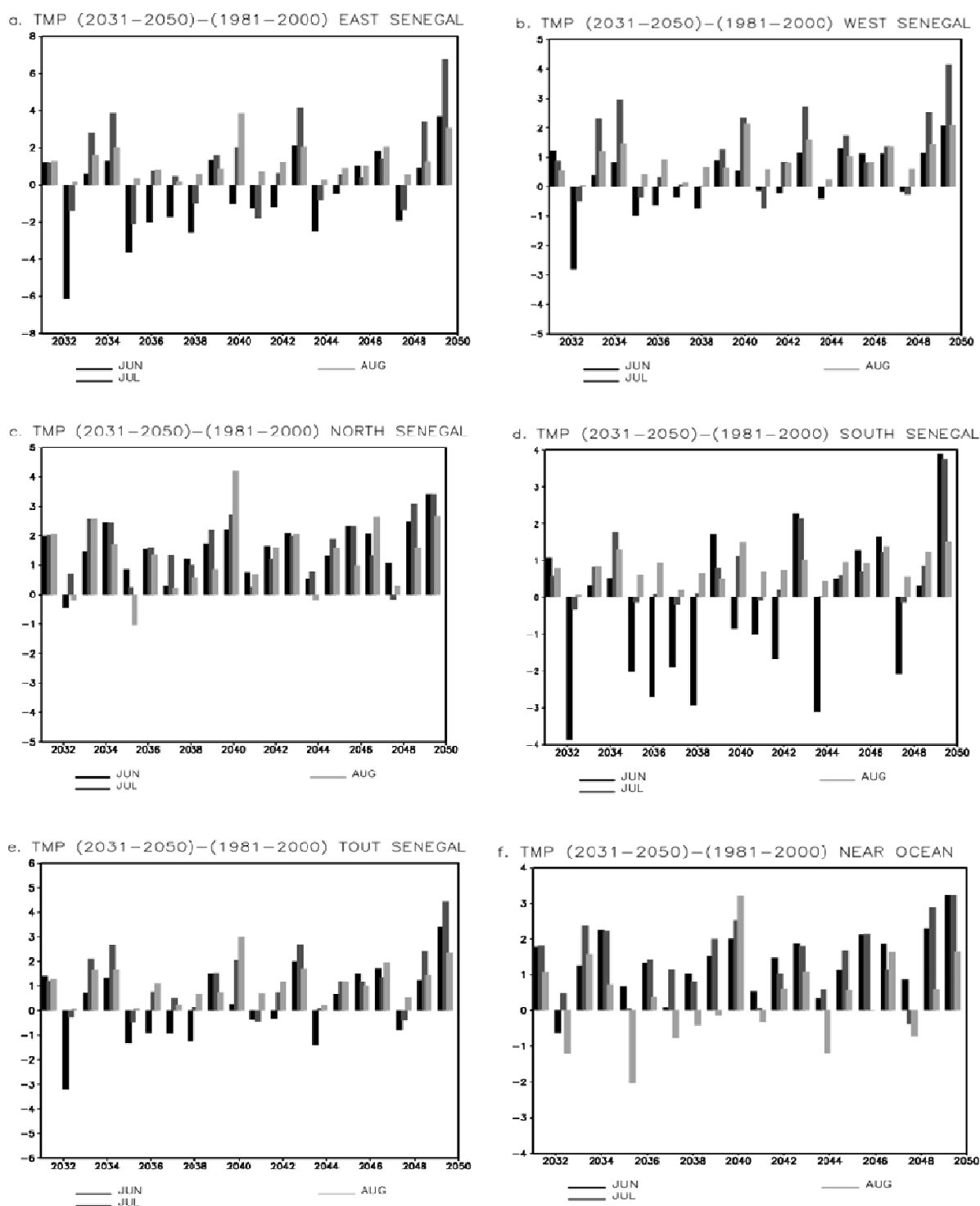
f. PRE (2031–2050)–(1981–2000) NEAR OCEAN



Graphique 51 : Différences entre la moyenne des précipitations de chaque mois d'été (Juin, Juillet, Aout) du climat futur (2031-2050) et la moyenne du du mois correspondant du climat actuel (1981-2000) pour l'Est, l'Ouest, le Nord et le Sud du Sénégal, sur le Sénégal et sur le proche océan.



Graphique 52 : Respectivement, Différences Entre la Moyenne de chaque mois d'été (Juin, Juillet, Aout) du Climat Futur (2081-2100) et la Moyenne du Présent (1981-2000) du mois correspondant du Climat Actuel Pour les Précipitations à l'Est, l'Ouest, Nord, Sud du Sénégal, sur Tout le Sénégal et sur l'océan proche.



Graphique 53 : Différences entre la moyenne des températures (TMP) de chaque mois d'été (Juin, Juillet, Aout) du climat futur (2031-2050) et la moyenne du climat actuel (1981-2000) pour le mois correspondant pour l'Est, l'Ouest, le Nord, le Sud du Sénégal, sur Tout le Sénégal et sur le proche océan.

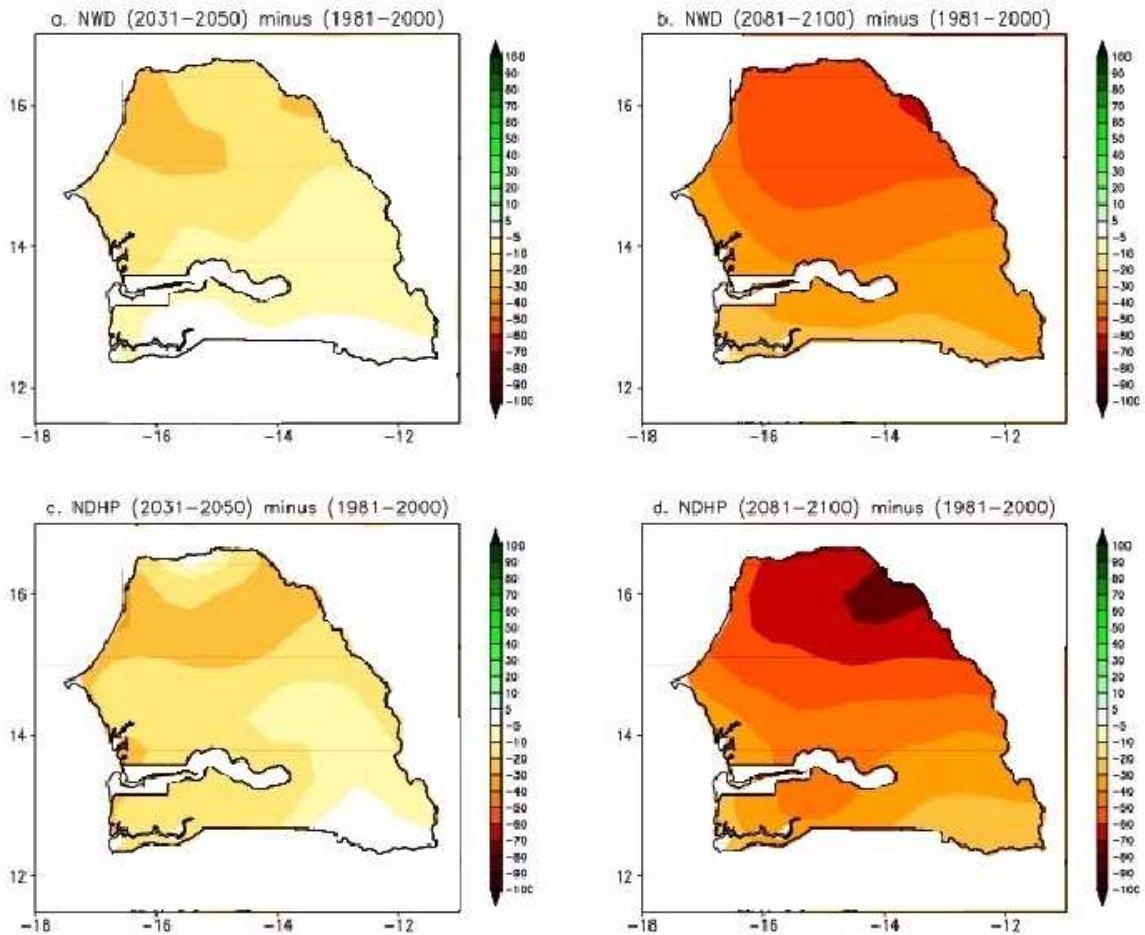


Figure 3 : Changements (en pourcentage) du nombre de jours pluvieux (a, b) et du nombre de jours de pluies de forte intensité (c, d) entre le climat actuel et le climat futur (à gauche 2031-2050 et à droite 2081-2100).

On considère qu'une journée est pluvieuse si la quantité de pluie reçue est supérieure 1 mm et fortement pluvieuse quand la quantité dépasse 10 mm. La figure 3 montre que la distribution des nombre de jours pluvieux et de pluies de forte intensité est similaire à celle des changements moyens des précipitations sur le Sénégal, les diminutions les plus importantes se produisant au Nord et les plus faibles au Sud. Ces diminutions sont beaucoup plus élevées lors de la période 2081-2100 au Nord du Sénégal (-50% des journées pluvieuses et plus de -100% pour les fortes précipitations).

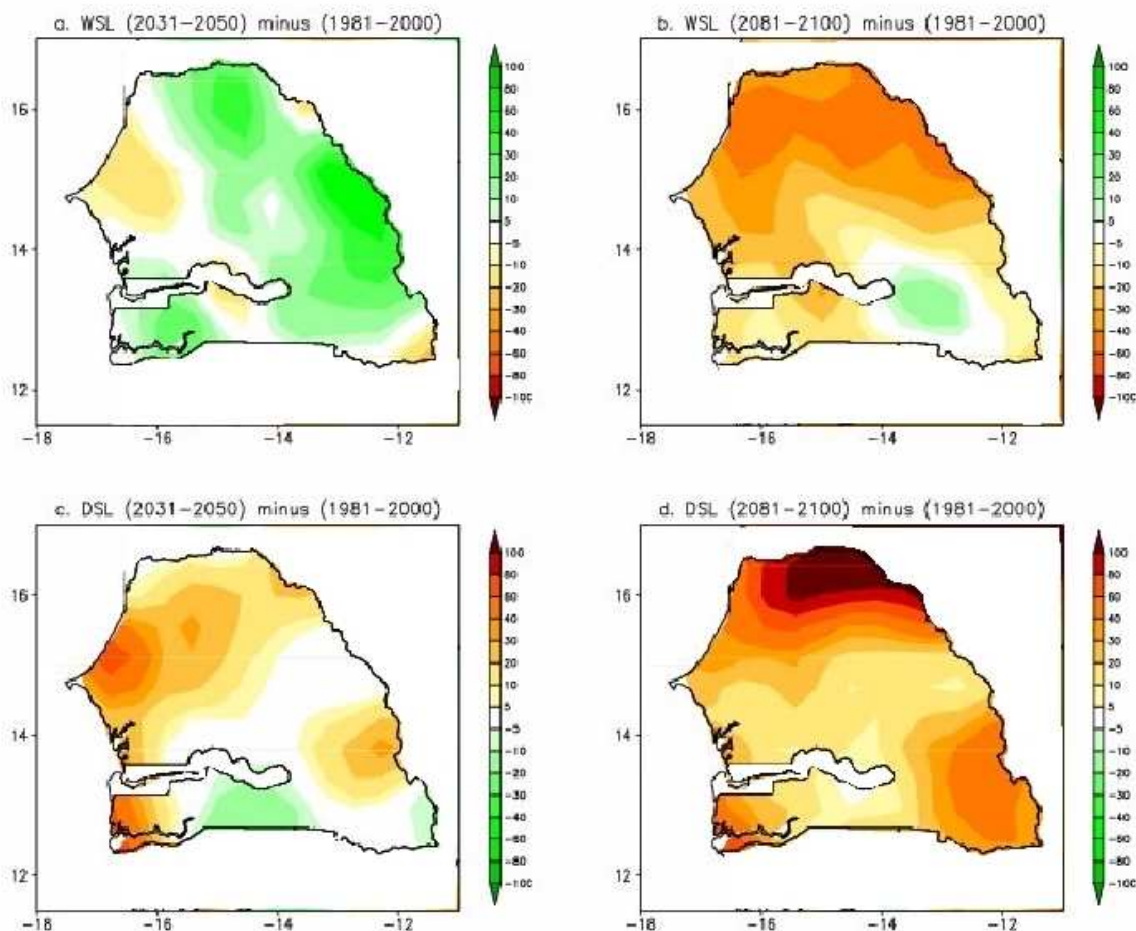


Figure 4 : représentation des changements (en pourcentage) du maximum de jours pluvieux consécutifs ou séquence humide (a, b) ainsi que le maximum de jours secs consécutifs ou séquence sèche (c, d), entre le climat actuel et le climat futur (à gauche 2031-2050 et à droite 2081-2100).

La figure 4 montre les changements du maximum de jours pluvieux consécutifs ou séquence humide et dans le maximum de jours secs consécutifs ou séquence sèche (c, d). Entre 2031 et 2050, le modèle régional, RegCM3, projette une augmentation des séquences humides presque partout au Sénégal sauf vers le centre-ouest, aux alentours de Dakar, tandis qu'entre 2081 et 2100, les séquences sèches diminuent dans toute l'étendue du territoire, sauf vers le Sud-Ouest. Le comportement des changements dans les séquences sèches ne semble être antagoniste à celui des séquences humides que dans le centre ouest aux environs de Dakar. En effet, là où les séquences humides diminuent, le modèle régional projette une augmentation des séquences sèches. Durant la 2^e période future (2081-2100), les séquences sèches augmentent de façon dramatique sur tout le territoire sénégalais, avec un pic au nord du pays (plus de 100% comparé aux valeurs du climat présent) et au Sud-Ouest (près de 90%).

1. 2. Impacts du changement climatique au Sénégal

1.2.1. Secteur des ressources en eau

Le Sénégal dispose de ressources en eau relativement abondantes, mais inégalement réparties, constituées d'eaux de surface et d'eaux souterraines.

A. Les eaux de surface

Le réseau hydrographique concerne les grands cours d'eau, le fleuve Sénégal et le fleuve Gambie, dont les eaux proviennent en grande partie des montagnes du Fouta Djallon. A côté de ces grands fleuves, sont présents des cours d'eau de moindre importance, le fleuve Casamance et la Kayanga, et des petits bassins versants dont les écoulements sont temporaires. Un certain nombre de lacs et de mares complètent le réseau hydrographique. Les plus importants sont le Lac de Guiers, les mares de la zone du Ferlo, les bolongs des zones estuariennes et les petits lacs de la région des Niayes. Les ressources en eau du Sénégal sont caractérisées par une forte vulnérabilité aux changements climatiques liée à leur régime pluvial.

Le fleuve Sénégal

C'est le plus important du réseau hydrographique national. Dans la région du delta, le fleuve Sénégal comporte un système de défluent formé par le Gorom-Lampsar, le Djeuss, le Kassak, le Diovol, le système Ngalam-3 Marigots, le marigot de Khor, le Leybar, le Gueyloubé et le système Taouey-lac de Guier qui est une importante réserve d'eau douce, de près de 500 millions de mètres cubes. Dans la zone du delta, le réseau hydrographique du fleuve Sénégal comporte dans les deux rives, de nombreuses dépressions inondables. La zone en aval du barrage de Diama est appelée bief maritime du fleuve Sénégal. Dans la zone du delta, le régime du fleuve Sénégal est caractérisé par l'antagonisme entre la remontée de la marée et les apports d'eaux douces provenant du haut bassin. La pénétration de la langue salée dépend du débit du fleuve. Depuis 1986, les remontées de la marée ont été stoppées par la construction du barrage de Diama. Les apports du fleuve Sénégal sont de l'ordre de 20 milliards de mètres cubes en année moyenne. Son écoulement est caractérisé par une forte irrégularité inter-annuelle, 41 milliards de mètres cubes en 1924 et 6.15 milliards de mètres cubes en 1987. Depuis la mise en service du barrage de Diama, le volume annuel lâché vers l'aval est de 10.9 milliards de mètres cubes en moyenne. Le minimum et le maximum des lâchers ont été atteints en 1987 et en 1994, avec respectivement des volumes de 21.16 milliards de m³ et 4.7 milliards de m³.

Le fleuve Gambie

Le bassin versant du fleuve Gambie a une superficie de 54 631 km² au Sénégal. A Kédougou, la superficie drainée par le fleuve Gambie n'est que de 7 550 km². En territoire sénégalais, le fleuve reçoit de nombreux affluents. A son entrée au Sénégal au niveau de Kédougou, le débit moyen du fleuve Gambie est d'environ 70 m³.s⁻¹ (1970-1986). Les apports du fleuve Gambie sont en moyenne de 2.2 milliards de mètres cubes par an. Les apports sont irréguliers: 3,3 milliards de mètres cubes en 1974 et seulement 1,09 milliards de mètres cubes en 1984.

Le fleuve Casamance

Le bassin du fleuve Casamance s'étend sur 20150 km² dans la région Sud-Ouest du Sénégal. Il est limité au Nord, par la Gambie et au Sud, par la Guinée Bissau. Il est subdivisé en deux régions distinctes : l'estuaire et le bassin continental qui est la partie en amont de Kolda (Haute Casamance). Le bassin de la Casamance est drainé par un chevelu hydrographique très dense. Le réseau hydrographique comprend de nombreuses ramifications qui sont des marigots appelés « bolongs ».

Le bief aval de la Casamance est sous influence maritime à cause de la faiblesse des apports provenant du haut bassin. Les eaux de la basse Casamance se caractérisent par leur forte salinité qui varie en moyenne entre 19 g/litre en octobre à 37 g/litre en juin. Elle peut baisser jusqu'à 3 g/litres pendant les années de bonne pluviométrie. La salinité atteint des valeurs extrêmes dans certains affluents. Des concentrations de sel atteignant 158 g/litres ont été mesurées en étiage à Djibidjone.

Le Sine et le Saloum

Le Sine Saloum est un ensemble de petits bassins côtiers, débouchant dans un estuaire complexe aux eaux très salées. Le débouché du Saloum est un important delta avec de nombreux bras anastomosés. La partie continentale de leurs versants connaît des écoulements intermittents pendant les fortes pluies. Comme sur le fleuve Casamance, la faiblesse des écoulements provenant du haut bassin entraîne l'augmentation de la Salinité et la formation de tannes et le rétrécissement des forêts de mangrove. Le delta du Sine Saloum est aussi caractérisé par de grands problèmes d'érosion côtière, en particulier au niveau de la bande de terre de Djifère.

Cours d'eau et lacs non pérennes

Le réseau hydrographique comporte de nombreux petits lacs dans la région des Niayes, le long du littoral nord. Ces lacs sont des affleurements de la nappe phréatique. Pendant la saison des pluies, d'importantes quantités d'eau s'écoulent sur les petits bassins de façon intermittente. Ces écoulements alimentent les grands cours d'eau ou se déversent dans la mer. Les écoulements sur les petits bassins sont inégalement répartis suivant la géologie, la topographie et la pluviométrie.

Les écoulements provenant de ces bassins sont à l'origine des nombreux problèmes d'inondations que connaît la région de Dakar.

B : Les eaux souterraines

La configuration géologique permet au Sénégal de disposer de ressources en eau souterraine abondantes, constituées par les nappes des formations sédimentaires et les nappes du socle ancien. Les formations sédimentaires intéressent près de 90% de la superficie du pays. Quant aux formations du socle ancien, elles s'étendent sur environ 10% du pays. Les principales formations hydrogéologiques du Sénégal sont: le socle ancien du Sénégal oriental; les nappes du Quaternaire (nappe infrabasaltique et nappe du Continental Terminal); les nappes de l'Eo-Paléocène et la nappe profonde du Maestrichtien. Les nappes du Quaternaire (nappe infrabasaltique, nappe du Continental Terminal), les nappes de l'Eo-Paléocène et la nappe du Maestrichtien sont situées dans les formations sédimentaires.

C : Le Socle ancien du Sénégal oriental

Les nappes du socle ancien ont des réserves assez limitées, du fait de la faiblesse de la capacité d'emménagement des roches du socle qui sont quasi imperméables. Les nappes sont localisées dans les zones de fracturation des roches. Les débits des forages dans le socle sont faibles en général, souvent inférieurs à 5 m³/heure.

Les formations sédimentaires

▪ nappe infrabasaltique et nappe du littoral Nord

Elles sont situées dans la presqu'île du Cap-Vert et dans la zone du littoral Nord, entre Dakar et St-Louis. Elles sont alimentées essentiellement par les eaux de pluie grâce à l'épaisseur relativement faible des terrains, 40 à 80 mètres et à leur nature très poreuse. Ces nappes sont très fragiles du fait de la proximité de l'océan et du défaut d'assainissement des surfaces urbaines qui est à l'origine de pollutions.

▪ nappes du Continental Terminal

Les ressources en eau de la nappe du Continental Terminal sont variables. Intéressantes dans le Sud du pays, elles diminuent considérablement dans le Ferlo où la recharge est faible et où les puits atteignent 40 à 60 m et alimentent de nombreux villages.

- **nappes de l'Eocène-Paléocène**

Les calcaires lutétiens sont en général aquifères dans la zone du Sénégal Occidental, dans la zone du Saloum et dans la zone du fleuve Sénégal. Les puits ont des profondeurs qui atteignent 20 à 50 m et des débits parfois élevés. La nappe la plus importante est celle des calcaires paléocènes qui communique plus ou moins directement avec la nappe maestrichtienne. Elle est exploitée pour l'alimentation en eau de Dakar dans la région de Sébikotane où elle est située à faible profondeur. L'aquifère paléocène qui est exploité dans les zones de Sébikotane, Pout et Mbour, fournit près de 60 000 m³/jour, débit qui peut être considéré comme une limite des possibilités d'exploitation de cette nappe.

- **nappe maestrichtienne**

La nappe du maestrichtien est la nappe la plus importante du Sénégal. Elle s'étend sur la presque totalité du bassin sénégalais et constitue un immense réservoir de près de 200 000 km² de superficie. Elle a une puissance moyenne estimée à 200 m. Cette nappe est captive et se situe entre 100 m à 350 m de profondeur. Elle est exploitée par des centaines de forages dont certains peuvent fournir des débits de plus de 200 m³/heure destinées à l'alimentation des populations et à l'abreuvement du bétail. Cet aquifère, limité à l'Est par le socle et à l'Ouest par des eaux salées, repose sur des eaux salées situées dans les formations crétacées. La nappe maestrichtienne présente une zone centrale fortement minéralisée avec des résidus secs allant de 2 à 10 g/l et deux zones latérales à eaux douces, avec un résidu sec inférieur à 0.5 g/l Dans la partie occidentale de la nappe, les teneurs en fluors sont assez élevées et peuvent atteindre 5 mg/l.

D : Analyse de la vulnérabilité.

Vulnérabilité climatique

L'évolution pluviométrique du Sénégal au cours du 20^{ème} siècle est assez bien connue. Elle a fait l'objet de multiples analyses (Dacosta H. 1989; Dacosta H. 1992; Dacosta H. et Malou R. 1998; Dacosta H., Konaté Y. K. *et al.* 2002) tant du point de vue de son caractère (intensité) que de sa variabilité spatio-temporelle.

A quelques exceptions près, les déficits pluviométriques varient entre 20 et 40 %. Pour un pays dont l'essentiel du territoire se situe en zone sahélienne, une réduction des pluies annuelles d'une telle ampleur aura des conséquences importantes sur les disponibilités en eau quels qu'en soient les usages.

Avant 1970, le Sénégal recevait, en moyenne, 176 milliards de m³ d'apports pluviométriques qui sont passés à 132 milliards après 1970 (fig. 5), équivalent à une chute d'un quart du volume des précipitations. Même si une grande partie de ce volume d'eau précipité est perdue par l'évaporation, une fraction participe à la réalimentation des nappes, à la satisfaction des besoins en eau des cultures et aux écoulements de surface en direction des divers réseaux hydrographiques.

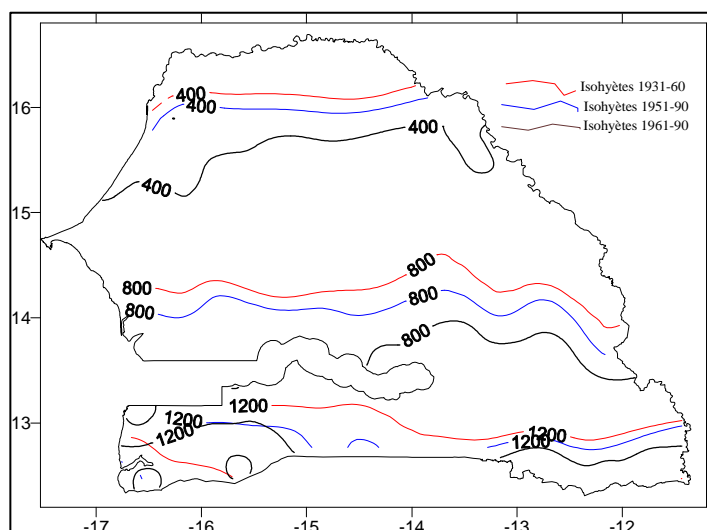


Figure 5: Cartes des isohyètes des normales pluviométriques 1931-1960, 1951-1980 et 1961-1990 (Dacosta H., Konaté Y. K. et al. 2002)

Les aléas climatiques influent fortement les écoulements de surfaces. L'écoulement sur le fleuve Casamance est irrégulier, il suit l'évolution de la pluviométrie. La période déficitaire de la pluviométrie entre 1968 et 2002 se reflète sur l'écoulement. Le débit moyen annuel à Kolda a subi une baisse de près de 21%. Il est passé de 7,8 m³/s avant 1969 à 1,6 m³/s après 1969. Les apports sont très variables d'une année à l'autre. En 1964, l'écoulement a atteint 332 millions de m³, alors qu'en 1984, les apports n'étaient que de 7.9 millions de m³. Avec la baisse de la pluviométrie qui s'était installée après 1968, une forte réduction a été constatée sur le volume des apports du cours d'eau. Ce déficit continu d'avoir des impacts négatifs sur l'environnement physique et humain du bassin. La salinité et l'acidité restent un des problèmes majeurs des eaux du fleuve Casamance et de ses défluent. La salinité et l'acidité atteignent des valeurs extrêmes, entraînant d'importantes pertes sur le couvert végétal. Les forêts de mangroves se rétrécissent, faisant place à de grandes étendues de tannes qui sont des sols sulfatés acides.

Les années de sécheresse après 1968 ont entraîné la baisse de la nappe phréatique et le tarissement de beaucoup de puits villageois. Dans certaines localités voisines des zones côtières, l'avancée de la langue salée a accentué la salinisation des nappes et des eaux de surface.

A l'instar de la pluviométrie et des écoulements de surface, les nappes d'eaux souterraines, en l'occurrence, les nappes phréatiques, ont fait l'objet d'une analyse dans le temps et dans l'espace. L'impact du climat sur les ressources en eaux souterraines s'affirme à deux niveaux :

- à l'échelle saisonnière où les potentiels hydrostatiques sont affectés par des fluctuations sinusoïdales de grande ampleur,
- à l'échelle interannuelle où l'on note une baisse continue des niveaux piézométriques de base indiquant une nette tendance à l'épuisement des stocks au cours de la période de déficit pluviométrique.

Le mouvement interannuel d'épuisement des stocks d'eaux souterraines, perceptible à l'échelle du pays, est le fait de la prédominance du processus de décharge pendant les années de déficit pluviométrique. Dans l'exemple de la nappe phréatique du littoral Nord cette baisse est comprise entre 5 et 10 m. Elle est plus forte au Sud du pays où elle est comprise entre 15 et 20 m.

Vulnérabilité anthropique

- **La demande en eau et son évolution**

La région de Dakar se caractérise par une très forte demande en eau et un contexte géographique assez défavorable. La presqu'île du Cap-Vert où est située Dakar, la capitale, est entourée par les eaux marines. Elle abrite une population de plus de 2 millions d'habitants. Dans le cas d'un taux d'accroissement moyen de 2 %, cette population avoisinera les 3,6 millions d'habitants en 2030 (tableau 55). La satisfaction des besoins en eau pour cette population est un problème quasi permanent pour le Sénégal. Avec la concentration de l'essentiel des activités industrielles et horticoles dans la région de Dakar, les besoins en eau augmentent très rapidement et dépassent l'offre très souvent. Les déficits atteignaient des pointes de plus 100 000 m³ par jour en 1996. La recherche de solutions à ces problèmes absorbe toujours une grande partie des investissements publics. L'atteinte des objectifs du millénaire pour le développement à l'horizon 2015 requiert de nouveaux investissements pour l'eau et l'assainissement, estimés à 515 milliards F CFA dans le cadre du Programme National d'Eau Potable et d'Assainissement du Millénaire (PEPAM).

- **La demande en eau des zones urbaines : Cas de la région de Dakar**

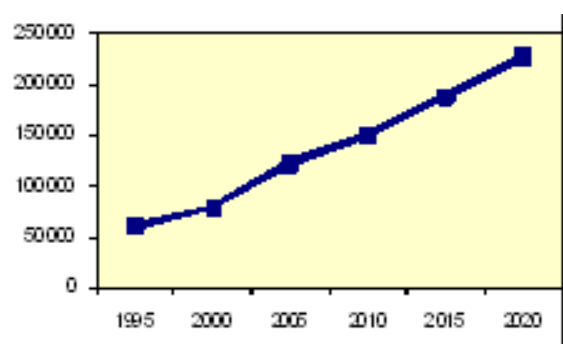
La ville de Dakar a été alimentée à partir des forages et puits captant les nappes superficielles et la nappe infra-basaltique situées à Dakar et dans ses environs immédiats, le long de la « Route des Puits » et de « la zone de captage ». Les prévisions d'augmentation de la demande sont basées sur les hypothèses d'augmentation de la population et sur le suivi des volumes effectivement facturés.

Tableau 55 : Prévisions d'augmentation de la population de Dakar

Année	2000	2010	2020	2030
Population (taux de croissance estimé à 2,0%)	2 132 000 habitants	2 696 000 habitants	3 220 000 habitants	3 674 000 habitants
Estimation consommation	134 918 m ³	175 240 m ³	209 300 m ³	238 810 m ³ .

- **La demande en eau dans les régions**

Les prévisions d'évolution de la demande en eau dans les régions ont été réalisées pour « le plan d'investissement de l'hydraulique urbaine 2001-2010 ». Elles sont basées sur la croissance démographique, le taux de desserte (100% en 2005 et 100% par branchements particuliers en 2020) et des dotations en eau. Aux horizons 2020, les prévisions de facturation seraient d'environ 228 044 m³ par jour (gr. 54).



Graphique 54 : Evolution de la demande en eau (axe des ordonnées : prévision de facturation en m³) dans les régions

Le Sénégal a consenti de ce fait de très grands efforts. Le taux de desserte des populations est passé de 7 litres par jour par habitant en 1981 à 28 litres par jour par habitant (en 2009). Le taux de couverture des besoins en eau en milieu rural est d'environ 64%.

Baisse du niveau piézométrique

Les prélèvements actuels sur les nappes côtières sont très élevés et concentrés dans un domaine très limité. Près de 65 millions de m³ par an (175 000 m³/ jour) sont pompés dans le secteur du horst de Ndiass et ses environs. Cette situation se traduit par la baisse progressive du niveau de la nappe.

E : simulation de l'évolution à long terme des niveaux phréatiques

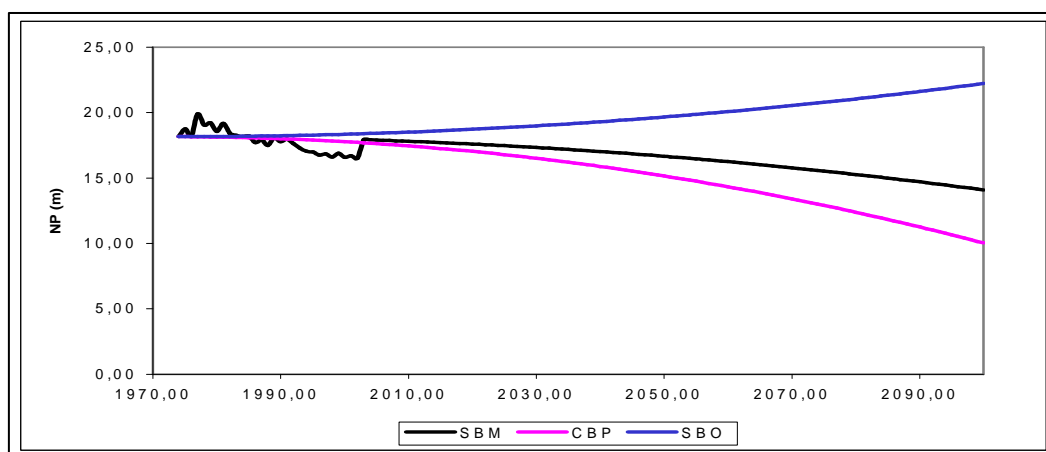
Trois scénarios ont été envisagés pour travailler sur le devenir d'une nappe phréatique en zone soudanienne, celle du Sine Saloum, à l'horizon 2100.

Le premier scénario est un scénario moyen simulant la persistance de la situation climatique actuelle (situation de base actuelle, SBA).

Le deuxième scénario envisage une aggravation de cette situation (scénario pessimiste, SCP). Il simule une sensibilité climatique haute (doublement du déficit pluviométrique actuel).

Le troisième est un scénario optimiste (SCO) simulant une sensibilité climatique basse (retour aux conditions pluviométriques d'avant les années 1970).

Ces projections indiquent, qu'à l'horizon 2100, où les changements climatiques sont présumés être perceptibles, une baisse considérable des niveaux phréatiques allant de 5m (pour une sensibilité moyenne du climat, scénario de base) à 10 m (pour une sensibilité haute, scénario pessimiste de doublement du déficit pluviométrique actuel). Dans l'éventualité d'un retour à une pluviométrie normale, l'espoir serait réel de voir une restauration rapide des niveaux phréatiques dans le contexte hydrogéologique du Sénégal (graphique 58).



Graphique 55 : Projection du niveau des nappes phréatiques (en mètres) à l'horizon 2100 ; SBM : Scénario de Base Moyen, (poursuite du déficit pluviométrique actuel), SBP Scénario de Base Pessimiste (doublement du déficit pluviométrique actuel) ; SBO : Scénario de Base Optimiste (retour aux conditions climatiques d'avant les années 1970).

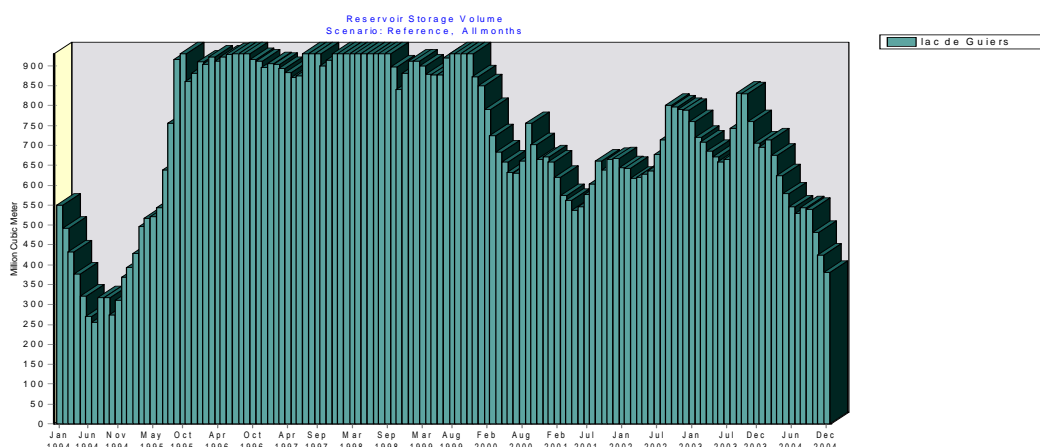
Le cas du lac de Guiers

L'étude du cas du lac de Guiers a été effectuée avec le logiciel WEAP (Water Evaluation And Planning System) développé par l'Institut d'Environnement de Stockholm et le Tellus Institute de Boston. Le lac de Guiers est le plus grand réservoir d'eau douce du Sénégal. Il est situé dans le haut delta du fleuve Sénégal. Le lac de Guiers est une pièce maîtresse dans le dispositif d'alimentation en eau de Dakar.

Les termes de son bilan hydrologique sont donnés dans le tableau 56 et le graphique 56. Les apports de la Taouey et l'évaporation sont respectivement les entrées d'eau et les sorties d'eau les plus importantes du lac.

Tableau 56 : Lac de Guiers, bilan hydrologique

	Apports (millions m ³) Situation actuelle	Sorties (millions m ³) situation actuelle	Sorties (millions m ³) Augmentation évaporation 10% et AEP Touba
Apports de la Taouey	621.7		
Rejets CSS	44.2		
Pluie directe et ruissellement bassin lac de Guiers	84.3		
Evaporation		520,2	572.22
AEP Dakar		25	25
AEP KMS		44	44
Ferlo		100	100
Irrigation villages		50	50
Ndiael		10	10
Touba			78,84
Total	750.2	749,2	880.1



Graphique 56 : Evolution du stockage dans le lac de Guiers

(source : rapport secteur ressource en eaux : 2009)

L'augmentation des prélèvements d'eau du lac est prévue à terme, notamment avec le dédoublement de la capacité de l'usine de Keur Momar Sarr et le renforcement de l'approvisionnement en eau de la ville de Touba. L'usine de Keur Momar Sarr qui produit actuellement près de 60 000 m³/jour, passera à 120 000 m³/jour.

Pour le renforcement de l'alimentation en de la ville de Touba, il est prévu un prélèvement de 2.5 m³/s.

Il faudrait signaler que l'utilisation du modèle WEAP convient bien pour l'étude du comportement des ressources en eau du Sénégal, cependant, il faudrait noter la difficulté de reproduire très fidèlement la réalité du bassin et prendre en compte dans le détail, tous les paramètres qui entrent en jeu dans les processus hydrologique. La densité des points de mesures sur le terrain devrait être renforcée pour permettre d'obtenir des données et des moyennes assez représentatives de la pluie et de l'évaporation pour réduire les erreurs.

F : stratégies d'adaptation des ressources en eau aux changements climatiques

Economie et de gestion rationnelle de l'eau

réduction des pertes dans les réseaux urbains et ruraux

La limitation des pertes et fuites est une obligation dans le cadre de la recherche de solutions d'adaptation aux changements climatiques. Des avancées significatives d'économie d'eau ont été faites dans le cadre du Projet Sectoriel Eau (PSE) et du Projet Eau Long Terme (PLT). En effet la lutte contre les pertes et les fuites a constitué un des volets essentiels des actions menées après la réforme du secteur de l'hydraulique de 1995. L'importance des pertes dans les réseaux ont dans le passé beaucoup contribué à limiter la performance des systèmes d'adduction. Les pertes sont fortement liées à l'âge moyen du réseau qui est en général élevé pour une bonne partie de la ville de Dakar, 71 ans pour le réseau hors PVC. L'objectif est de porter l'âge moyen à 35 ans pour permettre l'atteinte de rendements acceptables. Le rythme de renouvellement devrait être à cet effet de 100 km/an.

amélioration de l'efficacité des systèmes d'irrigation

L'agriculture irriguée est le secteur qui consomme le plus d'eau au Sénégal. Les prélèvements sur les ressources en eau ont été estimés en 2000 à 1 591 millions de m³, dont :

- 1 435 millions m³ pour l'agriculture (93 %) ;
- 98 millions m³ pour l'approvisionnement des collectivités (4 %) ;
- 58 millions m³ pour l'industrie (3%)

L'irrigation est pratiquée au Sénégal dans un contexte socio-économique difficile, marquée par la faiblesse des ressources financières, le coût élevé des aménagements et le manque de professionnalisme. Cette situation est accentuée par le désengagement de l'Etat qui a transféré la gestion des périmètres irrigués aux producteurs. L'irrigation par submersion (riz) et à la raie sont les techniques les plus pratiquées dans les régions de St Louis, Matam, Ziguinchor, Kolda et Tambacounda où sont localisés les plus grandes étendues de superficies irriguées au Sénégal. L'efficacité des systèmes d'irrigations pratiqués est très faible, parfois même inférieure à 50%. Avec la proximité des nappes phréatiques, l'excès infiltration entraîne la remontée du niveau de la nappe, ce qui dans bien des cas, s'accompagne de remontées capillaires et de la salinisation des sols. L'amélioration de l'efficacité des systèmes d'irrigation doit être un objectif majeur dans le cadre de la recherche de solutions d'adaptation aux changements climatiques pour mieux lutter contre les gaspillages d'eau. La performance des systèmes d'irrigation devra être améliorée à cet effet, notamment par le choix de systèmes adéquats, la normalisation des périmètres irrigués, l'appui technique et financier des producteurs pendant la conception des projets d'irrigation.

gestion de la demande en eau

Le diagnostic technique a montré que l'amélioration de l'indice de pertes du réseau de distribution relève surtout du renouvellement des réseaux et des branchements les plus anciens plutôt que des réparations. La consolidation des infrastructures techniques, pour faire face à l'augmentation de la demande, améliorer la qualité de service et étendre la desserte. Les activités prévues dans ce cadre portent sur :

- Le diagnostic de la situation actuelle, évaluation de l'installation et la gestion du matériel à économie installé lors de la phase initiale du programme à Dakar ;
- L'état de gestion des consommations dans les bâtiments publics ;
- Les mesures pour l'installation de matériel à économie d'eau dans les bâtiments ciblés ;
- Le renforcement de l'efficacité de gestion de la demande
- Le suivi et évaluation

lutte contre les gaspillages par le maintien d'une grille tarifaire dissuasive

La tarification dissuasive est un outil efficace de lutte contre les gaspillages. Elle permet de maintenir dans la tranche sociale, la consommation de la plus grande partie des usagers. Pour les abonnés domestiques, la tranche sociale est actuellement de 20 m³ par bimestre. Le prix du mètre cube dans cette tranche sociale est de 186.32 francs CFA par m³ en TTC. Pour la tranche pleine, de 21 m³ à 40 m³, le prix de l'eau est de 613.73 de francs CFA par m³ en TTC. Au-delà de la tranche pleine, le prix du m³ d'eau est dans la tranche dissuasive, 768.87 francs CFA par m³.

Accroissement des ressources en eau

Aménagement des grands cours d'eau

Le passage des grandes crues sur les grands cours d'eau du Sénégal se caractérise par une montée du plan d'eau avec comme impacts, l'inondation de certaines localités riveraines et le déversement d'importantes quantités d'eau vers la mer, pendant que de nombreuses localités et cuvettes situées non loin des cours d'eau souffrent de sécheresse chronique, du fait des mauvaises conditions d'alimentation en eau. La maîtrise des eaux de crue du fleuve Sénégal, notamment par l'amélioration des conditions d'écoulement dans les défluent et le contrôle de l'alimentation des plaines d'inondation par des ouvrages de dérivation latérale permettra de réaliser les objectifs de valorisation des eaux de crue pour la production agricole, la pêche continentale, l'alimentation, l'abreuvement du cheptel, la restauration de l'environnement et d'atténuer les impacts négatifs des inondations. La maîtrise de ces dérivations naturelles par des ouvrages permettrait de contrôler le remplissage des cuvettes, d'augmenter le temps de séjour de l'eau et de disposer d'importantes quantités d'eau à valoriser.

Réutilisation des eaux usagées

Près de 22 935 000 m³ d'eau usées sont collectées annuellement (2002) dans les villes assainies du Sénégal. Au niveau de la région Dakar, un volume journalier de 15 000 m³ est traité sur les 59 000 m³ collectés. Ce volume pourrait aider à lutter contre les déficits d'approvisionnement en eau de Dakar et ses environs pour certains secteurs d'activités, en particulier la zone des Niayes où la demande en eau d'irrigation est très élevée. Toutefois, l'utilisation des eaux traitées devra nécessairement être associée d'un suivi par les services de l'hygiène publique.

Dessalement des eaux marines ou saumâtres

Avec la proximité de l'océan, le Sénégal dispose de quantités d'eau salées ou saumâtres intarissables qui pourraient être mises à contribution par des procédés de dessalement pour accroître les ressources en eau douce, même si le coût est encore relativement élevé. La pratique du dessalement des eaux marines ou des eaux saumâtres n'est pas encore pratiquée au Sénégal à grande échelle.

Il existe seulement quelques petites unités de dessalement dans les îles du Saloum, réalisées dans le cadre de la coopération avec le Japon en 1997-98. Mais ces systèmes connaissent souvent des difficultés de fonctionnement, liées au défaut d'entretien.

stockage des eaux de ruissellement

Le stockage des eaux de ruissellement est une des stratégies du Sénégal dans le cadre de la recherche de solutions d'adaptation aux impacts du changement climatique. Les eaux de pluie stockées naturellement dans les dépressions et les mares ont été utilisées traditionnellement pour l'abreuvement du cheptel et les usages domestiques pendant la saison des pluies et même jusqu'à 2 à 3 mois après l'hivernage.

Le stockage ou la valorisation des eaux de pluie au niveau des petits barrages, diguettes, mares artificielles (bassins de rétention est pratiquée depuis la période coloniale, avec la construction en 1936 barrage de Sébi-Ponty qui qlimentait l'ex école William Ponty de Diam Niadio. Le barrage de Panthior a été construit en 1964 pour aider à lutter contre l'avancée du biseau salé dans la zone de Sébikotane. Les eaux stockées dans le barrage s'infiltrent facilement et rechargent la nappe grâce à la nature karstiques du panneau calcaire de Sébikotane.

Il ressort de l'étude que l'impact des modifications climatiques sur les ressources en eau est bien une réalité vécue dans le Sénégal. Avec l'augmentation de la température, l'évaporation qui est un élément déterminant du cycle hydrologique augmente aussi. Le résultat est la modification générale des différents termes du bilan hydrologique.

Globalement, il est apparu que le niveau des nappes ainsi que les écoulements dans les cours d'eau ont considérablement baissé. Les études de modélisation des écoulements ont montré que la baisse pourrait dépasser 30% avec l'augmentation de l'ETP. Dans le horst de Ndiass, le niveau piézométrique des nappes est actuellement à plus de 30 m sous le niveau de la mer par endroit, ce qui favorise l'avancée du biseau salé et l'augmentation de la salinité de la nappe. Certains forages de la SONES sont même arrêtés pour cette raison. Les ressources en eau du Sénégal sont aussi soumises à d'autres types de vulnérabilités : les impacts des activités humaines. L'accroissement rapide la demande liée à la démographie galopante, l'aménagement du territoire qui est mal appliqué et l'urbanisation spontanée, la pollution des eaux due à l'absence d'assainissement urbain et aux rejets des eaux usées agricoles ou industrielles expliquent en grande partie cette vulnérabilité anthropique des ressources en eau.

Des mesures d'adaptation à ces changements devraient être prises ou renforcées pour une utilisation durable des ressources en eau. Des mesures de conservation, notamment la lutte contre les pertes et les gaspillages, l'accroissement des ressources en eau et la gestion de la demande sont des actions urgentes à mener, pour sécuriser nos ressources en eau.

1.2.2. Vulnérabilité de l'agriculture

L'agriculture sénégalaise occupe 12% du territoire national et constitue la base de l'économie du pays. Le secteur agricole emploie près de 70% de la population active. Elle contribue pour 10% à la formation du produit intérieur brut et absorbe en moyenne le dixième des investissements publics (RS/MEF, 2006).

L'agriculture au Sénégal est très dépendante des aléas du climat et de l'aptitude de sols. La formation des différents types de sol a été fortement influencée par le modèle, l'évolution climatique du pays et son histoire géomorphologique. Les facteurs climatiques jouent un rôle prépondérant dans la

répartition des paysages végétaux et des types de sols. Sur le plan agro-écologique, le Sénégal est découpé en huit (8) zones (Fig. 6) qui montrent une grande diversité des agro-systèmes.

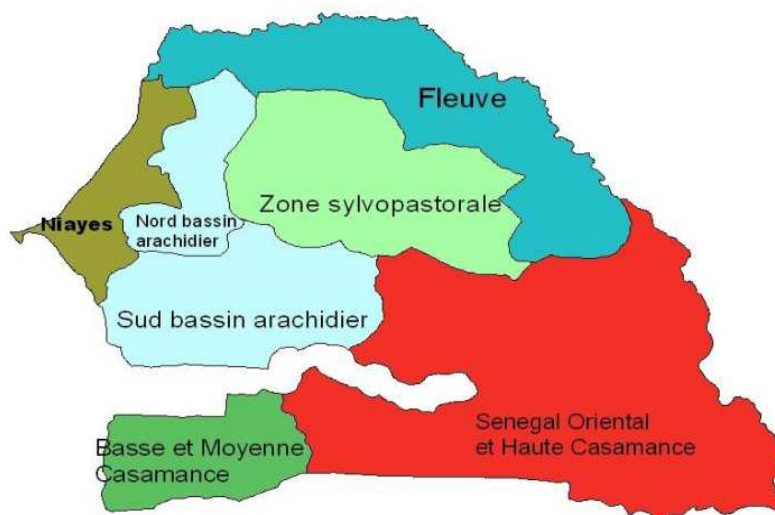


Figure 6 : Les différentes zones agro-écologiques du Sénégal (ISRA 1998)

1.2.2.1. Les principales spéculations et productions

L'agriculture est peu diversifiée avec comme cultures principales le mil, le sorgho, le maïs, le riz, le coton et l'arachide.

Le mil et l'arachide sont souvent cultivés en rotation dans la zone du bassin arachidier couvrant les régions de Kaolack, Fatick, Diourbel, Thiès et Louga. Les régions de Kaolack, Fatick et Thiès détiennent respectivement 27,7%, 16,7% et 12,7% des superficies cultivées pour le mil.

Pour l'arachide, les régions de Kaolack, Kolda et Louga détiennent respectivement 30,6%, 12% et 18,7% des superficies cultivées sur un total de 738901 ha emblavées. On note de plus en plus la formation d'un nouveau bassin arachidier vers le Sud du pays, particulièrement dans la région de Kolda suite au déficit hydrique persistant et au déplacement des isohyètes vers le Sud.

Le maïs est cultivé dans les régions Sud et Est. Sur un total de 125 990 ha emblavés, la région de Kolda couvre 35,4% des superficies, celle de Kaolack 26,8% et Tambacounda, 24,4 %.

Le sorgho est principalement cultivé dans les régions de Kaolack, Kolda et Tambacounda. Les superficies emblavées sont respectivement de 23,9 %, 20,1% et de 24,5%.

Le riz, sous forme irriguée, submergée ou pluviale, est principalement cultivé dans la vallée du Fleuve Sénégal et dans la région de Ziguinchor. L'essentiel de la production provient de la région du fleuve avec un total 63,6% de la production nationale. Cependant le riz pluvial qui se retrouve dans les régions de Ziguinchor et Kolda (principalement dans les bas fonds et autres rizières) donne de faibles rendements avec les problèmes de salinisation des rizières.

Pour le coton, il est principalement cultivé dans les régions de Kolda et de Tambacounda. Les cultures maraîchères représentent une production d'environ 150 000 tonnes et sont essentiellement localisées dans la zone des Niayes et dans la vallée du fleuve Sénégal. La zone des Niayes constitue un espace privilégié pour le maraîchage qui s'y développe dans des cuvettes inter dunaires.

L'arboriculture fruitière se développe dans la zone des Niayes et dans le Sud du pays qui fournit l'essentiel des agrumes (oranges, citrons) et des bananes.

Les spéculations cultivées se répartissent selon plusieurs zones éco-géographiques en fonction des aptitudes locales et des habitudes de consommation (Fig.7). On note de plus en plus une diversification des cultures (manioc, tomate, pastèque, gombo et bissap), surtout dans les zones les plus affectées par la variabilité climatique (comme la région de Thiès)

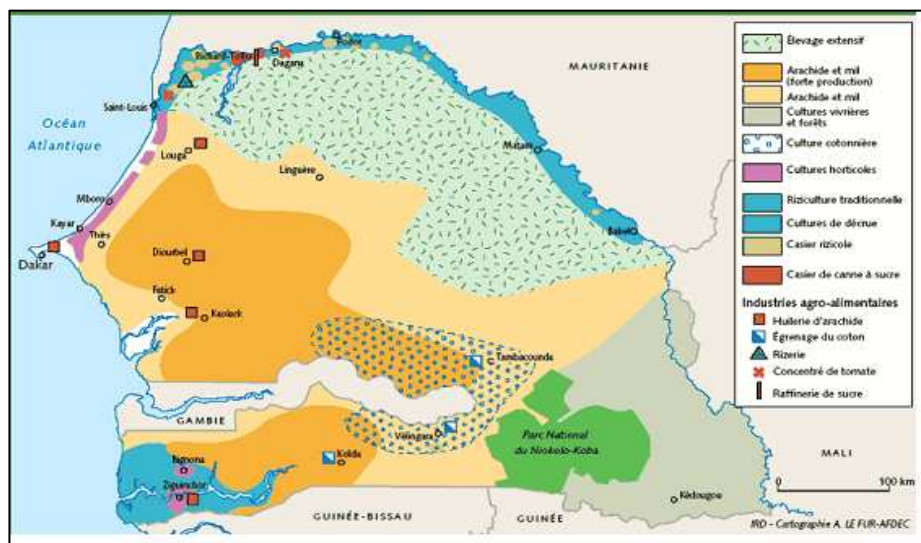


Figure 7 : Carte de l'espace agricole du Sénégal (IRD, 1988)

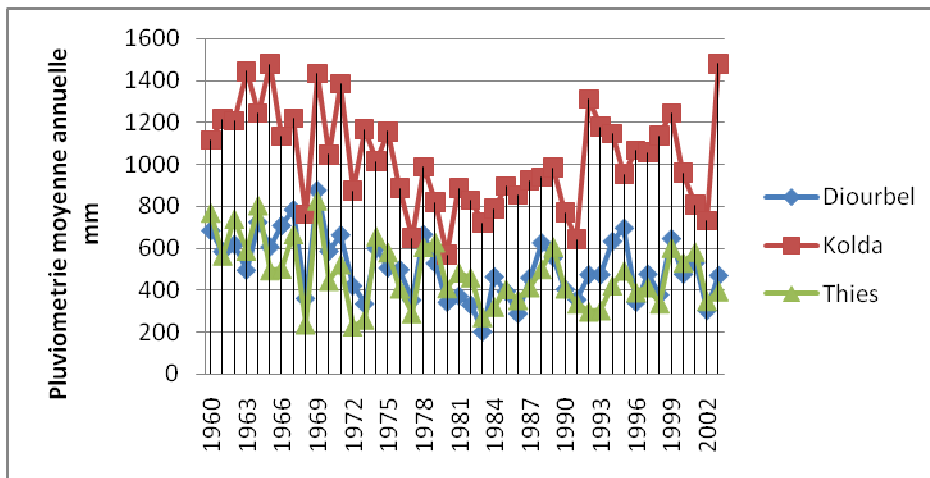
1.2.2.2. Évolution des spéculations et productions agricoles

L'essentiel de la production agricole est à l'actif des cultures pluviales (96% des superficies emblavées), les superficies irriguées ne représentant que 4%. Le rapport CILSS/CSAO (2008) montre une régression de la croissance de la production agricole à partir de la fin des années 1960.

L'agriculture pluviale, de nature particulièrement extensive, repose essentiellement sur l'activité des petites exploitations familiales qui constituent la majorité des ménages ruraux du pays. La superficie moyenne par exploitation est de 4,30 ha. La région de Dakar connaît la plus petite de taille d'exploitation avec 0,48 ha tandis que celle de la région de Kaolack (la plus élevée) est de 8,01 ha (PANA, 2006).

La péjoration du climat et plus particulièrement le déficit pluviométrique constitue, depuis le début des années soixante dix, la contrainte principale qui pèse sur le développement et la croissance du secteur agricole sénégalais. Une baisse de la production agricole a été notée ces 20 dernières années. Elle est liée : i) à la baisse de la pluviométrie (d'environ 35 à 45% au Nord et de 20 à 25% au Sud avec un raccourcissement de la durée de la saison des pluies); ii) et à la baisse de fertilité des sols liée à la pression foncière et aux mauvaises pratiques agricoles.

L'insécurité climatique qui pèse sur le Nord et le centre Nord du pays n'est pas seulement le fait de la faiblesse des précipitations et de la brièveté de la saison pluvieuse, elle est surtout le résultat de l'irrégularité inter et intra annuelle des précipitations (gr.57).

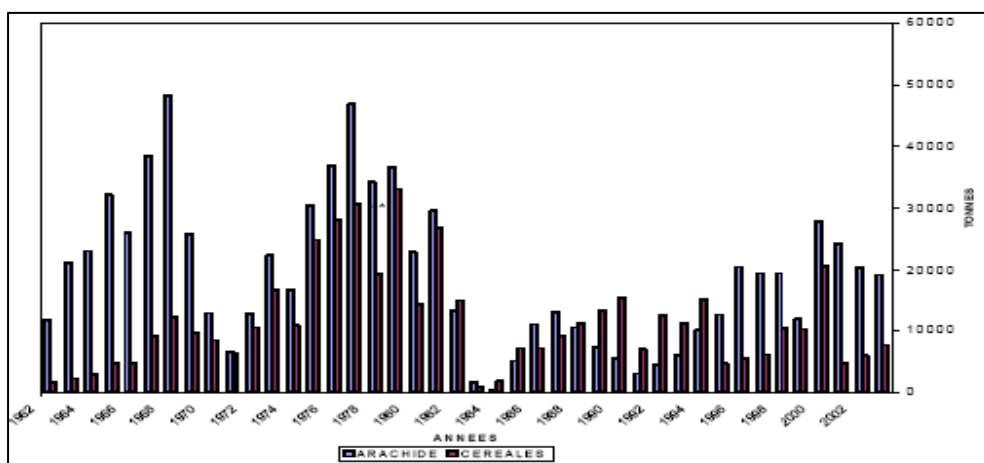


Graphique 57. Variabilité interannuelle de la pluviométrie au Nord du bassin arachidier et au Sud (Kolda). (CILSS/CSAO, 2008).

En plus de ces contraintes directement liées aux productions, des contraintes indirectes, d'ordre socio-économique, telles que l'accès aux intrants, aux facteurs de production et la faiblesse des revenus monétaires ruraux, pèsent lourdement sur les productions agricoles (BM, 2007). Le graphique 15 montre une réduction significative des quantités d'engrais utilisées par les producteurs à partir de 1984 (Dieng, 2006). Cette baisse s'est renforcée en 1989 avec la suppression de la subvention des engrais. Un regain d'intérêt dans l'usage des engrais minéraux grâce aux mesures préconisées par l'Etat a été noté en 2001/2002. Cependant malgré ces efforts, la quantité moyenne d'engrais apportée à l'hectare (environs de 16 kg/ha) reste faible. Cet apport d'engrais concerne surtout les cultures de rente telles que l'arachide, le coton et le riz. Les cultures vivrières reçoivent rarement de l'engrais sauf le maïs qui fait l'objet d'un programme spécial du Gouvernement.

Une étude sur les catégories de semences utilisées par les producteurs montre un taux faible d'utilisation de semences certifiées qui se situe autour de 30% pour l'arachide, et généralement en deçà de 3% pour les autres céréales sauf pour le riz, où l'utilisation de semences certifiées serait plus importante (RNA, 1998). Le faible taux d'utilisation de semences certifiées et la baisse drastique de leur qualité sont liés à la déstructuration profonde de la filière «semence» suite au désengagement de l'Etat.

En outre, la faible performance de l'agriculture irriguée résulte de différents problèmes liés à la gestion des aménagements, aux difficultés de commercialisation du riz, à l'accès aux intrants et à la salinisation des terres. Sur un potentiel de terres irrigables de 350000 ha dans la vallée du fleuve Sénégal seuls 105000 ha ont été aménagés et 40000 ha sont réellement exploités.



Graphique 58 : Evolution de la consommation d’engrais pour la culture de l’arachide et des céréales de 1962 à 2002 (source Dieng 2006 cité dans CILSS/CSAO, 2008).

1.2.2.3. Analyse de la vulnérabilité de l’agriculture

La vulnérabilité actuelle est surtout liée à la forte dépendance de l’agriculture sénégalaise vis-à-vis d’une pluviométrie qui se raréfie au cours du temps et dont la variabilité interannuelle est difficilement prévisible. L’étude de cas réalisée dans la zone nord du bassin arachidier (la zone la plus affectée par les variabilités pluviométriques) illustre ce fait (gr. 59 à 62). Les pauses pluviométriques prolongées en cours de cycles peuvent compromettre les récoltes et influencer sur les rendements des cultures.

Les conséquences des changements climatiques sur l’agriculture sont :

- Une plus forte demande évaporatoire au niveau des plantes
- Un ralentissement de la croissance se répercutant sur les rendements
- Des effets négatifs de la submersion des zones de riziculture traditionnelle par les eaux saumâtres.

La résultante est une baisse des rendements et de la production de manière générale.

Le pastoralisme est aussi affecté par les changements climatiques. Les ressources fourragères connaîtront une dégradation quantitative et qualitative due au déficit de l’approvisionnement et de la consommation en eau qui limiteront la productivité primaire des pâturages. Les espèces les moins appréciées par le bétail qui sont généralement les espèces les plus résistantes prendront le dessus sur les espèces les plus utiles. Les effets se feront sentir sur la production de viande, de lait et la survie du troupeau. Les perturbations climatiques ont entraîné une moins grande fiabilité des indicateurs traditionnels qui guidaient les éleveurs dans leurs mouvements dans l’espace et le temps.

La riziculture traditionnelle, déjà fortement pénalisée par la salinité des sols et de l’eau qui a considérablement réduit les surfaces cultivées dans les régions de Fatick, Kaolack, Ziguinchor et Kolda, en pâтира. Le maraîchage dans les cuvettes des Niayes est également exposé au risque d’intrusion d’eau salée.

Disponibilité de l’eau : la diminution des pluies notée depuis les années 1968 induisant des déficits pluviométriques variant de 20 à 40 % ainsi que l’augmentation des températures et la diminution de la quantité des pluies ont eu comme conséquence une augmentation de la demande en eau des végétaux. En 2000, 1 435 millions de m³ (soient 93 % des prélèvements) ont été consommés dans le secteur agricole.

La prédominance de l’irrigation par submersion et de l’irrigation à la raie combinée à la faible efficacité de l’irrigation contribue fortement au gaspillage de la ressource.

Les inondations liées aux perturbations climatiques auront pour conséquences :

- des dégâts sur les cultures qui ne supportent pas l’inondation ;
- une plus forte incidence des maladies des plantes en général ;
- une détérioration de l’état sanitaire du bétail.

Sols : les sols du Sénégal, de par leur texture sableuse dominante, se caractérisent par une faible fertilité naturelle et une grande susceptibilité aux différents types d'érosion, favorisés par une faible couverture végétale combinée à une forte intensité des pluies. L'accélération de leur dégradation est une menace dans un contexte de modifications des températures et des précipitations. On peut s'attendre à :

- Une plus grande minéralisation de la matière organique, suite à une élévation de la température. La dégradation des sols affecte la capacité des sols à retenir l'eau et les éléments nutritifs nécessaires aux plantes.
- Une plus grande intrusion d'eau de mer suite à l'élévation du niveau de la mer dans les zones estuariennes contribuera à la dégradation des propriétés physico chimiques des sols.

Forêts : On note une plus grande occurrence des feux de brousse. La vulnérabilité des ressources forestières est surtout liée à l'extrême sensibilité de nos formations végétales aux feux. Les feux concernent chaque année 150 à 200 000 hectares, du fait de la longue saison sèche rendant l'herbe très combustible. On note un net recul des formations forestières avec une perte de 45 000 ha par an.

La vulnérabilité se situe aussi dans la faible capacité de régénération de nos essences forestières sous l'effet conjugué de la péjoration des conditions climatiques et de la pression anthropique. Ceci a pour conséquence une intense érosion de la diversité biologique. Gonzalez (1997, 2001) a noté une réduction de la richesse spécifique des plantes de 30 % au Sénégal

Dans une étude globale de la végétation, Tappan *et al.* (2000) (cités par Tieszen *et al.*, 2004) ont comparé les conditions de la végétation ligneuse sur 300 sites entre 1982-1984 et 1994-1997. Ils ont enregistré des taux de mortalité modérés à élevés parmi les espèces les moins lignifiées et des taux de mortalité extrêmement élevés parmi les espèces les plus lignifiées, dans le Ferlo ferrugineux cuirassé au Nord-Est du Sénégal.

Les conséquences sociales sont aussi importantes avec notamment la baisse des revenus des agriculteurs surtout ceux tirés de l'arachide qui ont chuté de 73% à 48% durant ces quinze dernières années (IPAR, 2007). L'insertion des jeunes ruraux est de plus en plus difficile, environ 100 000 jeunes arrivent sur le marché du travail chaque année.

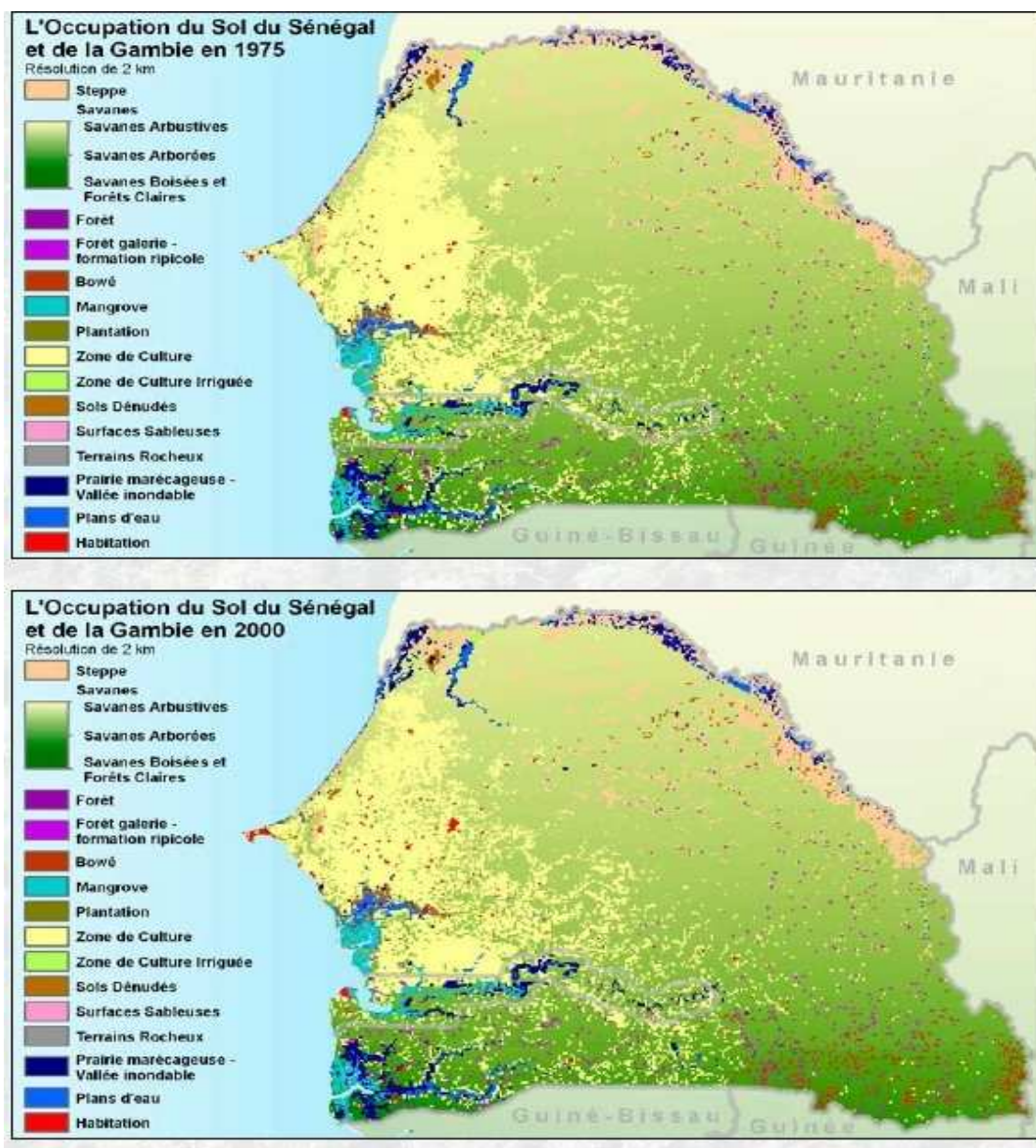


Figure 8 : Cartes d'utilisation et d'occupation des terres (LULC) en 1975 et en 2000. (EROS data Center, CSE, 2008. Communication personnelle)

La même étude montre qu'il y a eu une perte de 60,6 % des forêts denses sénégalaises (de 264 km² à 104 km²) entre 1975 et 2000. Ces forêts comprennent les forêts claires qui bordent le fleuve Sénégal et les forêts semi-sempervirentes de la Basse Casamance. Il est également noté l'augmentation des steppes au détriment des savanes (4,9 % d'augmentation, principalement dans les écorégions pastorales) et des sols dénudés (20,1 %, essentiellement dans l'écorégion Pastorale Ferrugineuse).

Etudes de cas : Zone nord du bassin arachidier fortement affectée par la pluviométrie/ zone sud moins affectée par les aléas climatiques.

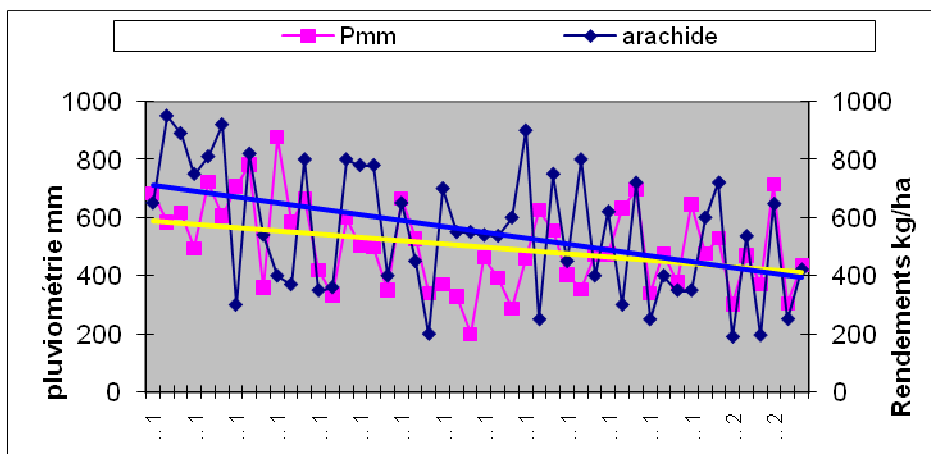
L'évolution des spéculations agricoles peut être vue plus clairement en combinant les précipitations annuelles avec les rendements. Une comparaison similaire a été effectuée par Diop et al, (2005), sur la période de 1960 à 2002. Deux zones agro écologiques différentes ont été choisies en l'occurrence Kolda et Diourbel. La même étude faite sur une période plus longue intégrant les données de 2003 à 2007 donne les mêmes tendances sur les deux zones agro-écologiques.

À Kolda, zone agro-écologique située dans le sud, la moyenne pluviométrique annuelle est de 1003 mm sur la période 1960-2008. Les graphiques 61 et 62 montrent une tendance à la diminution de la pluviométrie, mais malgré cette baisse des précipitations, on note une légère tendance à la hausse des rendements de mil et d'arachide. Cette situation est totalement différente de celle observée à Diourbel.

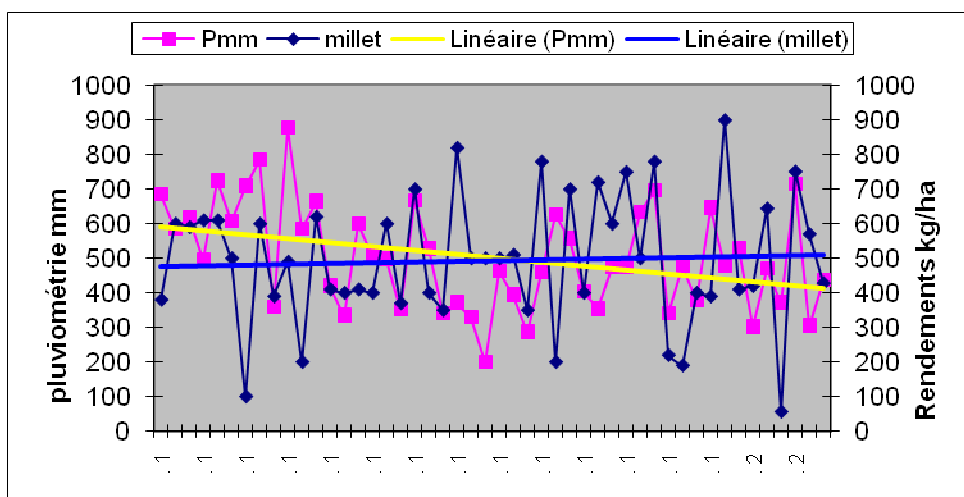
A Diourbel, où les caractéristiques climatiques sont différentes de Kolda, on note une tendance inverse. La moyenne pluviométrique est faible 501 mm de 1960 à 2008. Les précipitations sont réparties très irrégulièrement dans le temps et dans l'espace. La région est comprise entre les isohyètes 400 et 500 mm de pluie. Les températures sont toujours élevées et variables avec une moyenne basse de 24°C en janvier et une moyenne haute de 38°C en mai- juin. L'évolution de la production d'arachide au niveau de Diourbel suit la même tendance que la pluviométrie. (gr. 59). Par contre, les rendements du mil sont restés constants au cours de la période 1960-2002, malgré la diminution de la pluviométrie (gr.60). Ceci s'explique par le fait que le mil est moins exigeant en eau et donc plus résistant à la sécheresse par rapport à l'arachide. Par ailleurs beaucoup d'efforts sont faits sur cette culture pour obtenir un bon rendement, quel que soit le climat (source Diop 2005).

La région de Diourbel enregistre une baisse de 16,8% sur sa production de mil au sortir de la campagne 2007/2008. Quelques 41 735 tonnes ont été enregistrées pour des emblavures estimées à 97 517 hectares alors qu'en 2006-2007, la récolte se chiffrait à 58 672 tonnes. Le niébé, autre culture très prisée dans le Baol, n'a rendu que 6 197 tonnes pour une superficie emblavée de 33 643 ha. Le déficit céréalier s'accroît tous les ans du fait de la mauvaise pluviométrie. Concernant l'arachide, la récolte est presque insignifiante. La situation dans ces régions est fort préoccupante à cause des aléas climatiques (retard de la pluviométrie et arrêt précoce des pluies) auxquels s'ajoutent la mise en place tardive des intrants (semences et engrais) et la pauvreté des sols.

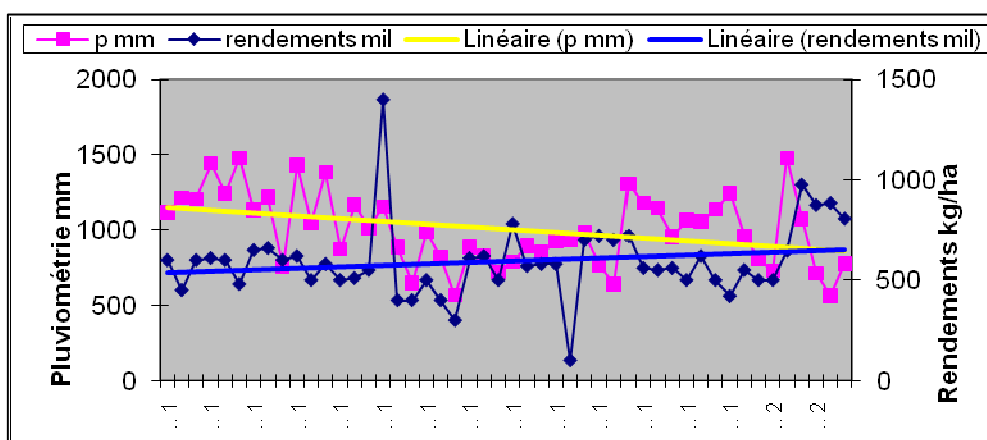
Ces deux exemples illustrent la forte dépendance de l'agriculture Sénégalaise au climat et le lien entre la sécurité alimentaire et les aléas du climat.



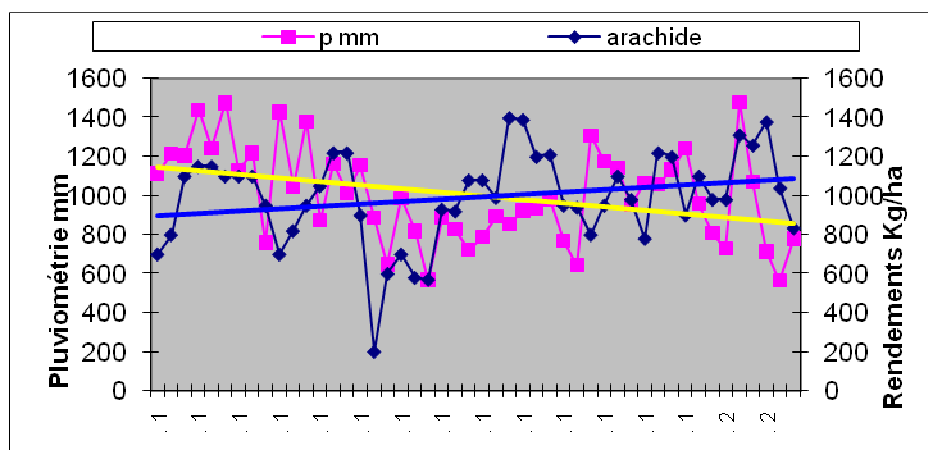
Graphique 59 : Evolution de la pluviométrie et des rendements d'arachide de 1960 à 2007 dans la région de Diourbel



Graphique 60: Evolution de la pluviométrie et des rendements de mil 1960 à 2007 dans la région de Diourbel



Graphique 61: Evolution de la pluviométrie et des rendements de mil 1960 à 2007 dans la région de Kolda



Graphique 62 : Evolution de la pluviométrie et des rendements d'arachide 1960 à 2007 dans la région de Kolda

1.2.2.4. Perception des changements climatiques par les paysans

L'étude menée par Diop *et al.* (2005) sur la presque totalité du pays a démontré que les paysans ont une assez bonne perception de l'état actuel du climat. Sur un échantillon de 1080 ménages, 69% ont perçu une augmentation de la température et 2% une diminution de celle-ci. Le reste est sans opinion. Par rapport à la pluie, 84 % ont noté un changement dans le début de la saison des pluies et 84% ont noté un changement dans la fréquence des périodes sèches durant la saison des pluies. Les paysans confirment ainsi que la situation des pluies s'est détériorée sous forme de déficit, d'irrégularité et de mauvaise distribution dans l'espace et le temps. Le retard dans le début de la saison des pluies contribue à la détérioration de la qualité de la saison des pluies, car un retard est souvent corrélé avec une courte saison des pluies.

1.2.2.5 : Stratégies d'adaptation

Depuis plusieurs décennies, les paysans sénégalais ont adopté des stratégies d'adaptation face à l'irrégularité et à l'insuffisance des pluies. Ces stratégies tournent autour de l'utilisation de variétés à cycle plus court, la diversification des activités telles que l'embouche bovine et ovine, l'élevage de volaille, la collecte et vente de paille, le transport hippomobile et l'émigration. En ce qui concerne les pluies, la réduction de la période des semis est la stratégie la plus utilisée (50%).

stratégies de gestion de l'eau

La disponibilité de l'eau constitue le facteur déterminant de l'agriculture. Au Sénégal seul 4% des activités agricoles se déroulent en irrigué. L'irrigation va devenir un outil essentiel pour le secteur agricole Sénégalais, où les températures seront de plus en plus élevées et l'évaporation importante. Les stratégies d'adaptation pour le secteur de l'eau s'articuleront autour des axes suivants :

- **Amélioration des systèmes d'irrigation**

Les techniques d'irrigation minimisant les pertes sur le réseau et à la parcelle permettront de faire des économies substantielles d'eau de même que l'amélioration de la gestion de l'eau dans les rizières où la mise sous eau permanente du riz peut être évitée sans perte significative de rendement.

Réutilisation des eaux usées : recours à l'irrigation de complément

Les techniques de collecte d'eau telles que retenues collinaires, bassins de rétention, doivent être démultipliées au niveau des collectivités villageoises. Ces bassins permettront de recourir à l'irrigation de compléments en cas de déficit hydrique liée à des pauses pluviométriques.

- **Valorisation des déchets en agriculture**

Les déchets représentent une source de matière organique susceptibles d'augmenter la fertilité des sols avec comme corollaire la possibilité de maintenir une production agricole soutenue et durable via la stimulation de l'activité biologique dans ces sols ainsi que l'augmentation de la disponibilité en éléments fertilisants. Cette action participera à l'amélioration de l'environnement sanitaire mais aussi à la protection des milieux et des écosystèmes. Donc il est nécessaire de poursuivre l'effort en direction d'un meilleur taux de valorisation des déchets. Cependant la réutilisation des déchets urbains nécessite un suivi de la valeur agronomique mais aussi des risques potentiels (teneurs en métaux et pathogènes) de ces derniers.

- **La Promotion de l'agriculture biologique**

- L'intégration de l'agriculture à l'élevage permet d'améliorer le système de production avec la possibilité de recyclage des déchets organiques issus des animaux qui renforcera l'arsenal de fertilisation des cultures. Ce système favorise aussi le travail des communautés microbiennes indispensable à la minéralisation des éléments nutritifs du sol et au maintien de la biodiversité hypogée.
- Les systèmes agroforestières représentent le double avantage d'améliorer les propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols, tout en contribuant à la réduction des émissions de gaz à effet de serre. Ses systèmes mettront particulièrement l'accent sur l'utilisation des légumineuses comme le Kadd, les Pois d'Angole, ...
- L'alternance de cultures différentes et de préférence céréale et légumineuse sur une même parcelle fait partie de la panoplie des techniques d'agriculture durable. Elle permet de réduire les quantités d'engrais azotés minéraux et par voie de conséquence les émissions de N₂O.

- **Recherche développement** : amélioration du matériel végétal et diversification des cultures
Il faudra d'une part renforcer la recherche par la mise au point de variétés résistantes aux températures élevées, à la sécheresse et à la salinité. D'autre part, un ajustement des séquences de production sera nécessaire: semer lors de conditions météorologiques favorables afin de profiter au maximum des pluies ou des périodes d'ensoleillement. A cet effet, une meilleure connaissance de données météorologique s'impose.

- **L'assurance agricole**

La capacité d'adaptation de l'agriculture peut être augmentée en intégrant la prise en compte des impacts des changements climatiques dans la planification du développement en introduisant par exemple des mesures visant à réduire la vulnérabilité dans les stratégies.

L'assurance agricole est l'une des meilleures solutions pour réduire la vulnérabilité des petits producteurs et assurer la sécurité alimentaire en zone rurale.

Cette vulnérabilité des côtes sénégalaises aux changements climatiques a fait l'objet de quatre études. Les deux premières sont des études globales qui ont essayé d'estimer la vulnérabilité de l'ensemble des zones côtières mondiales à une élévation du niveau marin de 1 m et qui se sont appuyées en grande partie sur des données mondiales. Pour le Sénégal, il a ainsi été estimé qu'il faudrait protéger 1350 km de côtes avec un coût total de protection de 1596 millions de dollars US. Sur cette base, le Sénégal a été classé au 45^{ème} rang des pays vulnérables à une accélération de l'élévation du niveau marin, sur les 181 pays examinés (Misdorp *et al*, 1990). Dans la deuxième étude où un niveau maximum d'inondation de 6 m a été considéré, on a estimé la superficie de la zone à risque à 7450 km² dans laquelle se trouverait environ 3,7 millions d'habitants à l'horizon 2020 (Hoozemans *et al*, 1993). Ces résultats classaient le Sénégal comme le 8^{ème} pays le plus vulnérable à l'échelle mondiale. Les coûts de protection ont été réévalués à 3623 millions de \$ US, soit un coût annuel de 1,72% du Produit National Brut. Enfin, cette étude a estimé la superficie des écosystèmes côtiers à risque : 20 600 ha de marais salés, 104 100 ha de zones intertidales et 364 300 ha de mangroves.

La troisième étude (Dennis *et al*, 1995) a utilisé 4 scénarios d'élévation du niveau marin (0,2 ; 0,5 ; 1 et 2 m d'ici 2100) et déterminé la superficie des terres susceptibles d'être perdues, les populations et la valeur économique à risque et enfin les coûts de protection.

Sur l'ensemble des côtes sénégalaises et pour une élévation du niveau marin de 1 m d'ici à 2100, Dennis *et al*. (1995) prévoient qu'entre 55 et 86 Km² de plages disparaîtraient suite à une recrudescence des phénomènes d'érosion côtière. En même temps, environ 6 000 Km² de zones basses, essentiellement les zones estuariennes, seraient inondées. Ceci impliquerait notamment une disparition de la totalité des mangroves actuelles. La valeur économique des pertes encourues est estimée entre 500 et 700 millions de US \$ (valeur 1990), représentant entre 12 et 17% du PNB. Sur le plan humain, la population à risque, serait d'environ 150 000 habitants (soit 1,4 à 2,3% de la population totale). Les coûts de protection des zones jugées importantes (représentant environ 73 Kilomètre de côtes), seraient de l'ordre de 255 à 845 millions de dollars.

Dans son dernier rapport, le groupe II¹⁴ du GIEC a fait le point sur les impacts des changements climatiques sur les zones côtières et marines (McLean *et al.*, 2001). En rapport avec la situation prévalant au Sénégal et des autres conséquences des changements climatiques tels que la modification des upwellings, les impacts suivants prévus :

- sur le **tourisme** suite à la destruction de certaines infrastructures, la disparition des plages ;
- sur l'**agriculture** du fait de la salinisation des sols et des nappes qui accéléreront les processus de formation des tannes et réduiront les superficies cultivables;
- sur les **pêches** suite aux modifications induites dans les communautés de poissons mais aussi du fait de la destruction des infrastructures (quais de pêche notamment) ;
- sur la **santé**, associés soit aux inondations, avec le développement de maladies hydriques (choléra) et parasitaires (paludisme), soit au réchauffement par développement d'agents toxiques chez les poissons et fruits de mer;
- sur la disponibilité des **ressources en eau douce**, la salinisation provoquant leur diminution;
- sur les infrastructures, notamment les **infrastructures portuaires** (quais de pêche trop bas), routières (qui pourraient être inondées de manière plus fréquente),

1.2.3.3. Les causes de l'érosion côtière

La zone côtière sénégalaise est attaquée par le processus d'érosion côtière qui, dans certains sites, représente une réelle menace surtout en termes de pertes économiques et de biodiversité avec la destruction des habitats.

Les causes de l'érosion côtière sont très variables et peuvent être différentes d'un secteur à un autre.

¹⁴ Le groupe II de l'IPCC travaille sur les impacts, l'adaptation et la vulnérabilité aux changements climatiques

Les causes naturelles

🚧 L'élévation du niveau marin

Suivant, les calculs, en utilisant la loi de Bruun, on considère ainsi que le littoral connaît une élévation moyenne du niveau marin de 1,4 mm par an, ce qui est cohérent avec les données admises pour l'ensemble du globe: entre 1 et 2 mm par an d'élévation (Gornitz *et al.*, 1982; Gornitz et Lebedeff, 1987; Barnett, 1990; Douglas, 1991).

L'application de la loi de Bruun à l'évolution du littoral de Rufisque, en utilisant cette valeur d'élévation du niveau marin, a montré que l'élévation du niveau marin n'expliquait en général pas plus de 20% du recul observé (Niang-Diop, 1995).

Ces études prévoient l'augmentation des risques d'érosion côtière dans les années à venir suite au réchauffement climatique.

🚧 Le déficit sédimentaire

Certaines zones se caractérisent par un déficit sédimentaire chronique, lié à leur position le long du littoral. Ainsi, le littoral situé au début de la Petite Côte, de Bel Air à Rufisque –Bargny, est un secteur globalement déficitaire en sédiments apportés par la dérive littorale. Ceci est attesté par la faible épaisseur des sables de plage (quelquefois moins de 1 m) qui, lorsqu'ils sont érodés, laissent apparaître le substratum.

🚧 Les houles exceptionnelles: les fameux «raz de marée»

Dans la littérature traitant des ruptures survenues dans les flèches littorales, en particulier la Langue de Barbarie, des «raz de marée» ont été évoqués pour expliquer ces phénomènes (Louise, 1918; Debaud, 1950).

🚧 Ruissellement superficiel et mauvais drainage côtier

La structure en gradins dans certaines zones, notamment celles à falaises, favorise un ruissellement différentiel qui fragilise les zones fracturées et faciliter l'infiltration, ce qui entraîne des variations de pressions très importantes en profondeur.

🚧 La faiblesse naturelle des falaises rocheuses due aux déchaussements de blocs, à la desquamation et au basculement des zones basses au niveau des plages.

Les causes anthropiques

Il faut noter que les problèmes d'érosion côtière pourraient être fortement relativisés si les activités humaines étaient mieux réglementées: respect de la loi sur le domaine public maritime avec interdiction de constructions permanentes, réglementation des prélèvements de sable sur les plages, études d'impact environnemental pour tous les projets situés en zone littorale. Ces activités anthropiques, si elles ne sont pas citées comme les causes directes de l'érosion côtière y contribuent fortement.

1.2.3.4. Etat de l'érosion côtière dans les sites reconnus vulnérables

Le phénomène d'érosion côtière est signalé dans presque toutes les villes côtières (Saint-Louis, Cambérène, Yoff, Dakar, Rufisque, Joal, Ziguinchor) (Abib *et al.*, 1985). Il faut ajouter à cela les phénomènes d'érosion côtière observés dans la zone de Djiffère suite à l'ouverture d'une nouvelle embouchure dans la Pointe de Sangomar mais aussi au niveau du « canal de délestage » dans la Langue de Barbarie.

Cependant, les phénomènes d'érosion côtière ne correspondent pas tous aux mêmes processus. Pour estimer la vulnérabilité d'un site, les indicateurs suivants ont été considérés :

- l'expression de l'intensité de chacun des facteurs d'érosion identifiés sur le terrain;
- les actions menées pour prévenir ou réduire le phénomène;
- l'urgence d'action constatée techniquement ou sur la base d'enquêtes ou de l'expression spontanée des populations ou des acteurs du domaine côtier.

Chaque indicateur (qualitatif), pour chaque facteur (indicatif), est affecté d'un indice qui est son expression quantitative. La vulnérabilité à chaque facteur d'érosion a été évaluée. Il s'agit du produit de l'intensité et de l'urgence rapportée aux actions menées pour limiter les impacts du facteur. L'addition des vulnérabilités d'un site aux différents facteurs a permis d'avoir la vulnérabilité du site à l'érosion (Tableau 57).

Tableau 57 : Synthèse de l'état de l'érosion côtière au Sénégal (source Plan Intégré de gestion du littoral, 2008)

Secteurs	remontée de la mer	houles et dérive littorale	Instabilité falaises	Ruissellement et Inondabilité	Extraction de Sédiments	Totale naturelle	Coefficient pondération	Urgence
Ziguinchor	16	9	1	16	4	46	6	276
Mamelles	2	2	16	12	2	34	8	272
Poponguine	4	12	5	5	6	31	8	248
Yoff	16	9	1	4	9	39	6	234
Saly/Nianing	16	6	1	3	6	32	7	224
Bargny	16	12	1	5	9	43	5	213
Joal	16	12	1	3	9	41	5	205
Gorée	3	6	5	9	2	25	8	196
Mbao	8	12	1	5	12	38	5	188
Corn Dakar	4	6	9	5	3	27	7	186
Saloum	18	9	1	4	4	36	5	180
St louis	3	9	1	5	3	21	7	144
Rufisque	8	5	1	6	6	26	5	132
Lompoul	16	4	1	1	9	31,0	4,0	124
Hann	16	6	1	5	6	33,5	3,0	101

Au vu de ce tableau les zones les plus vulnérables restent localisées dans la région côtière de Ziguinchor, sur la petite côte et autour des falaises de Dakar, notamment les Mamelles. Il est prioritaire d'examiner les techniques d'interventions pour protéger les côtes.

1.2.3.5. Les Expériences de lutte contre l'érosion côtière

Expériences passées

A Saint-Louis, c'est entre 1926 et 1928 que l'on a effectué des travaux de défense destinés à protéger la plage (Guilcher et Nicolas, 1954). Très rudimentaires, il s'agissait de piquets enfoncés dans le sable et d'une digue de protection en haut de plage dans le secteur de Ndar Toute. Plus tard, cet ouvrage a évolué en un mur de gabions remplis de roches, disposé sur la haute plage. Selon Ndiaye (1975), ce mur qui, à l'origine, était haut de 5 m enregistrait un processus d'ensablement.

Rufisque est la ville qui présente la plus grande longueur de côte protégée. En effet, dans le secteur de Diokoul, ont été utilisés des gabions de roches (latérite essentiellement) disposés en champ d'épis. Dans le projet, était prévue la construction d'un champ de 12 épis de 47 m de long espacés de 85 m et cela à partir de 1983. Ce champ d'épis a été remplacé par une digue en enrochements et par mur mixte en gabions de roches surmontés d'un mur de béton conçu par la Direction des Travaux Publics (Seck, 1990).

Entre 1983 et 1990, une digue en enrochements a été construite sur une longueur totale de 3470 m entre Keury Souf et Bata (dans un premier temps), suivie d'une deuxième portion dans le secteur de Diokoul (Seck, 1990; Guèye, 1997).

Les études réalisées sur ces digues de protection à Rufisque indiquent des problèmes de conception de ces ouvrages qui pourraient expliquer leur manque d'efficacité, notamment dans des conditions extrêmes (Guèye, 1997; Guèye et Niang-Diop, 1999).

A Joal, un mur en gabions de roches a été construit pour protéger la route de l'érosion côtière, conduisant ainsi à l'engraissement du site.

A **Palmarin Nganou**, il s'agit de la construction d'un mur longitudinal en gabions de roches pour protéger la route située à 300 m de la mer.

Afin de protéger le **domaine de Nianing**, un épi a été construit qui bien sûr entretient la plage au droit du complexe hôtelier mais a déclenché une érosion dans sa partie aval.

A Dakar, des enrochements de la base de certaines falaises ont été effectués le long de la corniche ouest à plusieurs reprises, la dernière phase datant de 1994.

A Yoff et Diamalaye, dans les quartiers Ndénath et Tonghor, des ordures ménagères et des gravats sont compactés par les associations de quartiers aux endroits érodés, essentiellement en relation avec les prélèvements illicites de sable de plage

Expériences en cours

Des Projets de consolidation du littoral dakarois sont en cours d'exécution au niveau de Rufisque, Mbao, Porte du Millénaire et autour de la Résidence Présidentielle de Popenguine (fig. 10).

A : La protection côtière à Rufisque et Mbao

Les activités dans le cadre de ce projet de protection côtière sont :

- Construction de murs de protection côtière de 50 cm d'épaisseur, de 4 m de hauteur, posés sur une semelle d'un mètre de profondeur à Diokoul (Rufisque) sur 115 m linéaire et à Mbao sur 200 m linéaire. Un contrefort construit au pied du mur permet d'atténuer l'effet de la houle.
- Mise en place d'un brise-lame, pour briser la houle, à partir d'un enrochement de blocs de basalte de masse variant entre 1 T et 1,5 T, disposé suivant un angle qui sera fonction de la partie à protéger et de la direction et la puissance de la houle.
- Mise en place d'un système de drainage des eaux pluviales avec un remblai et des canalisations.

B : Le projet de protection de la Porte du Millénaire

Au niveau de ce site, les actions prévues dans le projet, sont :

- la réalisation d'un ouvrage d'assainissement (prolongement de l'exutoire d'évacuation des eaux usées par un système de buse) ;
- le pavage du talus et mur de soutènement (remblais en terre d'apport, fourniture et pose de pavés en pierre, fouille pour mur de soutènement, mur de soutènement en béton armé) ;
- les travaux de protection côtière phase 2 (noyau de la digue en sacs géosynthétiques rempli de sable, concassées sur la crête pour l'accès du matériel, mise en place de géotextile au dessus des sacs, remblayage de l'arrière de la digue avec du sable de dune, stabilisation de talus, **enrochement de tétrapodes au pied de la falaise**).

C : La Résidence Présidentielle de Popenguine

Autour de la falaise de la Résidence Présidentielle de Popenguine, les actions ci-après ont été réalisées ou en cours :

- construction d'un mur de protection sur 1,5 km linéaire de Popenguine à Ndayane ;
- protection de talus par un système de cassettes ;
- consolidation du mur au niveau de la résidence présidentielle avec un brise-lame et un enrochement de tétrapodes de 1,5 à 2 tonnes ;

- stabilisation du talus avec un système en croision ;
- reprofilage de talus pour le drainage des eaux pluviales et plantation d'arbres de fixation.

D : La plage de Koussoum

Elle est attenante au projet de la Porte du Millénaire.

Les études, réalisées en 2006 prévoient :

- la mise en place d'une haie d'enrochements, comme brise – lame ;
- la mise en œuvre d'une butée en enrochement ;
- le reprofilage et renforcement du talus ;
- la réalisation d'un drainage efficace des eaux superficielles.

E : Le projet de protection de Gorée

Pour la protection de l'île de Gorée un plan d'action a été établi et chiffré. Il est en cours d'exécution (tableau 58).

Tableau 58 : plan d'actions pour la protection côtière de Gorée

Délais	Actions	Résultats attendus
Urgence	Réhabiliter le mur effondré et combler la brèche provoquée par la houle	Protéger la mosquée
Court terme	Elaborer une protection adéquate de la zone vulnérable, par un rempart de moellons	Atténuer la vulnérabilité du secteur
Moyen terme	Renforcer la protection de la zone vulnérable par des moellons	Protéger définitivement le secteur
Long terme	Mettre en œuvre le plan local de protection en adéquation avec le plan national	Protéger définitivement Gorée

F : Les opérations de fixation des dunes littorales

Depuis très longtemps, l'Etat sénégalais a entrepris une politique de fixation des dunes littorales (Dia, 1998). Ce type d'action participe à lutte contre l'érosion côtière en maintenant un stock sédimentaire tampon. En effet, ces accumulations sableuses peuvent, en cas d'érosion côtière, être mobilisées et utilisées par les houles jusqu'à ce qu'un nouvel équilibre s'établisse. On contribue ainsi à atténuer les phénomènes d'érosion côtière.

Cette politique de reboisement a eu des effets bénéfiques, en particulier dans la zone des « Niayes » puisqu'elle a permis de sauver de nombreuses cuvettes maraîchères de l'ensablement. Le rôle de brise vent a permis la réinstallation de certaines espèces telles que les acacias. Actuellement, les plus anciennes plantations (entre Cambérène et Kayar) ont atteint leur limite d'âge (40 ans) ce qui nécessite leur renouvellement.

G : La protection côtière dans la zone de l'hôtel Téranga et du village de Saly



Figure 10 : Réalisations de protection des côtes en cours sur les sites affectés du littoral sénégalais

1.2.3.6. Stratégie nationale d'adaptation du secteur des zones côtières

Cette stratégie repose sur des principes de base et doit être:

- en cohérence avec les politiques stratégiques en cours dans le pays (Réduction de la Pauvreté, Stratégie de Croissance Accélérée, Réduction des Risques de Catastrophes, Plan d'Action National d'Adaptation ...);
- en harmonie avec les Politiques Sectorielles des diverses structures institutionnelles qui partagent la gestion du littoral ;
- en adéquation avec les plans de développement des communautés côtières;
- inspirée des attentes des populations côtières en termes de développement socioéconomique;
- validée en termes de normes techniques et d'approche environnementale ;

L'objectif global de la stratégie est l'intégration des divers aspects de la gestion durable de l'environnement côtier, dans un plan d'aménagement qui respecte aussi bien les données rationnelles que les préoccupations de développement de perspectives, de prévention de l'érosion côtière.

Les Objectifs spécifiques sont :

- la mise en place un schéma directeur d'aménagement du littoral ;
- l'adoption d'une loi sur le littoral ;
- l'assurance de la cohérence institutionnelle dans la gestion du littoral ;
- la maîtrise du phénomène de l'érosion côtière à travers les activités de recherche/développement ;
- la mise en place d'un observatoire du Littoral ;
- la réalisation d'ouvrages diversifiés et adaptés au contexte local ;
- le renforcement des capacités de suivi des ouvrages.

Les Mesures d'accompagnement à mettre en œuvre sont :

- Trouver et promouvoir des alternatives au sable de mer dans la construction, avec exploitation du sable dunaire, recyclage des gravats de démolition et pompage du sable de mer ;
- Développer un plan de renforcement des capacités relatif à l'érosion côtière ;
- Développer un plaidoyer et un plan de communication relatif à l'érosion côtière.

1.2.4. Vulnérabilité du secteur de la santé

1.2.4.1. Brève présentation du secteur

Le système de santé du Sénégal est organisé en un ensemble de 3 niveaux.

- A la base se trouve un niveau périphérique appelé « District sanitaire », constitué de centres de santé, de postes de santé supervisant les cases et les maternités rurales pour les activités de soins de santé primaires,
- un niveau stratégique (échelon intermédiaire) appelé région médicale dont le rôle est de traduire les politiques nationales en stratégies régionales ;
- Au sommet de la pyramide, se trouve le niveau central comprenant le Ministère qui formule les orientations et politiques de santé.

Le dispositif sanitaire comprenait, en 2006, soixante-huit centres de santé (68), vingt deux (22) hôpitaux ainsi que neuf cent quarante neuf (949) postes de santé.

Le Sénégal essaie de respecter la recommandation de l'OMS visant à attribuer chaque année au moins 9% du budget des Etats au secteur de la santé. Plus de dix pour cent (10,5%) du budget sont alloués au système de santé national.

1.2.4.2. Maladies liées aux modifications climatiques et leurs zones de développement au Sénégal

Pathologies potentiellement liées à la variabilité du climat

La santé est de nos jours définie également «comme un équilibre entre l'homme et son environnement».

Dés lors l'on comprend parfaitement que l'évolution du climat planétaire puisse s'accompagner d'un bouleversement du profil épidémiologique dans les pays. Le Sénégal ne fait pas exception à la règle.

Les facteurs climatiques tels que température, humidité, pluviométrie et vent agissent d'une part sur les biotopes où vivent les vecteurs de maladie mais également sur la dynamique biologique des agents pathogènes et sur leur concentration dans certains éléments de l'environnement tels que l'eau, l'air et le sol.

Les incidences climatiques sur la santé humaine peuvent être résumées essentiellement à :

- ✓ une augmentation de la morbidité et de la mortalité liée aux effets directs de la température sur

l'organisme humain (maladies cardiovasculaires, maladies liées à une élévation excessive ou une baisse excessive de la température, une augmentation des pathologies professionnelles) ;

- ✓ des effets dus aux événements météorologiques exceptionnels (par exemple les pluies hors saison qui ont détruit des villages dans le département de Matam, les inondations avec leur lot de déplacement des populations, d'épidémie de maladies et de stress social et psychologique).
- ✓ une augmentation de la prévalence des maladies infectieuses et/ou à transmission vectorielle. Au Sénégal, une étude des statistiques sanitaires révèle que les maladies suivantes sont les plus prévalentes :

Les maladies à transmission vectorielle :

a. Le paludisme, maladie endémo épidémique et première cause de mortalité et de morbidité a fait l'objet de l'étude.

b. La fièvre jaune, maladie virale à potentiel hautement épidémique (en effet un seul cas de fièvre jaune dans une localité fait parler d'épidémie). Elle a entraîné les cas épidémies suivants dans le pays :

- **Octobre-novembre 1995 : District de Kougheul, région de Kaolack**

Détection de 79 cas, dont 15 décès (taux de létalité de 19%) ;

- **Novembre-décembre 1996 : Kaffrine région de Kaolack ;**

Détection de 100 cas, dont 60 décès, furent confirmés (taux de létalité de 60%) ;

- **Septembre 2002-janvier 2003 : Région de Diourbel (Touba, Bambey, Mbacké), Fatick (Gossas, Fatick, Guinguinéo), Louga (Kébémér, Darou Mousty), Thiès (Khombole, Thiadiaye), Kolda (Sédhiou), Tambacounda et Dakar (Dakar Centre)**

Détection de 66 cas de fièvre jaune dont 12 décès (18% de létalité).

Dans toutes ces zones, le moustique *Aedes aegypti* était le vecteur principal.

Au total, on note la survenue récurrente des épidémies de fièvre jaune dans les régions Centre-Ouest et Sud-Est (figure 11).

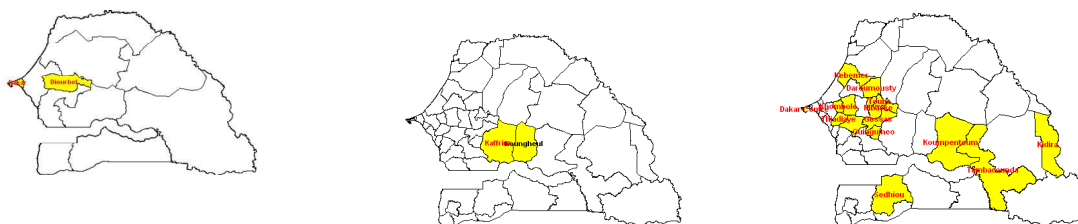


Figure 11 : Répartition géographique des cas de fièvre jaune entre 1965 et 2006

Certaines maladies font l'objet d'une surveillance armée compte tenu des épisodes d'épidémies notées dans certaines régions depuis quelques années. Il s'agit de La maladie due au virus Chikungunya, la fièvre de la Vallée du Rift et la maladie de la Dengue.

Les maladies liées à l'eau : le choléra

Le choléra est une maladie endémo épidémique qui depuis 2000 se manifeste sous forme d'épidémie annuelle. Malgré les cas recensés en 2004, 2005 et 2006 avec respectivement 1029, 29363, 190 personnes atteintes dans les foyers de prédilection de la maladie (Diourbel, Louga et Dakar), les recherches n'ont pu établir un lien avec des facteurs climatiques. Les zones touchées indiquent que les causes semblent être liées au problème d'hygiène du fait de l'insuffisance de service d'assainissement de base.

Les maladies respiratoires

Les infections respiratoires aiguës (IRA) font partie des dix maladies les plus prévalentes au Sénégal. Une étude menée par le programme de lutte contre la tuberculose indique une recrudescence des maladies allergiques qui pourraient être en rapport avec des facteurs climatiques. C'est une question qui mérite d'être étudiée de manière plus approfondie.

La méningite cérébro- spinale

Les séro-types A et C sont les plus prévalents dans la région ouest africaine en général et au Sénégal en particulier. Cependant depuis une décennie, des épidémies du séro-type W135 sont apparues dans la sous région avec des conséquences catastrophiques sur la santé des populations et pour les budgets des Etats. Au Sénégal quelques cas importés ont été rapidement contrôlés.

Parmi toutes ces pathologies, a été étudié le paludisme première cause de mortalité et morbidité au Sénégal.

Le paludisme

Le paludisme se présente comme une affection endémique, c'est à dire se manifestant d'une manière constante et régulière, localisée surtout dans les régions basses à climat chaud et humide. Les cas de paludisme sont relativement plus nombreux dans les zones rurales et en brousse que dans les villes. Sur ce fond d'endémie peuvent se greffer des poussées épidémiques plus ou moins importantes ; certaines de ces poussées sont provoquées par le jeu de facteurs liés principalement au climat.

a) Poids de la charge de morbidité et de mortalité palustres au Sénégal

Pour apprécier ce poids nous avons utilisé les indicateurs suivants :

- le nombre de cas de paludisme (morbidité palustre),
- la morbidité proportionnelle palustre, qui est la part du paludisme dans la morbidité globale
- la morbidité spécifique palustre qui est le nombre de cas de paludisme pour une taille de population donnée.
- la mortalité palustre parmi les cas hospitalisés.

Pour calculer ces indicateurs, nous avons analysé les statistiques sanitaires de 2001 à 2006 (tab. 59 et fig. 12).

Tableau 59 : Evolution de la morbidité (en milliers) due au paludisme au Sénégal de 2001 à 2006

Années	Nombre de cas	Morbidité proportionnelle	Morbidité spécifique
2001	927 870	37,6%	9,5%
2002	987 868	32,4%	9,8%
2003	1 425 306	37,3%	14,1%
2004	1 154 350	31,3%	11%
2005	995 907	32,5%	9%
2006	1 555 310	26,8%	13,7%

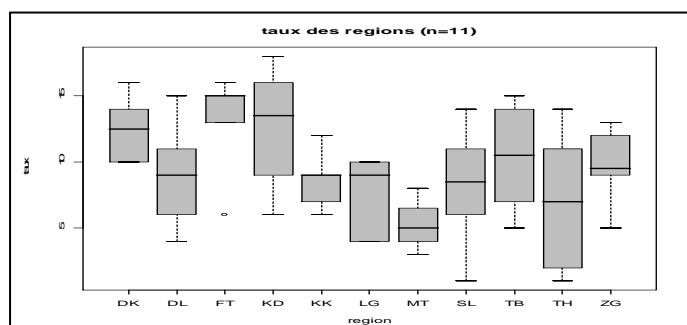


Figure 12 : Morbidité spécifique du paludisme par région de 2001 à 2006

Nous constatons que la morbidité du paludisme évolue en dent de scie malgré tous les efforts intenses et soutenus fournis par l'Etat et les communautés. En effet, ces efforts ont porté d'une part sur la lutte préventive par aménagement de l'environnement, lutte contre le vecteur et protection du sujet réceptif d'autre part sur la prise en charge des personnes atteintes.

b) Environnement permettant le développement du paludisme au Sénégal

Epidémiologie du paludisme : bref aperçu

L'épidémiologie du paludisme est dominée par trois éléments dont la réunion est nécessaire pour que la maladie existe et se propage : ces facteurs primordiaux sont :

- L'agent étiologique responsable de la malaria est un parasite microscopique, famille des Plasmodidés, genre *Plasmodium*.
- L'agent de transmission ou vecteur appelé l'anophèle. La durée de vie de l'anophèle est d'environ 30 jours ; la durée du cycle d'une ponte à l'autre est de 15 à 20 jours. Selon la répartition géographique, les espèces d'anophèles (An.) diffèrent. En Afrique tropicale, on trouve essentiellement *An. gambiaense* et *An. funestus*.
- Un terrain réceptif qui est l'homme.

Cependant, ces éléments primordiaux ne sont pas les seuls à déterminer l'aspect du paludisme en un lieu et dans un temps donné, en effet d'autres facteurs dits favorisantes ou causes secondaires influencent également l'épidémiologie de cette maladie. Ces facteurs extrinsèques ou climatiques sont en rapport, soit avec les éléments constitutifs du climat, soit avec la nature du sol et de la végétation.

La température : elle peut influencer l'évolution du paludisme. En effet en dessous de 18°C et au delà de 40°C la transmission du paludisme est impossible. Dans cet intervalle un accroissement de la température accélère la vitesse de propagation des plasmodiums. A 20°C le *Plasmodium falciparum* met 20/25 jours pour se développer alors qu'à 25°C il met seulement 12/14 jours [J. Mouche]. Plus le nombre de jours nécessaire au développement des plasmodiums est raccourci, plus le potentiel épidémique est élevé.

La pluie : le régime des pluies intervient aussi car les précipitations abondantes, en multipliant les gîtes larvaires, favorisent la pullulation des moustiques. Les années pluvieuses sont des années à malaria. D'autre part, l'humidité atmosphérique prolonge la durée de vie des anophèles.

Paludisme et facteurs climatiques au Sénégal

Les liens entre le paludisme et certains facteurs du climat tels que la température, la pluviométrie et l'hygrométrie ont été analysés dans l'étude. En effet, cette maladie endémo-épidémique impacte sur la productivité en immobilisant une partie du temps et de la force de production.

Les vecteurs du paludisme au Sénégal

La transmission vectorielle du paludisme s'effectue au cours de la saison des pluies dans les zones sahéliennes ou soudano-sahéliennes où les conditions climatiques sont souvent très sévères. Cependant, dans les zones marécageuses ou situées à proximité d'un cours d'eau, elle peut être pérenne ou se poursuivre durant une bonne partie de la saison sèche.

Les niveaux de transmission varient considérablement selon les régions et d'une localité à l'autre selon les conditions écologiques. C'est sur cette base que deux principaux faciès épidémiologiques ont été identifiés au Sénégal, un faciès sahélien et un faciès tropical.

- Le faciès sahélien : il regroupe l'ensemble des zones situées au nord du Sénégal, dans la zone

centrale du Ferlo et celle de Dakar. Dans ce faciès, la transmission est saisonnière, courte et n'excède pas les 3 à 4 mois de la saison des pluies.

- Le faciès tropical : la transmission est saisonnière, longue et se déroule pendant 4 à 6 mois. Ce type de faciès est observé dans les zones du Sénégal oriental et de Casamance.

c) Analyse du zonage de prolifération de ces pathologies en fonction des scénarios climatiques

L'analyse des scénarios climatiques nous amène à retenir en 2030 deux scénarios sur la base de l'augmentation de la température, de la diminution de la pluviométrie et d'une augmentation de l'humidité.

Pour appliquer ces scénarios le pays a été divisé en quatre zones climatiques à savoir :

- la zone Est qui comprend la zone de transmission du Sénégal oriental (la région de Tambacounda) et une partie de la zone de transmission du Sine Saloum (régions Kaolack et Fatick) ;
- la zone Ouest qui comprend la zone de transmission de Dakar et une partie de la zone de transmission du Sine Saloum (région de Diourbel, région de Thiès) ;
- la zone Nord qui comprend la zone de transmission de la vallée du fleuve Sénégal ;
- la zone Sud qui comprend la zone de transmission de basse Casamance (régions de Kolda et de Ziguinchor).

A partir des facteurs climatiques (température, pluviométrie et humidité) et des taux de morbidité spécifique recueillis par région entre 2001 et 2006 au niveau des 11 régions du pays (situation administrative antérieure au découpage de 2008 qui consacre 14 régions), nous avons élaboré un modèle mathématique qui permet d'avoir des données épidémiologiques projetées.

Ce modèle qui, il faut le préciser est certainement perfectible, fait intervenir des indicateurs sanitaires et des facteurs climatiques. Il nous a permis de prédire la situation du paludisme par région en fonction des différents scénarios d'évolution climatique.

Si les tendances observées entre 2001 et 2006 sont maintenues, les taux de morbidité spécifique seront ceux figurant au tableau 60.

Scénario d'évolution climatique N°1

Tableau 60 : Distribution des facteurs climatiques et des morbidités spécifiques projetées en fonction des zones climatiques en 2030

Régions	T C max	T C min	Hum max	Hum min	Pluvio.	Pop 2030	Tx morb.sp
Zone Ouest							
Dakar	30	23,3	100,1	56,1	279,5	2594124,45	11%
Diourbel	38,5	19,5	36,3	35,2	545,5	1033349,2	9%
Thiès	38,6	19,5	90,2	36,3	545,5	1449999,3	9%
Zone Est							
Fatick	38,6	23,7	91,3	44	621,5	662651,544	10%
Kaolack	38	23,7	91,3	44	621,5	1194387,41	10%
Tamba	39,7	23,6	72,6	35,2	513,1	581145,191	7%
Zone Nord							
Louga	39,7	23,9	63,8	33	353,5	601325,489	7%
Matam	34,7	24,6	66	38,5	576,1	502459,8	10%
St Louis	37,1	22,6	93,5	40,7	273,2	944103,738	9%
Zone Nord							
Kolda	35,9	23,1	78,1	31,9	1196,5	870552,923	9%
Ziguinchor	35,9	23,1	106,7	50,6	1366,5	561662,825	13%

Scénario d'évolution climatique n°2

Tableau 61 : Distribution des facteurs climatiques et des taux de morbidité spécifique projetés en fonction des zones climatiques en 2030

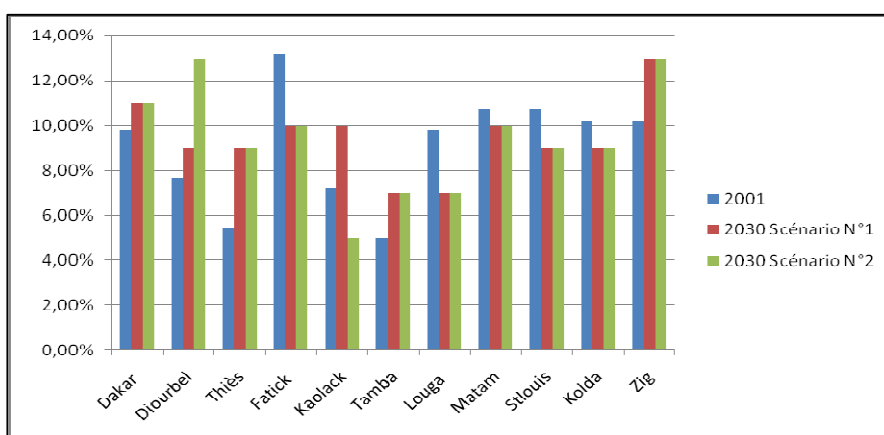
Régions	T C max	T C min	Hum max	Hum min	Pluvio.	Pop 2030	Tx morb.sp
Zone Ouest							
Dakar	30	23,3	100,1	56,1	278,5	2594124,45	11%
Diourbel	38,5	19,5	36,3	35,2	544,5	1033349,2	13%
Thiès	38,6	19,5	90,2	36,3	544,5	1449999,3	9%
Zone Est							
Fatick	40,1	25,2	91,3	44	278,5	662651,544	10%
Kaolack	39,5	25,2	91,3	44	544,5	1194387,41	5%
Tamba	41,2	25,1	72,6	35,2	544,5	581145,191	7%
Zone Nord							
Louga	39,7	23,9	63,8	33	354,5	601325.489	7%
Matam	34,7	24,6	66	38,5	577,1	502459,8	10%
St Louis	37,1	22,6	93,5	40,7	274,2	944103,738	9%
Zone Nord							
Kolda	35,4	23,1	78,1	31,9	1197,5	870552,923	9%
Ziguinchor	35,4	23,1	106,7	50,6	1367,5	561662,825	13%

Si le scénario 1 s'applique, on notera par rapport à l'année 2001:

- une forte augmentation du taux de morbidité spécifique dans les régions de Dakar, Diourbel, Thiès, Kaolack, Tambacounda et Ziguinchor. L'on notera que les régions de Dakar, Diourbel et Thiès ont un déficit important en matière de couverture passive en postes de santé (plus de 13 000 habitants / poste de santé).
- une baisse de ce taux dans les régions de Fatick, Louga, Kolda, Kaolack, Matam et Saint Louis.

Si le scénario 2 s'applique, alors, on notera :

- une forte augmentation du taux de morbidité spécifique dans les régions de Diourbel, Thiès et Ziguinchor et dans une moindre mesure, dans celles de Dakar et de Tambacounda ;
- une baisse de ce taux de morbidité spécifique dans les régions de Fatick, Saint Louis, Matam, Kolda et Louga.



Graphique 63 : Comparaison de la morbidité spécifique du paludisme des années 2001 et 2030

Cette évolution désarticulée du taux de morbidité spécifique montre la complexité des relations entre le paludisme et les paramètres climatiques étudiés.

d) Stratégie de prévention

Au Sénégal, la lutte antipaludique a été érigée au rang des priorités nationales. La prévention du paludisme repose sur trois axes stratégiques que sont la protection de l'homme de la pique du moustique vecteur, la lutte anti vectorielle pour détruire le moustique vecteur et le traitement présomptif intermittent des femmes enceintes et des enfants de moins de 5 ans.

Pour une lutte efficace qui intègre l'effet des changements climatiques, les projets et programmes en cours devront être renforcés. Il s'agit :

- de la vulgarisation de l'utilisation des moustiquaires imprégnées d'insecticide (MII)
- la pulvérisation intra domiciliaire (Indoor residential spraying ou IRS)
- la lutte anti vectorielle par aménagement de l'environnement
- le traitement Préventif Intermittent (TPIp)
-

L'impact de l'évolution climatique sur la santé humaine fait partie des défis modernes dont la gestion en terme de prise en charge préventive et curative est vitale pour l'avenir du pays.

1.2.5. Vulnérabilité du secteur de la pêche

Le secteur de la pêche revêt une grande importance au Sénégal. Avec un littoral de 700 km, une population côtière évaluée à 6 millions d'habitants et des conditions climatiques favorables, la pêche est devenue un secteur d'activités économiques stratégiques pour la sécurité alimentaire. Il représente environ 2% du PIB total et comptabilise 600.000 emplois directs ou indirects. Sa part dans les exportations totales du pays est de 32%.

Cependant, les changements climatiques qui s'opèrent ont un impact sur les ressources halieutiques.

Les facteurs climatiques, comme la température de l'eau et de l'air, le régime du vent et les précipitations exercent une forte influence sur la productivité et la répartition des poissons. Des changements de l'ampleur de ceux qui accompagneraient une élévation de 1,4 à 5,8°C de la température planétaire (comme le prévoit le GIEC pour la fin de ce siècle) vont avoir des impacts considérables sur les populations de poissons.

Ces changements climatiques vont entre autres modifier la répartition des espèces et leur composition et altérer la fonction des écosystèmes.

La dégradation des écosystèmes marins, côtiers et continentaux, liée à la fois aux changements climatiques, à la destruction d'habitats critiques, à la pollution et à la forte pression sur les ressources halieutiques sans oublier l'état de sécheresse endémique que connaissent nos régions de pêche, plonge les communautés de pêcheurs du Sénégal notamment sa frange la plus jeune dans un désarroi total, compromettant ainsi ses chances de survie et de réussite dans le secteur.

Ceci a eu pour effets d'augmenter davantage les conflits entre pêcheurs et de pousser les jeunes à l'émigration clandestine massive vers l'Espagne dans des pirogues de pêche.

La situation actuelle des pêches projetée dans les décennies à venir en tenant compte des prévisions des scénarios de changements climatiques et socio-économiques laisse apparaître, à partir de 2030, une baisse globale du niveau des captures et de leur valeur commerciale estimée. Cette tendance des captures provoquerait sur le plan économique et social (N.DIOP 2007) :

- Une perte cumulée entre 2020 et 2050 de 68 milliards de FCFA soit 3,23 % du PIB moyen de la période 1981-2005 ;
- Une baisse de la consommation en produits halieutiques et de l'apport en protéines animales ;
- Une baisse de la rentabilité des unités de Pêche Artisanale (UPA).

Stratégie d'adaptation du secteur de la pêche

Le secteur des pêches peut s'adapter à ces changements par la modification des méthodes de capture (pêche responsable) et des stratégies de marketing (en se tournant vers d'autres espèces) sans oublier de s'adosser à une aquaculture vivrière et de rente durable.

➤ Politiques et mesures d'accompagnement

Pour garantir son efficacité, la politique de réforme envisagée s'appuiera sur une administration des pêches et un cadre juridique et institutionnel rénovés et opérationnels. Elle implique également une gestion participative adossée à des organisations professionnelles fortes et représentatives.

Enfin, la difficulté et surtout l'inefficacité d'une gestion de la pêche sur des bases purement nationales appellent la nécessité d'une coopération internationale et particulièrement une coopération sous régionale.

Les politiques et mesures d'accompagnement envisagées seront définies autour des axes suivants :

- Le renforcement des capacités de l'administration
- L'amélioration du dispositif institutionnel
- La révision du cadre juridique des pêches et de l'aquaculture
- Le renforcement des capacités des organisations professionnelles
- Le renforcement de la coopération (organismes internationaux, régionaux et sous régionaux).

Dans ce cadre, le Gouvernement a déjà posé des actes décisifs dans la mise en œuvre des réformes (lettre de politique sectorielle).

➤ Rôle de la recherche :

La recherche dans le domaine des changements climatiques doit être renforcée afin de connaître suffisamment l'évolution de la ressource halieutique par rapport à l'environnement marin, côtier et continental et de développer des stratégies d'adaptation propres.

L'objectif de la recherche est notamment de mettre en place des outils d'aide à la décision. La recherche sénégalaise en matière de gestion des ressources halieutiques ne répond pas totalement aux besoins du secteur.

Cependant, la Recherche a la charge de mettre en place les orientations permettant de rendre opérationnel l'Approche Ecosystémique des Pêches (AEP).

La mise en œuvre de l'AEP nécessite une combinaison des actions de l'ensemble des acteurs (populations locales, administration des pêches et chercheurs).

Il convient cependant, face aux difficultés sérieuses auxquelles est confrontée la recherche halieutique au Sénégal depuis quelques années de procéder en urgence à l'état des lieux. L'Etat des lieux concernera principalement le CRODT mais également une réflexion sur la contribution aux efforts de recherche halieutique nationaux des autres structures de recherches présentes au Sénégal.

Ce qui aura pour effet l'optimisation des moyens de suivi, de contrôle et de surveillance des Pêches.

Il est particulièrement important de déterminer à quels endroits les changements se produisent, afin de réajuster les lignes directrices qui limitent les captures des diverses espèces de poissons dans la perspective d'une exploitation durable.

Pour améliorer et protéger l'habitat des poissons le long des côtes marines, la création d'Aires Marines Protégées (AMP) et de récifs artificiels (RA) doit tenir compte du degré de vulnérabilité aux changements climatiques des régions marines côtières et continentales du Sénégal. En plus, il est indispensable que la recherche puisse identifier les précurseurs ou autres indicateurs de ces changements climatiques pour permettre d'établir des prévisions indispensables à une meilleure gestion des impacts anthropogènes et naturels sur les écosystèmes marins, côtiers et continentaux et la pêche.

Ce travail pourrait être amélioré en ayant des statistiques fiables, relatives à l'océanographie, la température, l'intensité de l'upwelling côtier et une bonne connaissance de la dynamique des espèces, dans un contexte de changements climatiques. L'amélioration des statistiques des pêches particulièrement la pêche continentale et l'aquaculture peut bien aider la recherche. En effet, connaître l'effort de pêche spécifique à chaque pêcherie, facilitera l'évaluation du niveau d'exploitation de celle-ci afin de planifier une stratégie d'adaptation aux changements climatiques.

1.3. Rappel des options du Plan d'Action National pour l'Adaptation

Le Sénégal a validé en 2006 son plan d'action pour l'adaptation aux changements climatiques (PANA) guidé par les principes d'urgence et de priorité des pays les moins avancés très vulnérables aux changements climatiques. L'élaboration de ce plan a constitué un moment de dialogue et d'échanges ayant permis d'identifier les options politiques majeures en matière d'adaptation dans les zones et secteurs stratégiques d'intervention (agriculture, ressources en eau et zones côtières).

Pour le Bassin Arachidier, il s'agira de mener des actions de reboisement et de mise en défens (*espèces halophiles*), ainsi que la réalisation d'aménagements hydro-agricoles (digue anti sel).

Dans la zone Nord, les actions portent sur le reboisement avec des espèces adaptées, la micro irrigation, la récupération des eaux de ruissellement, et la protection des aménagements du littoral

Les mesures proposées pour la zone sud concernent la mise en défens, la restauration de la mangrove, la réalisation des ouvrages de protection du littoral.

Pour la zone des Niayes, les options d'adaptations retenues sont l'utilisation rationnelle des eaux, la recharge de la nappe, et les aménagements côtiers.

Les solutions proposées ont été traduites en programmes intégrés qui se résument comme suit :

Programme 1 : Développement de l'agroforesterie

Ce programme vise à : (i) accroître les capacités d'adaptation des populations, (ii) lutter contre la pauvreté, (iii) préserver et protéger les écosystèmes et (iv) promouvoir les techniques de gestion des ressources naturelles aux modifications du milieu.

Programme 2 : Utilisation rationnelle de l'Eau

Les objectifs visés sont : (i) mettre en place des digues de rétention et de maintien des eaux de pluie, (ii) faire la prospection par des études pluridisciplinaires et (iii) suivre et pérenniser les aménagements. La mise en œuvre du programme passe par les deux composantes suivantes : la réhabilitation des réseaux hydrographiques et la promotion des techniques de gouttes à gouttes.

Programme 3 : Protection du littoral

Ce programme est exécuté à travers la restauration de la mangrove. Les objectifs visés sont l'aménagement des côtes vers la langue de barbarie et l'exploitation des sables du plateau continental.

Programme 4 : Sensibilisation et éducation du public

Les interventions visent à : (i) intégrer la dimension changement climatique dans les stratégies nationales, (ii) limiter les coûts d'adaptation, (iii) renforcer les capacités d'adaptation des décideurs.

L'évaluation de ces programmes montre que les différentes interventions ont intégré les préoccupations des sous zones et espaces géographiques. Par ailleurs, l'horizon de cinq ans retenu permet d'avoir les effets escomptés en termes d'orientation en matière d'adaptation. Toutefois, il a été constaté que les projets proposés concernent les régions administratives et sont des options isolées les unes aux autres. Cette option ne traduit pas nécessairement une synergie des actions qui garantissent l'effort global d'adaptation sur le changement climatique ; d'où l'intérêt d'avoir une approche holistique et nationale en matière de stratégie d'adaptation au changement climatique.

En outre, les axes stratégiques développés n'ont pas suffisamment pris en compte le développement et le renforcement des connaissances dans les changements climatiques, de même que la recherche et la mobilisation des financements supplémentaires pour renforcer la lutte contre les effets néfastes des risques du climat. Or comme le démontre le « rapport sur le développement humain 2007 », la nécessité de disposer de l'information scientifique relative aux risques « climat » est devenue un enjeu stratégique.

1.4. Orientations nationales pour la gestion de l'Environnement

Afin de trouver une solution globale aux problèmes environnementaux, le Sénégal a pris diverses initiatives qui tournent autour des axes suivants : (i) la sauvegarde de l'environnement et la lutte contre la désertification; (ii) la sauvegarde de la faune et de la flore (iii) la sauvegarde de l'environnement marin et côtier; (iv) le renforcement des capacités en gestion des ressources naturelles et de l'environnement (GRNE) par la formation, l'éducation, la sensibilisation, etc.; (v) la promotion d'une gestion rationnelle des ressources naturelles et la conservation de la biodiversité ; (vi) la gestion communautaire des aires protégées ; (vii) la lutte contre les pollutions, les nuisances et les risques, (ix) la promotion des modes de productions et de consommation durables¹⁵ dans tous les secteurs de développement.

Pour faire face à la vulnérabilité des forêts, des programmes de lutte contre les feux de brousse et de reboisement sont mis en œuvre au Sénégal. Il s'agit notamment du « Projet de gestion de la mangrove » financé par la JICA, le « Projet agro-forestier de lutte contre la désertification (PAGF2) », le « Projet agriculture et gestion des ressources naturelles » avec l'appui de l'USAID et le « Projet de gestion intégrée des écosystèmes du Sénégal (PGIES) ».

D'autres initiatives sont menées par le Sénégal dans le cadre d'une coopération régionale. Le projet de la « Grande Muraille Verte » qui concerne le Sénégal, la Mauritanie, le Mali, le Burkina Faso, le Niger, le Nigeria, le Soudan, l'Éthiopie, l'Érythrée et Djibouti s'inscrit dans cette perspective.

Pour lutter contre l'érosion côtière, 800 m ont été consolidés ces dernières années. Le Sénégal participe aussi à plusieurs programmes régionaux de renforcement des capacités d'adaptation dans la zone côtière. Le projet « Adaptation aux changements climatiques et côtiers en Afrique de l'Ouest (Projet ACCC). » en est un. Il a pour objectif de maintenir ou de renforcer la résistance des écosystèmes aux changements climatiques le long de la côte du courant des Canaries. Sa zone d'intervention au Sénégal est la petite côte.

1.5. Options d'adaptation pour la gestion du Cadre de vie

Pour renverser les tendances relatives à la mal-urbanisation le Gouvernement a engagé la mise en œuvre de politiques d'amélioration du cadre de vie en milieux urbain et rural, de promotion de l'habitat social.

¹⁵ Ce principe fait parti des points forts des recommandations issues du Sommet de Johannesburg sur le Développement durable de 2002, auxquels le Sénégal a souscrit par l'élaboration d'un plan d'action décennal sur la production et la consommation durable.

Les différents programmes visent l'éradication des bidonvilles et les habitats précaires et dans les zones inondables. La mise en place de programmes d'habitat social (Plan JAXAY,...) s'inscrit dans cette dynamique.

Des dispositions sont aussi prises par le pays pour faire face aux risques d'inondation. C'est ainsi, qu'il est prévu dans le budget national, la mise en place d'un « Fonds spécial de gestion des inondations » d'un coût de 02 milliards FCFA et le financement des projets « Operations hivernales et Drainages des eaux pluviales triangle sud (LOT 2) ».

1.6. Options d'adaptation dans le domaine de la Protection sociale

Le Sénégal met l'accent sur la nécessité de faire de la protection des groupes vulnérables un des piliers de sa stratégie à coté des investissements dans l'accès aux services sociaux de base et la création de richesse pour assurer une réduction durable de la pauvreté. La mise en œuvre de ces interventions, conformément à la SNPS, passe par des stratégies individuelles et collectives, ainsi que dans les politiques et programmes des collectivités locales, de l'État et du secteur privé.

Pour l'opérationnalisation de l'engagement du pays à assurer un ancrage de la culture de la prévention contre les risques sociaux, les risques majeurs et les catastrophes dans les mentalités et pratiques, le Gouvernement a initié la mise en place d'un programme de « Gestion des risques et catastrophes naturelles ».

Par ailleurs, d'importants progrès visant la promotion de la culture de la prévention et de la gestion des risques et catastrophes ont été récemment faits par le Sénégal. A cet égard, la plateforme nationale de réduction des risques et catastrophes, cadre institutionnel intersectoriel pour la gestion de tels risques et catastrophes, a été instituée par le décret 2008-211 du 04 mars 2008. Elle joue un rôle d'interface entre les différents acteurs concernés et sert de cadre de concertation et d'harmonisation des interventions pour la prévention et la gestion des risques de catastrophes. Le plan de contingence national pour la maîtrise des accidents industriels majeurs et les inondations, bénéficiant du soutien de plusieurs partenaires, a été arrimé au plan ORSEC et mis en œuvre lors des inondations de l'hivernage 2008.

En ce qui concerne les mesures de protection des groupes vulnérables, des dispositions particulières concernent le monde rural, en particulier l'alimentation des fonds de calamité et garantie agricole dont les montants inscrits dans la programmation budgétaire sont respectivement 22 milliards FCFA et 43,7 milliards FCFA.

La création, en 2008, de la Compagnie Nationale d'Assurances Agricoles du Sénégal (CNAAS), société dotée de capitaux publics et privés (*Etat du Sénégal, Sociétés d'assurances, Organisations de producteurs*) traduit aussi la volonté du gouvernement d'assurer une protection des populations, en particulier les plus vulnérables. Le projet d'« assurance agricole » a bénéficié d'un montant de 1.7 milliard FCFA.

Ces types de mécanismes et instruments d'assurance mis en place par le gouvernement contribuent à l'atténuation de l'impact des effets du changement climatique sur les populations, en particulier les difficultés de prévision de la pluviométrie. Le défi est de renforcer cette dynamique, ainsi que les autres instruments tels que l'assurance maladie pour les producteurs qui permet de protéger les populations contre les chocs sanitaires.

1.7. Options d'adaptation dans le domaine des Infrastructures

Le diagnostic établi par le rapport infrastructure, tourisme et changements climatiques (programme Néerlandais NCAP) donne des indications assez précises sur les options à opérer. Les nouvelles infrastructures et nouveaux moyens de transport devront être conçus pour résister aux effets néfastes du changement climatique. Il s'agit, entre autres, de veiller au choix des sites et des types de matériaux à utiliser compte tenu de l'augmentation de la température et des effets du changement climatique. Il reste évident que la recherche de matériaux adéquats intègre une technologie appropriée d'où l'urgence de capitaliser sur les bonnes pratiques. D'autres options seraient le renforcement du fonds d'entretien routier, mais surtout la prise en compte de la problématique des bassins versants dans les études routières. La mise en place des bassins de rétention pourrait contribuer aussi à la collecte des eaux tout au long des tracés

avant leur arrivée sur la chaussée. Dans le domaine du tourisme, l'utilisation rationnelle des ressources en eau est une stratégie incontournable.

II. STRATEGIE D'ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

2.1. La vision

La vision qui sous-tend les objectifs de la stratégie s'appuie sur le principe de base qui veut que des efforts soient faits pour intégrer la durabilité dans tous les domaines d'intervention, les politiques et stratégies de développement. Ce principe permet d'établir une relation entre développement et protection de l'environnement.

Cette vision est aussi basée sur l'importance que le pays attache à ses engagements internationaux, en particulier la Convention Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique (CCNUCC). Enfin, elle intègre le contexte mondial marqué par la crise économique dont les effets risquent de renforcer la vulnérabilité des économies sous développées et des réponses préconisées par le Sénégal qui compte faire de la protection des groupes vulnérables un important levier pour atténuer les impacts des chocs sur la croissance et la pauvreté.

2. 2. Les objectifs

L'objectif visé à travers la stratégie nationale d'adaptation est de **prévenir et réduire les impacts des changements climatiques sur la croissance et le développement économique et social du Sénégal**. De façon spécifique, il s'agit de : (i) protéger les populations face aux conséquences des changements climatiques, en particulier les groupes vulnérables, (ii) développer les capacités de résistance des acteurs de la vie socio-économique face aux risques climatiques et (iii) promouvoir une gestion durable rationnelle des ressources naturelles.

2. 3. Axes stratégiques prioritaires

Dans le souci de favoriser une gestion plus globale des aspects liés aux effets des changements climatiques, la stratégie d'adaptation préconisée est orientée sur trois axes stratégiques : (i) développement des connaissances sur les effets du changement climatique et le transfert de technologies adaptées, (ii) renforcement de la prévention et de la lutte contre les chocs et (iii) promotion de la gestion durable des ressources naturelles.

Axe 1 : Développement des connaissances sur les effets des changements climatiques et le transfert de technologies adaptées

Il a été constaté que l'évolution des comportements des acteurs, notamment des populations rurales, face aux changements climatiques dépend largement du degré de sensibilisation au problème. En outre, l'échange d'informations quant aux solutions pertinentes pourrait réduire de façon considérable le coût de l'apprentissage dans les différents secteurs, mais aussi dans les collectivités.

S'agissant du transfert de technologies qui est au cœur des négociations pendant les conférences des Parties, les expériences antérieures ont montré que les processus d'adaptation pertinents sont partis d'abord des technologies existantes et ont tenté ensuite de développer de nouveaux savoirs pour mieux contenir les effets néfastes des changements climatiques. Cet exercice suppose le développement et le partage des connaissances endogènes pour mieux répondre aux effets néfastes des changements climatiques.

Au Sénégal, depuis plusieurs décennies, les paysans ont adopté des stratégies d'adaptation face à l'irrégularité et l'insuffisance des pluies. Il s'agit, entre autres, de l'utilisation de variétés à cycle court, la diversification des activités telle que l'élevage de volaille. Ces options d'adaptation concernant le choix des technologies se sont inspirées des acquis des expériences réussies, que ce soit au plan national ou international.

D'autres recherches et travaux ont montré que les eaux de pluie stockées naturellement dans les dépressions et les mares ont été utilisées traditionnellement pour l'abreuvement du cheptel et les usages

domestiques pendant la saison des pluies et même jusqu'à 2 à 3 mois après l'hivernage. Ce stockage ou la valorisation de ces eaux de pluie est pratiqué depuis plusieurs années au Sénégal au niveau des petits barrages, diguettes, mares artificielles. Les eaux stockées dans les barrages s'infiltrent facilement et rechargent la nappe grâce à la nature karstique du panneau calcaire. Il est à souligner que cette spécificité n'est pas générale dans toutes les zones.

Le défi est de vulgariser ces expériences réussies tout en mettant en relation ces résultats avec les informations scientifiques disponibles sur les risques et avantages liés aux changements climatiques. Par exemple, une utilisation rationnelle des ressources en eaux ne peut se faire que lorsqu'elle intègre tous les paramètres qui permettent d'apprécier l'évolution des stocks et leurs conséquences sur la disponibilité des ressources.

Axe 2 : Renforcement de la prévention et de la lutte contre les chocs climatiques

Des mesures opérationnelles sont identifiées dans certains secteurs et domaines économiques (protection sociale, habitat, santé).

Protection sociale

Il s'agira de développer la culture de la prévention et la gestion des risques et de promouvoir des mesures d'atténuation et de lutte contre les risques, en vue de renforcer la couverture sociale des populations. En effet les changements climatiques si on y prend garde sont des facteurs aggravant de la vulnérabilité sociale.

La stratégie proposée consistera à renforcer les initiatives en cours notamment les activités du programme de gestion des risques et catastrophes naturelles et les mesures prises pour la mise en place des instruments (*fonds de calamité, de garantie, assurance agricole,...*). La mise en place de dispositifs de diffusion des informations résultant des systèmes d'alerte précoce sera aussi un instrument pour la prévention et la gestion des risques.

Habitat

Les investissements visant l'amélioration des conditions de vie dans les quartiers souvent concernés par les inondations sont importants pour les populations vulnérables. C'est pourquoi, le renforcement des réseaux de drainage des eaux pluviales, la mise en œuvre effective de plans d'urbanisme ainsi que des programmes d'habitat social sont des stratégies préconisées, en vue de protéger les populations contre les risques d'inondations.

Santé

La stratégie proposée consistera à maintenir la dynamique enclenchée dans le cadre de la lutte contre le paludisme, mais aussi de veiller à ce que les autres maladies soient prises en charge. Par ailleurs, des mesures devront être prises pour le renforcement de la mise en place des mutuelles de santé dans les secteurs à risques. Toutes ces actions combinées contribueront à améliorer l'accès aux services de santé des populations, en particulier les populations vulnérables.

Axe 3 : Promotion de la gestion durable des ressources naturelles.

Pour la mise en œuvre des mesures retenues dans les différents secteurs, un accent particulier sera mis sur l'implication et la participation effective des acteurs locaux (collectivités locales, services déconcentrés de l'Etat, secteur privé) dans les phases de planification, de gestion et de suivi des interventions. Cette approche est en phase avec l'engagement du pays de faire jouer à ces acteurs leur rôle dans la gestion rationnelle des ressources naturelles. En effet, il apparaît que les connaissances relatives aux conditions naturelles et humaines locales sont plus approfondies au niveau local et que beaucoup de décisions prises à ce niveau influent directement ou indirectement sur l'adaptation au changement climatique.

Ressources en eau

La gestion de l'eau constitue un défi majeur compte tenu du fait que les eaux douces ne constituent que 0,3% du potentiel global des eaux disponibles sur la planète et que les pays doivent faire face à une évolution démographique de plus en plus élevée et des pratiques anthropiques non efficaces. La stratégie consistera à gérer de manière rationnelle le potentiel existant, en vue de prévenir et gérer les effets des changements climatiques.

Ainsi, les leviers importants dans le cadre de la recherche de solutions d'adaptation tournent autour de la mise en œuvre d'une stratégie d'économie et de gestion rationnelle des ressources en eau, à travers la limitation des pertes et fuites dans les réseaux urbains et ruraux, une meilleure gestion de la demande et l'amélioration de l'efficacité des systèmes d'irrigation qui toutes contribuent à la gestion rationnelle des ressources disponibles.

Par ailleurs, il est prévu de développer des stratégies pour accroître les ressources en eau. A cet égard, la maîtrise des eaux de crue du fleuve Sénégal, notamment par l'amélioration des conditions d'écoulement dans les défluent et le contrôle de l'alimentation des plaines d'inondation permettra de réaliser les objectifs de valorisation des eaux de crue pour la production agricole, la pêche continentale, l'alimentation, l'abreuvement du cheptel, la restauration de l'environnement. Elle permettra également d'atténuer les impacts négatifs des inondations (les inondations elles mêmes). La maîtrise de ces dérivations naturelles par des ouvrages permettrait de contrôler le remplissage des cuvettes, d'augmenter le temps de séjour de l'eau et de disposer d'importantes quantités d'eau à valoriser.

Enfin, dans un souci d'accroître les ressources disponibles, la mise en place d'infrastructures de stockage des eaux de ruissellement et l'utilisation des eaux traitées à des fins agricoles et d'utilisation pour l'alimentation en eau potable ont été proposées comme des options d'adaptation aux changements climatiques. Les eaux usées traitées de la station d'épuration de Cambéréne constituent par exemple un important potentiel qui pourrait contribuer à satisfaire les besoins agricoles et aider à réaliser de grandes économies d'eau potable.

Agriculture

Le secteur agricole (agriculture, élevage, pêche) joue un rôle important dans l'atteinte des objectifs de la stratégie de croissance accélérée (SCA). C'est pourquoi, il est urgent de s'orienter vers des options d'adaptation plus globales et mieux structurées.

Ces solutions d'adaptation devront s'inspirer des acquis des expériences réussies, que ce soit au plan national ou international. Les interventions qui tourneront autour du renforcement des capacités des producteurs, de l'application de technologies d'adaptation et la politique de maîtrise de l'eau créeront les conditions pour une intensification optimale de l'agriculture.

Pêche

Dans la perspective d'assurer une exploitation durable de la ressource halieutique, le Sénégal a déjà institué des mesures et dispositions réglementaires, à travers notamment la création des institutions administratives et techniques de suivi et de gestion du secteur des pêches. Malgré tous ces efforts, les ressources halieutiques du Sénégal continuent de connaître une diminution depuis quelques années.

Les orientations préconisées pour permettre au secteur de jouer son rôle dans l'accélération de la croissance s'appuient sur les stratégies suivantes :

Stratégie 1 : Promotion d'une pêche responsable de conservation des ressources

La modification des méthodes de capture est une priorité. A cet effet, il est indispensable de disposer d'une cartographie spécifique des zones les plus sensibles pour tenir compte des priorités et de l'urgence d'intervenir dans certaines zones pour favoriser une plus grande visibilité dans le secteur. Cette cartographie permettra de proposer une régulation de l'accès à la ressource.

Stratégie 2 : Développement des stratégies de marketing

La recherche doit être accentuée afin de connaître suffisamment l'évolution de la ressource halieutique par rapport à l'environnement marin, côtier et continental et de développer des stratégies d'adaptation propres. L'amélioration des statistiques des pêches, particulièrement de la pêche continentale et de l'aquaculture, permettra d'identifier les espèces dont l'exploitation peut être envisagée de manière rationnelle.

Stratégie 3 : Promouvoir l'aquaculture vivrière et de rente durable.

En matière d'aquaculture la priorité sera donnée à la production vivrière car celle ci a pour effet d'augmenter l'offre de produits, de garantir la sécurité alimentaire et l'approvisionnement des industries de transformation.

Zone côtière

La stratégie consistera à renforcer les actions en cours dans le cadre d'une politique intégrée de gestion du littoral et des côtes du Sénégal, en veillant à l'intégration des réalités régionales. En effet pour arriver à une politique côtière cohérente et pertinente, les pays côtiers doivent harmoniser et mutualiser les efforts pour favoriser une lutte efficace pour la préservation des zones côtières de la sous région. Avec un programme ambitieux développé dans un ensemble de projets programmés dans le court, moyen et long terme, la gestion des côtes dispose d'un plan stratégique.

Pour ce faire, les études et recherches ont proposé des solutions ci-après, en vue d'avoir une stratégie intégrée de lutte contre les agressions de l'environnement côtier : (i) mettre en place un schéma directeur d'aménagement du littoral, (ii) assurer la cohérence institutionnelle de la gestion du littoral, (iii) maîtriser le phénomène d'érosion côtière à travers des activités de recherche / développement, (iv) mettre en place un Observatoire du littoral, (v) réaliser des ouvrages diversifiés et adaptés au contexte local et (vi) renforcer les capacités de suivi des ouvrages.

Forêt et biodiversité

La stratégie proposée s'appuie sur la lutte contre les feux de brousse et le développement de programmes de reboisement. Ces mesures visent à renforcer les efforts de lutte contre la désertification et la sauvegarde de la faune et de la flore (reboisement, mise en défens, régénération naturelle, aménagement pour la production durable des forêts) qui ont permis de porter le ratio reforestation/déboisement à 1,25 .

Les options préconisées devront s'inspirer des acquis des expériences réussies, que ce soit au plan national ou international. Dans le court terme, les stratégies d'adaptation prioritaires s'articulent avec les programmes de lutte contre la sécheresse et la désertification exécutés au Sénégal depuis plusieurs années.

2.4. Plan d'actions pour l'adaptation

L'analyse des risques climatiques ci-dessus démontre les liens entre les changements climatiques et les secteurs socio économiques de base. Mais au-delà du rappel des principales conséquences néfastes sur l'économie et la lutte contre la pauvreté, c'est un plaidoyer pour une meilleure connaissance des défis à relever afin de favoriser l'adaptation au changement. Ainsi, cette stratégie se veut la feuille de route sur la base de laquelle devront être appréciées toutes les décisions stratégiques visant une meilleure adaptation à la péjoration climatique. Cette stratégie devra plus tard être intégrée à la stratégie nationale de développement.

Les objectifs de la stratégie d'adaptation doivent servir de cadre de référence pour la réalisation des meilleurs investissements sectoriels, en vue d'assurer un développement soutenu intégrant l'impact du risque climat. Dans cette dynamique, des actions transversales et sectorielles seront mises en œuvre durant 05 ans dans les divers secteurs économiques.

Dans un souci de veiller à la cohérence des interventions et à l'optimisation de l'utilisation des ressources, les actions identifiées ont été regroupées dans cinq principaux programmes : (i) développement des connaissances sur les changements climatiques, (ii) promotion des technologies et du partenariat, (iii) prévention et gestion des risques, (iv) renforcement de la mobilisation des ressources en eau et (v) promotion de la bonne gouvernance des ressources naturelle

Programme 1 : Développement des connaissances sur les changements climatiques

Le programme vise l'amélioration des systèmes d'information et communication (IEC) sur le changement climatique. A cet effet, les actions retenues portent sur des domaines transversaux et concernent, la diffusion des informations et la communication autour des défis des changements climatiques. Une stratégie de communication a été élaborée. Sa mise en œuvre permettra d'atteindre l'objectif de ce programme sans occulter les multiples programmes identifiés dans ce sens et qui concourent à cet objectif.

Programme 2 : Promotion des technologies et du partenariat

Le programme vise la mise en œuvre d'options d'adaptation adaptées au contexte local, à travers la recherche, le partage et le transfert de technologies.

Les actions proposées portent sur le développement de la recherche et les échanges sur les bonnes pratiques en matière technologique. Les résultats des recherches seront consignés dans les documents d'orientation technique spécifiques, des études de cas et des notes sur les bonnes pratiques.

Programme 3 : Prévention et gestion des risques climatiques

Le programme vise à améliorer le taux de couverture sociale des populations. Il prévoit la mise sur pieds de dispositifs pour la prévention et la lutte contre les effets du changement climatique qui constituent des risques de basculement (ou d'accroissement) dans la pauvreté pour une bonne partie de la population.

Les activités seront articulées autour des composantes ci-après et concernent les domaines et secteurs de la protection sociale, l'habitat, l'agriculture et la santé :

- *Renforcement des capacités nationales, sectorielles et locales en matière de préparation, de réponse face aux catastrophes*

- *Mise en place de dispositifs de lutte contre les effets des chocs.*

Les actions de protection identifiées dans les secteurs de l'habitat, de l'agriculture, devraient permettre aux populations de se protéger contre les effets des chocs climatiques (inondations,...).

- *Mise en place des instruments adaptés (systèmes d'alerte précoce et systèmes d'intervention.)*

Des expériences en cours seront renforcées dans le domaine de la protection (*assurance agricole, maladie, etc*).

Programme 4 : Renforcement de la mobilisation des ressources en eau.

Le programme vise la valorisation rationnelle des ressources en eau. Les activités concernent les secteurs de l'hydraulique et de l'agriculture et tourneront autour des composantes suivantes :

- *Connaissance du potentiel en ressources en eau*

La maîtrise du potentiel existant et son évolution dans le temps constituent un enjeu important pour la planification et la mise en œuvre de stratégies durables. Les études devraient ainsi permettre de déterminer les caractéristiques et les volumes d'eau disponibles par zone agro-écologique.

- *Mise en place des infrastructures de mobilisation et gestion de l'eau*

Le Sénégal dispose d'un important potentiel de ressources en eau avec des eaux de surface, des eaux souterraines et des eaux de ruissellement, mais les volumes réellement mobilisés annuellement sont estimés à moins de 10 % des réserves d'eau disponibles, en raison de la grande difficulté dans la mobilisation et la valorisation des ressources, en particulier pour le secteur agricole. En ce qui concerne les eaux de ruissellement, le pays a déjà une expérience en matière de valorisation de ces eaux. En effet, près de 22 935 000 m³ d'eau usées sont collectées annuellement (2002) dans les villes assainies du Sénégal. Au niveau de la région de Dakar, un volume journalier de 15 000 m³ est traité sur les 59 000 m³ collectés. L'augmentation de ce volume pourrait aider à lutter contre les déficits d'approvisionnement en eau de Dakar et ses environs pour certains secteurs d'activités, en particulier pour l'agriculture dans la zone des Niayes où la demande en eau d'irrigation est très élevée.

C'est pourquoi, le programme prévoit des activités articulées autour de la construction et de la réhabilitation d'infrastructures hydrauliques structurantes, en particulier pour l'irrigation, mais aussi la mise en place de systèmes efficaces de gestion de l'eau.

Programme 5 : Promotion de la bonne gouvernance des ressources naturelles

Le programme vise le renforcement des conditions préalables et des mécanismes pour la gestion rationnelle des ressources naturelles (zones côtières, pêche et foresterie). Il est articulé autour des composantes suivantes :

- *Renforcement du cadre juridique et institutionnel*

Des insuffisances des cadres réglementaire, juridique et institutionnel ont été notées dans les différents secteurs concernés (pêche, foresterie,...). Ces limites constituent des contraintes pour une bonn

Avec les activités prévues dans ce domaine, les niveaux de responsabilités des catégories d'acteurs (*collectivités locales, secteur privé, services étatiques*) seront définis et des actions appropriées arrêtées pour la gestion du patrimoine naturel.

- *Appui aux acteurs des secteurs*

Le renforcement des capacités techniques, financières et de gestion constituent un accompagnement des acteurs pour la gestion durable des ressources naturelles.

2.5. Plan de mise en œuvre

L'opérationnalisation du plan d'action constitue une préoccupation qui a guidé cet exercice de planification. Il s'agit de prendre les dispositions institutionnelles pour favoriser une bonne appropriation de la stratégie et en faire un tableau de bord qui orientera l'ensemble des acteurs et parties prenantes afin que leurs interventions s'inscrivent entre autres dans la lutte contre les effets néfastes des changements climatiques.

2.5.1. Principes directeurs de la mise en œuvre

La mise en œuvre de la Stratégie nationale s'inspire des principes directeurs de la stratégie de Réduction de la Pauvreté et des principes de durabilité. Les principaux principes directeurs sont la proximité, la participation, la transparence, et la synergie.

2.5.2. Pilotage et suivi de la mise en œuvre

Le caractère multisectoriel de la stratégie d'adaptation nécessite un pilotage impliquant les principaux ministères concernés, les organisations patronales, les syndicats, les acteurs de la société civile, les représentants des collectivités locales (tableau 62). Le dispositif proposé comprend:

- Un **Comité de pilotage** qui sera constitué essentiellement au Comité National Changement Climatique (COMNACC) ;
- Un **Secrétariat technique** au sein du COMNACC qui s'appuiera sur l'expertise des différentes institutions membres (experts dédiés au suivi).

Le Ministère en charge de l'Environnement assure la tutelle de ce dispositif.

Tableau 62 : Rôles et responsabilités des parties prenantes dans la stratégie d'adaptation

Institutions	Rôles et responsabilités des acteurs
Gouvernement (Ministère de l'Economie et des Finances Ministères sectoriels concernés par les questions d'adaptation)	renforcer le cadre institutionnel, introduction des instruments économiques et définition des cadres de gestion des performances Mise en place des politiques, normes, règlements et principes directeurs et du financement approprié. Promotion/vérification des investissements pour une meilleure prise en charge des changements climatiques Appui aux investissements résistants face aux changements climatiques (secteur privé, collectivités locales,...) Analyse des incidences des changements climatiques dans la mise en œuvre de la politique de développement
Collectivités Locales	Suivi de l'introduction des changements dans divers secteurs Etablissement de liens entre les préoccupations économiques, sociales et environnementales et les actions retenues dans les stratégies communautaires.
Secteur privé/ Patronat	Sensibilisation au sein des organisations patronales Utilisation des outils disponibles pour intégrer les impacts des changements climatiques ; Contribution pour combler les déficits en matière d'investissement et de développement durable.
Organisations de la société civile	Sensibilisation Plaidoyer Faire-faire
Organisations scientifiques et académiques (écoles, universités et centres de formation)	Recherche-action sur les options d'adaptation Recherche orientée vers les politiques Informations à l'attention des décideurs
agents de communication	Renforcer l'information sur les risques climatiques

2.6. Suivi et évaluation

Les objectifs visés par le dispositif sont : (i) le suivi du processus de mise en œuvre de la stratégie et (ii) l'évaluation de l'impact des interventions, à travers les indicateurs intermédiaires et de résultat. Le dispositif devra permettre de suivre la stratégie, au niveau de chaque secteur, mais aussi de manière globale (et locale) pour prendre en compte le caractère multidimensionnel de certaines interventions. De manière générale, le suivi peut être assuré par le COMNACC qui est chargé de la coordination de la production des rapports d'avancement et d'évaluation. Sur la période de mise en œuvre de la stratégie, il est prévu un rapport d'avancement annuel et la cinquième année, un rapport d'évaluation de la stratégie.

Le suivi sectoriel de la mise en œuvre est assuré par des points focaux des ministères sectoriels et autres parties prenantes qui ont pour mission de coordonner les activités de la stratégie au sein de leur département, ainsi que les relations avec les autres secteurs. Le point focal devra produire un rapport sur l'état d'avancement des interventions et l'évolution des indicateurs dans le secteur.

Les indicateurs retenus, de manière consensuelle par les parties prenantes, devront être liés aux indicateurs du DSRP et des OMD (*taux de couverture sociale, incidence de la pauvreté,...*). Ainsi, il sera possible de mesurer la contribution des interventions dans l'atteinte des objectifs de développement du pays.

2.7. Financement de la stratégie nationale

La mise en œuvre de la Stratégie nationale d'adaptation au changement climatique nécessite des investissements additionnels (par rapport aux investissements en cours dans le cadre des programmes qui concourent à l'adaptation aux changements climatiques) d'environ 172, 5 milliards FCFA, répartis entre le programme 1 (07 milliards FCFA), le programme 2 (27,2 milliards FCFA), le programme 3 (55, 7 milliards FCFA), le programme 4 (20,7 milliards FCFA), et le programme 5 (61,7 milliards FCFA) (tableau 63).

Tableau 63 : **Tableau de synthèse (Programme et composante)**

Secteur /Domaine	Ressources additionnelles (millions FCFA)
Programme 1	7 000
<i>Amélioration des systèmes d'informations et communication (IEC,...)</i>	7 000
Programme 2	27 250
<i>Recherche-action</i>	6 250
<i>Transfert de technologies et Partenariat</i>	21 000
Programme 3	55 750
<i>Renforcement des capacités nationales, sectorielles et locales</i>	16 500
<i>Mise en place de dispositifs de lutte contre les effets des chocs</i>	19 250
<i>Mise en place d'instruments adaptés</i>	20 000
Programme 4	20 750
<i>Connaissance du potentiel</i>	1 000
<i>Mise en place des infrastructures de mobilisation et gestion de l'eau</i>	19 750
Programme 5	61 750
<i>Renforcement du cadre juridique et institutionnel</i>	1 700
<i>Appui aux acteurs des secteurs</i>	60 050
TOTAL	

La stratégie nationale sera financée principalement par l'Etat et ses partenaires. La revue des dépenses publiques montre que l'Etat est déjà engagé dans la mise en place d'initiatives visant la protection des populations face aux chocs et effets néfastes des changements climatiques. Il a déjà inscrit dans la programmation budgétaire des ressources importantes pour faire face aux besoins des groupes vulnérables

et gérer les catastrophes, à travers plusieurs fonds (calamités, bonification, solidarité, etc.) (il faudrait indiquer la quantité de ces implications budgétaires).

L'apport des partenaires techniques et financiers pourra être fait selon diverses modalités (appuis budgétaires, appui projets, emprunts, subventions). Pour ce qui est du secteur privé, il pourra intervenir à travers un partenariat public-privé, mais aussi par la mise en œuvre de projets sociaux. Des contributions d'autres acteurs (*collectivités locales, populations,...*) pourraient aussi être mises à profit dans le cadre de la recherche de solutions d'adaptation au changement climatique.

En définitive, il a été constaté que l'adaptation a un coût et le défi des pays en développement est surtout lié à la recherche des fonds nécessaires pour faire face aux conséquences des changements climatiques. Mais puisqu'au niveau mondial, il existe plusieurs fonds et initiatives visant à accompagner le financement des projets d'adaptation, l'Etat devra veiller à la bonne préparation des projets, mais aussi accompagner le secteur privé pour une plus grande mobilisation de ces fonds.

Chapitre V : Autres informations sur la mise en œuvre de la convention

I. RENFORCEMENT DES CAPACITES

Le volet renforcement des capacités occupe une place prioritaire dans la mise en œuvre de la convention sur le climat et des autres Conventions de Rio.

Cette priorité est également mise en exergue dans les politiques et les stratégies nationales de développement, notamment le Document Stratégique de Réduction de la Pauvreté (DSRP II), le Plan d'Actions Environnemental pour l'atteinte des Objectifs Du Millénaire (OMDs) et la lettre de Politique sectorielle de l'Environnement et des Ressources Naturelles.

1.1. Etat des lieux du renforcement des capacités

La démarche méthodologique suivie par le Sénégal en vue de la mise en œuvre de la convention sur le climat s'articule autour d'un certain nombre de points dont :

- la mise en place du cadre organisationnel
- la vulgarisation de la Convention et de son Protocole ;
- l'élaboration, la validation et l'adoption d'une Stratégie Nationale de mise en œuvre de la convention ;
- l'élaboration des Communications Nationales;
- la mise en œuvre de certains projets issus de la Stratégie Nationale de Mise en Œuvre;

La mise en œuvre de la CCNUCC repose sur un cadre institutionnel approprié favorisant l'implication de tous les acteurs concernés.

Cette démarche s'est traduite au plan politique et institutionnel par la mise en place d'un certain nombre de cadres de planification.

1.2. Etat des lieux des Projets ou Programmes réalisés ou en cours

L'exécution d'une série de projets et programmes a sous-tendu la mise en œuvre de la convention.

Parmi les projets qui ont contribué de façon substantielle au renforcement de capacité, on peut noter :

Projet PNUD/GEF : Appui aux Inventaires de GES : Ce projet a permis de réaliser les premières Inventaires de GES au Sénégal en 1995 et également de préparer la communication initiale.

Projets NCAP I et 2 financés par le Royaume des Pays Bas a permis de réaliser les études de vulnérabilité et d'adaptation aux changements climatiques dans les secteurs suivants : agriculture, ressources en eau, zone côtière, Tourisme et infrastructures.

Projet GF/ 2200/ 95-15 RISO : Analyse économique des options de réduction des GES. Ce projet, financé par la FEM, entre 1998 et 1999, a permis les réalisations suivantes :

- l'étude sur l'analyse du cadre de développement socio-économique du Sénégal, l'établissement d'un bilan énergétique et l'actualisation de l'inventaire des émissions de gaz à effet de serre (GES) ;
- l'étude sur l'accroissement des capacités de séquestration de carbone ;
- l'étude sur l'intégration des énergies nouvelles et renouvelables dans la politique d'électrification ;
- l'étude de l'amélioration de l'efficacité énergétique dans l'industrie.

Projet Efficacité énergétique des bâtiments (ENERBAT) PNUD/FEM RAF/93/G32 " Réduction des émissions de gaz à effet de serre grâce à l'amélioration de l'efficacité énergétique des bâtiments en Afrique de l'Ouest : Côte d'Ivoire - Sénégal"

Ce projet avait pour objectif de renforcer ou créer des capacités, d'introduire et de diffuser en Afrique de l'Ouest des technologies de construction efficace au plan énergétique, d'en prouver la rentabilité

économique, pour créer des conditions durables permettant de réhabiliter les bâtiments existants et de concevoir, construire et exploiter des bâtiments neufs plus performants.

La **Phase I** du projet pourrait être résumée comme une phase de renforcement de capacités techniques et institutionnelles orientées vers :

- La formation des experts, architectes, ingénieurs, techniciens aux outils scientifiques ;
- Le Recueil, analyse et organisation des données physiques et énergétiques ;
- La Caractérisation et codification des matériaux, des équipements et du milieu ;
- Les Etudes Socio-économiques.

La **Phase II** du Projet ENERBAT est une phase essentiellement orientée vers un objectif de démonstration, à partir d'un échantillon de 5 Grands Bâtiments (La RTS, Direction de la SONACOS, La BHS, l'Hôtel LAGON 2 et l'Hôtel GANALE).

Projet de gestion durable et participative des énergies traditionnelles et de substitution (PROGEDE)

Ce projet comprend deux volets :

- l'aménagement durable des formations naturelles pour la production de bois-énergie : Volet offre ;
- a gestion de la demande et de promotion des énergies de substitution : Volet Demande

Les résultats suivants sont attendus dans sa deuxième phase du projet :

- les capacités de séquestration de carbone passent de 1,1 million de tonne de CO₂ au cours des 7 premières années à 4,5 millions CO₂ au delà de 15 ans. ;
- la diffusion de 225 000 foyers améliorés. La diminution de la consommation de carbone de bois sera de 1,6 kg/jour/ménage. Ce qui présente une réduction des émissions de GES de 1,5 million de tonnes de CO₂ en 7 ans (durée du projet) et 4,8 millions de tonnes de CO₂ au-delà de 15 ans.

Le Projet a beaucoup contribué à la mise à disposition des données d'activités ou de données tout simple pour la réalisation des inventaires de GES pour le secteur foresterie.

Le Projet PNUD/GEF SEN 97/OI Identification des besoins en Transfert de Technologies :

Ce Projet a permis de réaliser, en 2001, une évaluation des besoins en transfert de technologies dans les secteurs de l'Énergie, des bâtiments et de faire le point sur des besoins en matière de Système d'Observation Systématique des Changements Climatiques.

Projet d'Appui au Point Focal FEM

Ce projet financé par le FEM a permis de réaliser, entre 2000 et 2003, la Sensibilisation sur les opportunités qu'offre le FEM à travers la CCNUCC.

Projet BM/FEM : Energie Renouvelable avec l'ASER

C'est un projet financé par le FEM pour lever les obstacles à la promotion des Energies Nouvelles et Renouvelables par la prise en charge, en partie, des investissements privés dans le secteur.

Le Programme d'Appui Institutionnel au secteur de l'environnement avec l'AFD

Ce programme financé par la France a permis l'organisation à Dakar et à Conakry des réunions de renforcement des capacités des points focaux et des négociateurs.

Projet PNUD/FEM RAF02-G31 « Renforcement de Capacités pour l'Amélioration de la Qualité des inventaires de gaz à effet de serre en Afrique de l'Ouest et du Centre ».

L'objectif général du projet est de renforcer les capacités des 14 pays participants afin qu'ils puissent améliorer la qualité de leurs inventaires nationaux de GES.

Ce projet a beaucoup contribué à l'amélioration des Inventaires dans le cadre de cette deuxième communication nationale. Il a proposé un cadre institutionnel durable pour la réalisation des inventaires, la

formation des experts ayant participé aux inventaires et la réalisation de revue des pairs lors de l'atelier régional d'Abidjan en 2008.

Le Projet de Réhabilitation des Forêts et des Espaces Ruraux (PREFER) avec le CRDI.

Ce projet a également contribué à la recherche et l'acquisition de données sur la séquestration de carbone pour l'inventaire de GES et à l'élaboration des scénarii de référence pour les projets MDP.

Projet « Programme d'Action National d'Adaptation aux Changements Climatiques (PANA) ».

Ce projet, en plus des études qu'il a permis de réaliser pour identifier les besoins urgents et immédiats en matière d'adaptation aux changements climatiques, a été l'occasion d'échanges fructueux entre experts et acteurs locaux sur les changements climatiques.

PHRD avec la Banque Mondiale :

C'est un projet de renforcement de capacité pour le montage de projet MDP. Il a aidé entre autres à former des formateurs sur l'élaboration des PIN et des PDD.

Projet Autoévaluation Nationale des Capacités à Renforcer (ANCR)

C'est un projet PNUD/FEM qui a pour objectif premier de recenser les priorités et les besoins nationaux en matière de renforcement des capacités de gestion de l'environnement, en particulier dans les domaines de la diversité biologique, des changements climatiques et de la lutte contre la dégradation des sols.

Il a comme principal résultat attendu la formulation d'une stratégie et un plan d'action pour le développement des capacités.

1.3. Autres projets et programmes en cours contribuant au renforcement de capacité

- Le Projet Adaptation aux Changements Climatiques dans la zone côtière (ACCC) ;
- Le Projet CC Dare ;
- le Projet de Gestion Intégrée des Ecosystèmes du Sénégal (PGIES) ;
- le Projet Biodiversité Sénégal Mauritanie ;
- le Projet Info Clim avec le Centre de Suivi Ecologique ;
- Le Projet de Gestion des Terres dégradées (PROGERT) ;
- Le Projet du CRDI sur l'adaptation aux changements climatiques.

1.4. Synthèse des forces et faiblesses de la mise en œuvre de la Convention

La mise en œuvre de la CCNUCC au Sénégal s'est heurtée à un certain nombre de difficultés aux plans institutionnel, financier, humain et technique.

a. Au plan institutionnel

Au plan institutionnel, les insuffisances relevées sont surtout liées à l'absence d'entité favorisant le contrôle des investissements (y compris ceux accordés à la société civile) en faveur de la lutte contre les changements climatiques.

Malgré la volonté politique affichée, les capacités humaines et institutionnelles du pays pour gérer l'environnement global demeurent insuffisantes. On note aussi une insuffisance de moyens permettant aux différents départements ministériels d'exécuter et/ou de coordonner efficacement les actions de développement durable. Le comité national changement climatique devrait être renforcé pour jouer pleinement ce rôle.

b. Au plan financier

Les insuffisances au plan financier se résument comme suit :

- faible mobilisation des ressources pour la mise en œuvre de la SNMO ;

- manque de financements des projets de recherche relatifs aux changements climatiques ;
- manque de moyens pour l'élaboration rapide de projets à soumettre au FEM et des projets MDP ;
- insuffisance des moyens financiers nécessaires pour le fonctionnement du point focal national, de l'AND et du COMNACC;
- faible contribution de l'Etat dans les projets Changements Climatiques.

Dans un tel contexte, le renforcement des capacités est réalisé non pas sur la base des besoins réels et prioritaires, mais plutôt en fonction des opportunités offertes.

c) Au plan humain

On note essentiellement les aspects suivants :

- faible capacité des acteurs à formuler de projets éligibles au MDP et également les domaines d'intervention Changements Climatiques du FEM ;
- faible motivation du personnel technique due à une absence de perspective de carrière dans le domaine des Changements Climatiques ;
- mobilité et/ ou la non disponibilité de certains experts nationaux formés.

d) Au plan technique

Sur le plan technique, les principales contraintes relevées tant au niveau central que décentralisé sont entre autres :

- faible maîtrise des données nationales dans les secteurs liés aux Changements Climatiques ;
- fiabilité de certaines données et informations (importations et consommations de combustibles modernes à usage énergétique, parc automobile, consommation de bois d'énergie des ménages, superficies de forêts défrichées, quantités d'engrais, occupation des terres par culture, type de plantations, etc.) ;
- difficultés d'accès aux données et informations dans certains secteurs (industries, sociétés de commerce, banques, hôtels, etc.) ;
- insuffisance des moyens matériels de collecte et d'archivage (bases de données non informatisées), d'analyse et de communication (SIG, NTIC) pour la plupart des services producteurs de données ;
- manque de modèle climatique régional ayant une résolution spatiale adéquate pour l'élaboration des scénarii de changements climatiques à un horizon temporel donné;
- mécanismes de prévisions climatiques et hydrologiques insuffisamment élaborés ;
- insuffisance et déperdition de l'expertise nationale en matière d'inventaire de GES ;
- Pas de contrôle de qualité sur certaines données ;
- Mauvaise répartition spatiale du réseau d'observation météorologique ;
- Faiblesse dans les échanges sous régionales de technologies sur l'adaptation ;
- Faiblesse dans la valorisation de technologies autochtones ;
- Matériels inadaptés des structures de recherches.

1.5. Actions possibles en renforcement des capacités prioritaires

Par rapport aux besoins identifiés, les actions prioritaires à mener en matière de renforcement des capacités sont résumées comme suit :

- renforcer le point focal et ses démembrements (COMNACC et comités régionaux) ;
- former les acteurs sur l'élaboration des projets et procédures de financement ;
- Renforcer en moyen matériel, humain et financier la structure en charge du mécanisme de MDP ;
- intensifier les actions d'information et de sensibilisation des acteurs et à tous les niveaux ;

- élaborer au niveau décentralisé, des politiques et stratégies locales sur les changements climatiques;
- élaborer et mettre en œuvre une stratégie nationale à long terme de collecte, d'analyse et d'archivage des données pour améliorer la préparation des inventaires de GES ;
- Mettre en place des mécanismes continus de suivi et évaluation des politiques et des stratégies ;
- Impulser les échanges interrégionaux sur les bonnes pratiques en matière d'adaptation ;
- Valoriser les technologies autochtones d'adaptation aux variabilités climatiques ;
- Doter les structures de recherche (y compris universités, instituts) et d'observation systématique en expertise et moyens matériels adéquats ;
- Mettre en place un cadre d'échange entre structures de recherche et d'observation tant au niveau national que régional ;

1.6. Quelques idées de Projets de Renforcement de capacité

Projet d'appui institutionnel au Point Focal CCNUCC et à l'AND :

L'objectif de ce projet est d'apporter un appui matériel, financier et humain à la coordination des activités de changement climatique et de permettre à celle-ci par des dépliant, des émissions et ateliers de vulgariser les enjeux de la Convention et du Protocole de Kyoto et aussi de mettre au niveau décentralisé des structures.

Projet de Recherche pour la mise au point d'un système d'information et d'aide à la décision en matière de gestion de l'Environnement et des ressources naturelles

L'objectif de ce projet est d'intégrer dans un système d'information et d'aide à la décision (SIAD) les bases de connaissance et les outils d'analyse relatifs à l'Environnement et au fonctionnement des systèmes bio-productifs.

II. RECHERCHE ET OBSERVATION SYSTEMATIQUE

Au Sénégal, l'interaction de trois centres d'action est à l'origine des événements météorologiques: l'anticyclone des Açores, les hautes pressions au nord de l'Afrique et l'anticyclone de Sainte-Hélène.

Les premières observations ont débuté en 1863, avec la création d'une station météorologique à Saint-Louis. A partir de 1903, l'érection d'un Service météorologique favorisait la mise en place d'un réseau d'observation météorologique.

2.1. Système d'observations

2.1.1. Observations de l'atmosphère

Le réseau national d'observation météorologique (fig. 13) se compose de trois branches essentielles : le réseau synoptique, le réseau climatologique et le réseau pluviométrique.

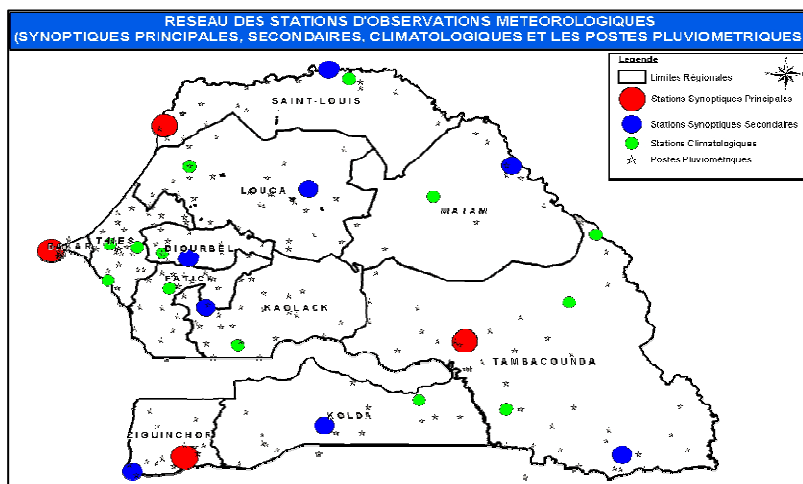


Figure 13 : Répartition du réseau national d'observation météorologique

2.1.2. Le réseau d'observation en surface

Le réseau synoptique national est composé d'une vingtaine de stations synoptiques et climatologiques. Ce réseau est régi par des règles de fonctionnement standardisées à l'échelle internationale et les données produites circulent dans le Système Mondial de Télécommunication, selon les normes et des fréquences communes à tous les services météorologiques nationaux de tous les pays. Le réseau national d'observation météorologique du Sénégal est essentiellement subdivisé en quatre catégories de stations :

2.1.2.1. Stations Synoptiques Principales

Elles sont au nombre de quatre (4) et fonctionnent 24h/24h avec une observation toutes les heures. Pratiquement tous les paramètres météorologiques y sont observés.

2.1.2.2. Le réseau de stations synoptiques secondaires

Le réseau est composé de huit (8) stations et fonctionne 19h/24h avec une observation au moins toutes les trois heures.

2.1.2.3. Le réseau de stations agro-climatologiques

Ce réseau est composé de treize (13) stations climatologiques et fonctionne 19h/24h avec une observation au moins toutes les trois heures. Des observations phénologiques sont également réalisées au niveau de certaines stations à vocation agricole. Le réseau agro-climatologique sert d'appui au réseau synoptique d'une part et constitue une source précieuse d'informations pour la banque de données climatologiques d'autre part. Par ailleurs, les données émanant de ce réseau sont utilisées en temps quasi réel, par certains organismes tiers pour leurs propres applications sectorielles (hydrologie, agriculture, foresterie, etc.)

2.1.2.4. Le réseau de postes pluviométriques

Trois cent treize (313) postes pluviométriques sont actuellement implantés sur le territoire national. La pluie est le seul paramètre observé au niveau de ces postes.

2.1.3. Les observations aérologiques

Le réseau d'observation en altitude (ou réseau aérologique) est formé de deux (2) stations de radiosondages (Dakar et Tambacounda) qui permettent de rendre compte du profil vertical de la troposphère à des heures fixes de la journée. Ces données sont utilisées dans les modèles numériques et par les prévisionnistes pour le suivi et la caractérisation continue des masses d'air pour en déterminer l'état de stabilité.

Le radar météorologique

Un Radar Doppler de Bande S installé à Linguère dans le centre du pays, assure une couverture quasi-totale du territoire. Il permet la détection et le à temps réel (sur les zones couvertes) des foyers orageux et l'évolution spatiale des cellules pluvieuses.

Réception d'images satellitaires

Le Sénégal dispose d'une station de réception des images (des images visibles, infrarouge et vapeur d'eau) de la nouvelle génération de satellites géostationnaires, METEOSAT (Meteosat Second Generation MSG) mise en place par l'Agence Européenne EUMETSAT, avec une fréquence de réception des images de 15 mn et une résolution spatiale de 2.5 Km.

Stations Automatiques

Il existe un réseau de sept (7) stations automatiques disséminés dans le pays en complément au réseau classique d'observation.

La banque de données climatologiques

Les données d'observation sont transmises au niveau du siège de l'ANAMS à Dakar pour être contrôlées, saisies puis archivées. Les données climatologiques issues du réseau d'observation et de mesure sont organisées en banques de données et archivées sur des supports de plusieurs formes :

- Archives sur support papier : bandes diagrammes, bulletins quotidiens d'observation, rapports mensuels, cartes d'analyse ;
- Données numériques sur support informatique : données climatologiques sur bases CLIDATA/Oracle.

Une masse gigantesque de données météorologiques est archivée à l'ANAMS à travers une riche et longue période d'activités (plus d'un siècle). Ces données sont par conséquent un patrimoine national important et représentent la mémoire de la climatologie nationale.

2.1.4. Observations de l'océan

Il n'y a pas de réseau opérationnel et pérenne effectuant des observations et mesures de paramètres physico-chimiques de la mer, en dehors de quelques campagnes de mesure menées dans le passé, par l'IRD (ex ORSTOM) dans le cadre de la recherche.

Le CRODT (Centre de Recherches Océanographiques de Dakar Thiaroye) gère depuis 2004, neuf (9) stations de mesure de courant marin installées le long de la côte et réparties comme suit : Saint Louis (2), Dakar (4), Mbour (2) et Cap Skiring (1). Les données sont journalières et recueillies le plus souvent par des volontaires.

Les activités de ce réseau sont souvent entravées par des problèmes financiers et un manque de personnel qualifié.

L'ANAMS envisage de mettre en place un réseau de mesure de paramètres comme la houle et la marée.

2.1.5. Observations hydrologiques

2.1.5.1. Les ressources en eau de surface

Le Sénégal dispose d'importantes ressources en eau constituées d'eaux de surface et d'eaux souterraines. La configuration du réseau hydrographique national résulte de la configuration géologique et topographique du pays, du régime et de la répartition de la pluviométrie. Le réseau hydrographique concerne essentiellement les grands cours d'eau : le fleuve Sénégal et le fleuve Gambie, dont les eaux proviennent en grande partie des montagnes du Fouta Djallon. A côté de ces grands fleuves, sont présents des cours d'eau de moindre importance (Casamance et Kayanga) et des petits bassins versants dont les écoulements sont temporaires.

Un certain nombre de lacs et de mares complètent le réseau hydrographique, les plus importants sont le Lac de Guiers, les mares de la zone du Ferlo, les bolongs des zones estuariennes et les petits lacs de la région des Niayes.

2.1.5.2. Le réseau hydrométrique national

Le réseau hydrométrique national comprend plus de 100 stations dont environ 75 sont fonctionnelles. Suivant le type de station, les équipements disponibles, les données collectées portent sur différents paramètres : niveaux d'eau, débits et volumes écoulés, vitesses, temps de propagation, qualité de l'eau.

Le réseau hydrométrique du Sénégal est très inégalement réparti. Les stations sont localisées essentiellement sur les grands cours d'eau et sur quelques petits bassins versants. Le chevelu hydrographique est relativement dense, mais la couverture est très lâche. Seul les grands cours d'eau sont bien pourvus en station. Le Sénégal compte 153 stations, la densité est de 1 station pour 2000 km², ce qui se rapproche des recommandations OMM (105 stations). Toutefois, ce chiffre cache d'énormes disparités entre les grands bassins et les petits bassins versants.

2.1.5.3. Le réseau hydrométrique

La plupart des stations du réseau hydrométrique actuel a été installée ou réfectionnée vers 1974 par l'IRD (ex ORSTOM). Ce réseau comprend plus de 100 stations dont environ 75 sont fonctionnelles.

L'utilité de chaque station est bien justifiée. Certaines données collectées sont utilisées pour des besoins immédiats de suivi des ressources en eau. D'autres sont utilisées en temps différé dans le cadre des études. Suivant le type de station, les équipements présents, les données collectées portent sur différents paramètres : niveaux d'eau, débits et volumes écoulés, vitesses, temps de propagation, qualité de l'eau

Le réseau hydrométrique du Sénégal est très inégalement réparti. Les stations sont localisées essentiellement sur les grands cours d'eau et sur quelques petits bassins versants. Le chevelu hydrographique est relativement dense, mais la couverture est très lâche. Seul les grands cours d'eau sont bien pourvus en station. La densité pour le Sénégal est de 1 station pour 2000 km², ce qui se rapproche des recommandations OMM. Toutefois, ce chiffre cache d'énormes disparités entre les grands bassins et les petits bassins versants.

2.1.6. Autres types d'Observations

Il existe d'autres réseaux d'observation non pérennes, au niveau de certaines structures (DEEC, CEREER et C3E) dans le cadre de projets spécifiques.

Centre de la qualité de l'air DEEC

Dans le cadre de la gestion de la qualité de l'air de la ville de Dakar, il est installé à la Direction de l'Environnement et des Etablissements Classés, un réseau de mesure de paramètres météorologiques et de polluants chimiques de l'atmosphère. Il est composé de cinq stations fixes.

CEREER et C3E

Le CEREER effectue dans le cadre du projet TERNA, une campagne de mesures de vent sur deux sites (Cayar et Pôtu). La C3E effectue aussi des campagnes de mesure de température, de l'humidité de l'air et de vent sur plusieurs niveaux dans deux sites (Saint Louis et Kaolack).

2.2. Recherche sur le système climatique

Des modèles numériques ont été développés pour la simulation du comportement de certains paramètres de l'atmosphère pour un futur assez lointain et l'évolution de sa composition en éléments chimiques selon les types de pollution d'origine anthropique.

C'est dans ce cadre que les scientifiques spécialistes du climat, ont mis en place des outils de surveillance de l'atmosphère et des techniques et procédures de prévention et d'alerte.

2.2.1. Recherche sur le climat au Sénégal

Au Sénégal, la recherche sur les changements climatiques s'est accentuée ces dernières années avec le support de plusieurs institutions nationales et internationales.

Des chercheurs sénégalais ont contribué à l'élaboration du troisième et du quatrième rapport du Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'Evolution du Climat (GIEC) de l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM) et du Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE).

A la lumière des conclusions du troisième rapport du GIEC, il a été recommandé de renforcer la précision des observations et de mieux affiner les modèles afin d'amoindrir les incertitudes des scénarios pour le quatrième rapport.

2.2.2. Expérience du Sénégal en modélisation du climat

C'est le programme AIACC appelé « *assessment of Impacts and Adaptation* » qui a permis de poser les jalons de la recherche sur les changements climatiques au Sénégal avec le lancement en 2001, du projet AF20 dont le Laboratoire de Physique de l'Atmosphère et la météorologie nationale ont été bénéficiaires.

Ce projet a permis de promouvoir la modélisation climatique en Afrique de l'ouest et au Sénégal en particulier et d'effectuer des études d'impacts sur plusieurs secteurs comme l'agriculture, les ressources en eau, ainsi que l'agroforesterie, la santé, l'érosion côtière, l'élevage à travers certaines pathologies, la pêche etc. Ce projet a également permis de recourir à des produits de downscaling dynamique dans le cadre d'une nouvelle approche très peu développée en Afrique.

C'est dans ce cadre que des modèles régionaux ont commencé à être implémentés par le LPA.

Le modèle RegCM implémenté à l'ANAMS et au LPA est le plus utilisé grâce au développement d'interfaces pour son forçage par différents modèles de circulation générale. Cette stratégie permet d'avoir de hautes résolutions à partir des différents modèles utilisés. Des simulations sur 30 ans pour la période historique de référence et 30 ans pour le futur, ont été réalisées pour les scénarios A2 et A1.

Une version du modèle RegCM avec une dynamique non-hydrostatique et le couplage avec un modèle de surface avec végétation dynamique en développement sera installée prochainement à l'ANAMS et au LPA pour des simulations qui pourraient être pris en compte dans les travaux du cinquième rapport du GIEC.

Dans le cadre du projet AMMA, un modèle de circulation générale a été installé au LPA, en vue d'approfondir la recherche sur les changements climatiques. Les simulations se focalisent sur la région Afrique de l'Ouest dans le cadre des études sur l'amélioration des connaissances sur la mousson africaine.

2.3. Systèmes d'alerte précoce (SAP)

Le système d'alerte précoce de l'ANAMS est constitué de paquets technologiques allant de l'observation et de la surveillance du climat à la prévision du temps.

Le concept du SAP s'est développé à travers la stratégie du Sénégal d'assurer la sécurité alimentaire eu égard aux conditions climatiques particulières des trois dernières décennies avec comme corollaires la famine, la pauvreté, les sécheresses et la désertification. A cet effet, il se définit comme un mécanisme d'alerte, de prévention, de suivi évaluation des situations conjoncturelles dans les domaines alimentaires, socio-économiques, sanitaires et nutritionnels.

Les principaux outils d'alerte précoce développés par l'ANAMS sont :

- **Le Groupe de Travail Pluridisciplinaire (GTP) :** Le GTP est composé d'une dizaine de services intervenant dans le monde rural, et se réunit régulièrement avec une échéance de 10 jours pendant l'hivernage. Il assure un suivi régulier de la campagne agricole et répond aux préoccupations de survie des populations rurales par la diffusion d'avis et recommandations agrométéorologiques ;
- **Le bilan hydrique prévisionnel** pour le mil (DHC4) est un outil de diagnostic hydrique des cultures qui permet de simuler l'alimentation en eau des cultures et d'établir une prévision de rendement du mil, un mois avant la fin de la saison des pluies ;
- **La Prévision saisonnière du temps :** C'est une prévision à long terme pour les trois mois les plus pluvieux du Sénégal (Juillet, Aout, Septembre), utilisant comme prédicateurs les anomalies de températures de surface de la mer (TSM) des océans Pacifique et Atlantique. L'intérêt d'un tel produit est d'apporter une aide à la décision pour la gestion rationnelle et la planification de l'agriculture et des ressources en eau. Les résultats fournis à l'utilisateur, plusieurs mois à l'avance, une appréciation qualitative de l'état pluviométrique mensuel ou saisonnier ;

- **La Prévision synoptique du temps courte échéance (PST) :** La PST est élaborée à partir de sortie de modèles reçues des Centres Mondiaux de Prévisions (Centre Européen de Prévision, de Météo-France etc..) et du Modèle ETA développé récemment à l'ANAMS. La PST est fournie jusqu'à plus de 72 Heures d'échéance avec une bonne résolution, deux fois par jour (00H et 12H UMT) ;
- **Le Calendrier Prévisionnel de crise alimentaire (CPC):** Le CPC est un ensemble d'outils méthodologiques réunissant les résultats de la Prévision saisonnière, la dynamique d'installation de l'hivernage et les prévisions statistiques de longueur de saison pour circonscrire très rapidement les zones à risque pour la sécurité alimentaire et alerter les décideurs ;
- **L'analyse de la longueur de la saison culturale en fonction de la date de début de pluies :** Cet outil utilise la climatologie pour déterminer statistiquement le début des pluies et la longueur de la saison culturale dans les différentes régions du Sénégal.

Il existe au niveau de l'OMVS un système d'alerte précoce et de communication en cas de rupture de barrage et d'inondation exceptionnelle. Pour gérer le système, l'OMVS utilise un logiciel de simulation de prévision de l'onde de crue entre BAKEL et SAINT-LOUIS où des côtes d'alerte ont été placées. Les informations sont régulièrement mises sur un site internet et communiquées à temps réel par RADIO BLU aux préfets et responsables des services techniques.

L'inconvénient est que le SAP ne prend pas en compte les prévisions de pluies locales, d'où la nécessité d'envisager une collaboration avec les services de l'ANAMS, pour mettre en synergie les deux systèmes d'alerte.

La Direction de la Protection Civile (DPC), dans le cadre du projet de Prévention et de Gestion des catastrophes naturelles, a mis en place un Système d'alerte précoce(SAP) qui sert de relais pour recevoir et disséminer l'information au niveau communautaire.

Concernant les informations météorologiques, des perspectives de collaboration sont envisagées entre la DPC et l'ANAMS.

Les Services de la Météo travaillent en étroite collaboration avec ces deux institutions pour la mise à disposition d'informations météorologiques dans le cadre de la prévention et de la gestion d'événement météorologiques extrêmes.

2.4. Coopération sous régionale et internationale

Le Sénégal participe à divers programmes de recherche et entretient une collaboration fructueuse avec certains pays et organismes.

2.4.1. Service Météorologique des Etats-Unis

Cette coopération a démarré depuis 2005, dans le domaine de la Prévision Numérique du Temps (PNT) pour développer des outils de prévision du temps à l'aide d'un modèle numérique.

C'est ainsi que le Service météorologique américain a permis:

- l'implantation d'un Modèle Numérique (ETA);
- la formation des experts sénégalais sur le Modèle.

2.4.2. Service Météorologique Allemand (DWD)

Une coopération est également établie entre DWD et l'ANAMS, dans le cadre du développement de la Prévision Numérique. Un modèle allemand HRM a été installé depuis 2005 et fournit une fois par jour des prévisions jusqu'à 72 heures d'échéance.

2.4.3. Service Météorologique du Royaume Uni

Il existe un début de coopération avec UK Met office, dans le cadre du développement de la Prévision Climatique. Ainsi, le modèle régional Climat PRECIS vient d'être installé et tourne actuellement en mode expérimental en attendant sa validation. Après, il pourra tourner en mode opérationnel pour fournir des scénarii de changements climatiques, nécessaires aux études d'impact environnemental.

2.4.4. Service Météorologique d'Espagne

Sur financement de l'Espagne, il est prévu un projet régional de météorologie marine qui concernera le Sénégal, la Mauritanie, le Cap vert et la Gambie. Ce projet a pour objectif d'installer des équipements pour l'observation de la mer et pour l'élaboration de services de météorologie marine à communiquer aux usagers de la mer.

2.4.5. Programme AMMA (Analyses Multi-échelles de la Mousson Africaine)

Le programme scientifique international «Analyses Multidisciplinaires de la Mousson Africaine-AMMA» initié en 2002 pour une dizaine d'années a, dans la première phase, concentré ses efforts sur les études de processus et la réalisation des différentes campagnes de terrain, avec pour objectifs :

- améliorer notre compréhension de la mousson d'Afrique de l'ouest et de son impact sur l'environnement physique, chimique et biologique à l'échelle régionale et mondiale.
- fournir les connaissances scientifiques de base qui permettront d'établir les liens entre la variabilité climatique et les problèmes de santé, de ressources en eau et de sécurité alimentaire ainsi que de définir des stratégies de surveillance appropriées et d'envisager des solutions d'adaptation aux changements climatiques.
- veiller à ce que cette recherche multidisciplinaire réalisée au sein d'AMMA bénéficie aux activités de prévision et de prise de décision.

Le Sénégal a participé aux campagnes de mesures.

2.4.6. Programme THORPEX

THORPEX est un programme de l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM) qui vise à améliorer les prévisions de 1 à 14 jours des phénomènes météorologiques à fort impact sur les activités socio-économiques. Le Sénégal est fortement impliqué dans ce programme à l'échelle internationale. Deux experts sénégalais y travaillent.

Tableau 64 : contraintes et besoins en renforcement des capacités

Priorité	Contraintes	Besoin en renforcement de capacités
Observations	Réseaux d'observation météorologique et hydrologique obsolètes et incomplets	Moyens de renforcement des réseaux d'observation en prenant en compte tous les paramètres pertinents pour le suivi de la dynamique du climat et de l'Océan
	Manque de réseaux d'observation marine pérennes	
	Problème d'accès aux données et de disponibilité	moyens informatiques de traitement et d'archivage des données
Recherche	Manque moyens techniques pour les simulations climatiques et l'archivage des données	Acquisition de calculateurs puissants avec des capacités de stockage Développement de modèles adaptés pour faire ressortir les aspects régionaux
	Déficits de chercheurs sur les problèmes du changement climatique	Renforcer les capacités de formation et recherche des Universités et laboratoires nationaux

Bibliographie

- Abiodun, B. J., J. S. Pal, E. A. Afiesimama, W. J. Gutowski, and A. Adedoyin (2007), Simulation of West African monsoon using RegCM3 Part II: impacts of deforestation and desertification, *Theor. Appl. Climatol.*, DOI 10.1007/s00704-007-0333-1.
- Analyse contextuelle des risques majeurs au Sénégal et orientations stratégiques pour la réduction des risques et catastrophes, Sénégal, 2008, Ministère de l'Intérieur.
- Badiane N.A., Khouma M. et Sène M., 2000. Gestion et transformation de la matière organique.
- BARNETT, T. P. (1990). Recent changes in sea level: a summary. In : National Research Council (ed.) "Sea level change", *Studies in Geophysics*, Nat. Acad. Press, Washington, 37-51, 11 fig., 2 tab.
- Communication Initiale Nationale du Sénégal à la CCNUCC – DEEC – Novembre 1997.
- COURTEAU, février-juillet 2005: revue bibliographique, rapport de stage Biomasse-matériaux combustibles, (FIER, 2002).
- CSE, 2000. Annuaire sur l'environnement et les ressources naturelles du CSE Dakar, Sénégal. 268 p.
- CSAO-CILSS, 2008. Profil sécurité alimentaire du Sénégal, 32p.
- Debdoubi A., Haboubi K. et al : Biomasse-matériaux combustibles, FIER, 2002.
- Debdoubi A., K. Haboubi et al pour le charbon de bois, le bois et la bagasse: Anaïs
- DEBAUD, E. (1950). La barre du Sénégal après l'hivernage 1945. In : 2^{ème} Conf. Intern. Africanistes de l'Ouest, Bissau, 1947, Ministeres Colonias, Lisbonne, 1, 151-160, 1 tab., 2 pl. ph.
- DENNIS, K.C., NIANG-DIOP, I., NICHOLLS, R.J. (1995). Sea-level rise and Senegal : Potential impacts and consequences. *J.Coastal Res.*, Fort Lauderdale, Sp.Issue n°14 , 243-261.
- DOUGLAS, B. C. (1991). Global sea level rise. *J. Geophys. Res.*, Washington, 96(C4), 6981-6992, 11 fig., 11 tab.
- Document de travail « Perspectives triennales 2006 – 2008 » - Sénégal – MPDD – Nov. 2005
- Document de Stratégie de Réduction de la Pauvreté -II– Octobre 2006 – MEF.
- Gaye, A. T., Sylla, M. B. 2008. Scenarios climatiques au Sénégal. Laboratoire de Physique de L'Atmosphère et de l'Océan S. F. (LPAO-SF), Ecole Supérieure Polytechnique Université Cheikh Anta Diop, Dakar, Sénégal
- GUEYE, K. (1997). Conception d'un ouvrage de protection côtière contre les inondations à Rufisque. Thèse Docteur Ingénieur, Univ. Dakar, 170 p., 48 fig., 53 tab.
- DIA, B. (1998). L'expérience sénégalaise en matière de fixation des dunes. *Le Flamboyant*, Paris, 48, 16-19, 4 fig., 2 tab.
- Gestion des risques en milieu rural au Sénégal : revue multisectorielle des initiatives en matière de réduction de la vulnérabilité, 2005. Banque mondiale.
- Giorgi, F., and L. O. Mearns (1991), Approaches to regional climate change simulation: A review, *Rev. Geol.* 29, 191–216.
- GORNITZ, V. and LEBEDEFF, S. (1987). Global sea level changes during the past century. In: Nummedal, D., Pilkey, O.H., Howard, J.D. (eds) "Sea-level fluctuations and coastal evolution", *Soc. Econ. Paleontol. Mineral.*, Tulsa (Okl.), Sp. Pub., 41, 3-16, 11 fig., 3 tab.
- Giorgi, F., M. R. Marinucci, and G. T. Bates (1993a), Development of a second-generation regional climate model (RegCM2). Part I: boundary-layer and radiative transfer processes, *Mon. Wea. Rev.* 121(10): 2794 – 2813.
- Giorgi, F., M. R. Marinucci, G. T. Bates, and C. D. Canio (1993b), Development of a second-generation regional climate model (RegCM2). Part II: Convective processes and assimilation of lateral boundary conditions, *Mon. Wea. Rev.* 121(10): 2814 – 2832.
- Journal Officiel de la République du Sénégal de 2004 : (décrets relatifs aux spécifications techniques des produits pétroliers).
- La canne à sucre et l'environnement à la Réunion: revue bibliographique, rapport de stage, Anaïs COURTEAU, février-juillet 2005.
- LOUISE, P. (1918). Considérations sur le littoral des environs de Saint-Louis du Sénégal. *Bull. Com. Et. Hist. Scient. AOF*, Paris, 1-16, 3 fig.
- Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre— Version révisée 1996 (Lignes directrices du GIEC)
- Manuel d'Inventaire des Gaz à Effet de Serre du GCE (NAI) Secteur de l'Agriculture– Questions Générales.
- Manuel de référence des lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre, Version révisée 1996.

McLEAN, R.F., TSYBAN, A., BURKETT, V., CODIGNOTTO, J.O., FORBES, D.L., MIMURA, N., BEAMISH, R.J., ITTEKKOT, V. (2001). Coastal zones and marine ecosystems. In: Mc Carthy, J.J. et al. (eds) "Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability" Cambridge University Press, Cambridge, 343-379, 2 fig., 1 tab.

NDIAYE, A. (1975). Le Gandiolais, l'estuaire du Sénégal. La Langue de Barbarie. Etude géomorphologique. Trav. Et. Rech., Dpt. Géogr., Univ. Dakar, 88 p., 41 fig., 12 tab., 11 ph., 1 pl. h. t.

NIANG-DIOP, I. (1995). L'érosion côtière sur la Petite Côte du Sénégal à partir de l'exemple de Rufisque. Passé – Présent – Futur. Thèse Université, Angers, tome 1, 318 p., 112 fig., 47 tab.

NIANG DIOP I. (2007). Vulnérabilité des côtes sénégalaises aux changements climatiques. Plan National d'Actions pour l'Adaptation, MEPN/DEEC.

IPCC, (2000), Emission Scenarios: A special report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Nakicenovic N., Coordinating Lead Author, Cambridge University Press, Cambridge, U.K., 599 pp.

IPAR, 2007. Le Sénégal à l'horizon 2030 d'une société paysanne à une société urbaine ? Document d'orientation de l'IPAR 2007-2009. 27 p. www.prospectiveagricole.org

Pal, J. S., E. E. Small, and E. A. B. Eltahir (2000), Simulation of regional – scale water and energy budgets: Representation of subgrid cloud and precipitation processes within RegCM, J. Geophys. Res. 105: 29579 – 29594.

Pal, J. S. et al. (2007), The ICTP RegCM3 and RegCNET: Regional climate modeling for the developing world, Bull. Amer. Meteorol. Soc. 88: 1395 – 1409.

Paeth, H. and H. Thamm (2007), Regional modelling of future African climate north of 15°S including greenhouse warming and land degradation, Clim. Change 83(3), 401–427.

Plan d'Action Nationale d'Adaptation aux Changements Climatiques (PANA) 2006, Ministère de l'Environnement et de la Protection de la Nature (DEEC).

Plan d'action pour la gestion intégrée du littoral, 2008, DEEC.

Programme de Gestion Intégrée des Eaux et Sols pour la promotion de systèmes productifs durables (P.G.I.E.S.). Rapport final de préparation de la phase test. Janvier 2002.

Programme Triennal d'Investissements Publics, Sénégal, 2008. Ministère de l'Economie et des Finances.

Rapport de synthèse de la 2^e enquête Sénégalaise auprès des ménages (ESAM II) – juillet 2004.

Rapport du Système d'Information Energétique du Sénégal, 2006.

Rapport du Système d'Information Energétique du Sénégal, 2007.

Rapport sur l'Etat de l'Environnement au Sénégal – MEPN / CSE – Edition 2005.

Rapport national d'investissements du SÉNÉGAL, Syrte, Jamahiriya Arabe Libyenne, 15-17 décembre 2008 ; MEF.

Rapport de la Banque Mondiale 2007. Implication structurelles de la libéralisation sur l'agriculture et le développement rural au Sénégal (1950-2006), 204pp.

Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques et de gestion des incertitudes pour les inventaires nationaux.

Revue annuelle du Document de Stratégies de Réduction de la Pauvreté, Sénégal, 2009.

Roeckner, E. et al. (2003), The atmospheric general circulation model ECHAM5. Part I: Model description, Report No. 349, Max-Planck-Institut für Meteorologie, Hamburg, Germany 127 pp.

SECK, A. (1990). Etude des caractéristiques techniques des ouvrages de protection du littoral à Rufisque. Mémoire I.S.T., Faculté des Sciences, Univ. Cheikh Anta Diop, Dakar, n°021, 47 p., 39 fig., 9 tab., 1 ann.

Situation économique et sociale du Sénégal – Edition 2004 – MEF / DPS.

Situation économique et sociale du Sénégal – Edition 2005 – MEF / DPS / ANSD.

Stratégie de croissance accélérée et pôles de croissance – MEF / CEPOD.

Thomas C., Tessa T. and Rolls J. : The GHG Indicator : UNEP Guidelines for Calculating Greenhouse Gas Emissions for Businesses and Non-Commercial Organisations, 2000.

Thiam M. B. (2007) Bilan de l'azote et du phosphore dans les systèmes d'exploitation de la zone des Niayes. ISRA LNERV (communication personnelle).

Tieszen L., Tappan G.G., Touré A.: Sequestration of carbon in soil organic matter in Senegal: an overview 2004 Journal of Arid Environments, ELSEVIER 17 p.

Annexes

Annexe 1 : le Plan d'action de la stratégie d'adaptation

Tableau 65 : Plan d'actions

Axe 1 : Développement des connaissances sur les effets des changements climatiques et le transfert de technologies adaptées

Domaine/secteur	Stratégies/ Mesures	Actions prioritaires
Information - Communication	Développement et vulgarisation d'un plan d'information, éducation et communication (IEC)	Informier et sensibiliser les acteurs sur les changements climatiques
	Opérationnalisation des risques du climat comme paramètres de planification	Elaborer un guide d'intégration des risques climat pour les documents de planification locale Former les cellules de planification des Ministères sectoriels sur l'intégration des risques climat et les accompagner dans la phase planification Faciliter l'appropriation du guide d'intégration du risque climat dans les sessions de planification locale Organiser des échanges périodiques pour une harmonisation des politiques régionales
Recherche	Promotion de l'implication effective des institutions de recherches, des ONG dans la prise en charge des effets du changement climatiques	Engager les institutions dans l'exploration de sites spécifiques et dans l'approfondissement des connaissances nouvelles liées à un ou plusieurs domaines Faciliter l'accès aux financements sur l'adaptation à travers de nouveaux types de financements
Transfert de technologie	Promotion des projets pilotes pour l'instauration d'un véritable mécanisme de transfert de technologies propres	Instituer un fonds de financement pour une meilleure promotion des initiatives locales d'adaptation par des technologies soft
	Formation en technologie d'adaptation dans les domaines prioritaire Valorisation des savoirs et pratiques locaux en matière d'adaptation	Initier une série de formation et de démonstration en direction des acteurs à la base Evaluer le potentiel géo ingénierie en matière d'adaptation Initier la codification et vulgarisation des savoirs faire endogènes Favoriser les échanges d'expériences au niveau de la sous région

Axe 2 : Renforcement de la prévention et la lutte contre les chocs

Domaine/secteur	Stratégies/ Mesures	Actions prioritaires
Protection sociale	Renforcement de la prévention des risques et catastrophes	Organiser des campagnes d'informations et de sensibilisation sur les risques
		Appuyer les initiatives de prévention et de gestion des risques
	Mise en place des mécanismes de gestion des risques	Mettre en place de fonds
		Mettre en place un système alerte précoce
	Elargir le programme d'assurance agricole	
Santé	Maintien de la dynamique dans la lutte contre le paludisme	Renforcer les actions de prévention et la mise à disposition des médicaments aux populations les plus pauvres
	Renforcement de la prévention et la lutte contre les autres maladies	Analyser les impacts des changements climatiques sur la santé
		Mettre en place des programmes de prévention et de lutte contre les autres maladies
Habitat	Renforcement des réseaux de drainage des eaux pluviales	Etendre les réseaux de drainage des eaux pluviales
	Appui à la mise en œuvre de plans d'urbanisme	Elaborer la cartographie des zones vulnérables
	Développement de schémas architecturaux cohérents et adaptés	Mettre en place des programmes d'habitat social Promouvoir l'utilisation de types de matériaux appropriés aux effets du Changement climatique

Axe 3 : Promotion de la gestion durable des ressources naturelles

Domaine/secteur	Stratégies/ Mesures	Actions prioritaires
Ressources en eau	Réduction des pertes dans les réseaux urbains et ruraux	Renforcer le rythme de renouvellement du réseau d'adduction
		Améliorer une meilleure gestion de la demande en eau
	Amélioration de l'efficacité des systèmes d'irrigation	Mettre en place des systèmes d'irrigation adéquats
		Mettre aux normes les périmètres irrigués
		Appuyer techniquement et financièrement les producteurs dans la conception des projets d'irrigation
	Aménagement des grands cours d'eau	Construire des infrastructures hydrauliques
	Réutilisation des eaux usagées	Estimer la quantité disponible et évaluer la qualité des eaux
		Identifier les germes pathogènes, les parasites et la présence de certains métaux lourds
		Effectuer un traitement tertiaire adéquat
		Assurer un contrôle et un suivi sanitaire par les services de l'hygiène publique l'eau
Renforcement du stockage des eaux de ruissellement	Construire des infrastructures de stockage (<i>bassins de rétention, retenues collinaires, barrages..</i>)	
AGRICULTURE	Renforcement de la politique de maîtrise de l'eau	Mettre en place des infrastructures hydrauliques pour l'irrigation
	Application de technologies d'adaptation	Promouvoir l'utilisation de variétés à cycle court et tolérantes à la salinité
		Recherche de variétés résistantes à de plus forte chaleur
		Diffuser les techniques de fertilisation raisonnée et de pratiques pour la protection des cultures
		Renforcer la lutte contre la désertification
		Promouvoir le développement des activités de séquestration du carbone
	Amélioration de la protection sociale des producteurs contre les chocs	Mettre en place d'un système d'alerte précoce
Renforcer les mécanismes de protection existants (fonds de calamités, assurance agricole,...)		
Renforcement des capacités des acteurs	Mettre et/ou renforcer les instruments d'appui comme les IMF (fonds de bonification,...)	
	Former les acteurs sur les enjeux scientifiques et techniques des changements climatiques	
PECHE	Mise en place d'un environnement institutionnel adapté	Evaluer le code de la pêche
	Conservation de la ressource halieutique	Réaliser une cartographie spécifique aux zones les plus sensibles
		Réaliser des études sur les impacts des pêches sur les structures et le fonctionnement des écosystèmes
		Adopter un calendrier annuel de repos biologique
	Protection de l'environnement	Suivre l'application des mesures d'aménagement par les acteurs
	Mise en place de mécanismes d'appui et renforcement des capacités des acteurs	Renforcer la surveillance et la sécurité des pêcheurs
		Appuyer l'acquisition d'équipements de pêche
Appuyer la mise en place d'infrastructures de conservation et transformation des produits		

		halieutiques
		Appuyer le développement de mutuelles de proximité pour les acteurs
	Amélioration de la compréhension de la dynamique des espèces et des écosystèmes	Réaliser un inventaire des ressources disponibles Organiser des campagnes de sensibilisation, de communication et d'éducation
	Mise en place des mécanismes incitatifs pour le développement de l'aquaculture	Identifier les zones à fort potentiel de développement Mettre en place des projets d'appui technique et financier aux acteurs du secteur Elaborer des schémas de gestion intégrée des côtes et zones de pêche
Zones côtières	Mise en place d'un cadre institutionnel adapté	Assoir un schéma directeur du littoral
	Développement des capacités relatives à la gestion de l'érosion côtière	Elaborer et mettre en œuvre un plan de renforcement des capacités
		Mettre en œuvre des programmes de lutte contre l'érosion côtière et de recherche-action (<i>recherche d'alternatives au sable de mer dans la construction,...</i>)
		Mettre en place un système de suivi (<i>observatoire,...</i>)
	Mettre en œuvre un plan de plaidoyer et de communication relatif à l'érosion côtière	
Suivi des recommandations et engagements pris au niveau international	Organiser des échanges entre les parties prenantes	
FORET	Renforcement des actions de lutte contre les feux de brousse	Promouvoir des actions de lutte contre les feux de brousse
	Promotion des actions de reboisement	Consolider les programmes de reboisement

Budget du plan d'action :

Les montants retenus sont considérés comme des ressources additionnelles identifiées dans les différents secteurs et domaines pour traduire concrètement les enjeux liés à l'adaptation aux risques climat. Ces ressources viennent compléter les investissements déjà engagés par le pays avec l'appui des partenaires (cf PTIP-2009-2011).

Tableau 66 : Répartition des ressources additionnelles (En milliards de Francs CFA)

PROGRAMME		An 1	An 2	An 3	An 4	An 5
Programme 1	7 000	1 700	1 200	1 200	1 450	1 450
Programme 2	27 250	7 750	5 500	5 700	3 950	4 350
Programme 3	55 750	11 000	10 000	11 000	12 000	11 750
Programme 4	20 750	3 950	4 950	4 950	4 200	2 700
Programme 5	61 750	9 550	8 650	10 500	16 650	16 400
TOTAL	172 500	33 950	30 300	33 350	38 250	36 650

Annexe 2 : fiches de projets atténuation dans le secteur déchets

Projet/Activité	Responsable	Coût de mise en œuvre (FCFA)	Recommandations sur l'atténuation
Déchets solides dans les décharges			
Fermeture et réhabilitation de Mbeubeuss	CADAK – CAR/APIX	« déterminé par l'étude de faisabilité »	analyser une solution technique type adapté à l'âge et à la taille de la décharge
Finalisation et exploitation du Sindia	CADAK – CAR/APIX	« déterminé par l'offre de l'entreprise »	Brûlage du méthane à la torche surveillance environnementale des émissions.
Plaidoyer pour la mobilisation de ressources financières dans pour la construction des CET	DEEC	15 000 000	Sensibiliser les partenaires sur le M
Prise d'un arrêté technique Sur la construction et l'exploitation Centre d'Enfouissement Techniqu	DEEC	4 000 000	Prendre en compte la gestion du bi
Eaux usées traitées			
optimisation de l'exploitation Des bassins de traitement (Etude	ONAS	10 000 000	Prendre en compte la réduction des émissions de CH ₄
Mise en œuvre du volet Assainissement rural du PEPAM	DAS		
implication de la société civile dans la valorisation du biogaz des systèmes d'assainissement autonome mis en place dans le cadre du volet assainissement rural du PEPAM	organisations de la société civile		sensibiliser les organisations de la Société civile sur les financements potentiels du micro FEM
réaliser des études techniques pour la valorisation du biogaz des abattoirs (Dakar, Thiés, Touba et abattoir national)	SOGAS	15 000 000	Capitaliser les expériences existantes et prendre en charge également les déchets solides

Annexe 3 : Fiche de projets d'atténuation des émissions dans le secteur de la foresterie

Nom du projet	Promotion des mises en défens enrichies dans le bassin arachidier
Justification	En dépit des multiples efforts du gouvernement et des partenaires au développement pour inverser le processus de la déforestation au Sénégal, force est de reconnaître que le recul des forêts reste préoccupant. Plusieurs facteurs rendent aléatoires les programmes de reforestation : les variations pluviométriques, la salinisation des terres, le déficit en terres cultivables, la démotivation des jeunes à s'investir dans la gestion des terroirs. Ainsi, plus que jamais, la réflexion doit être orientée vers l'identification de solutions adaptées au contexte de lutte contre la pauvreté et de rareté des ressources financières. Dans le bassin arachidier, l'une des mesures les plus stratégiques pour restaurer le milieu naturel et protéger les systèmes de production demeure la promotion des mises en défens enrichies. C'est une technique efficace au plan écologique, peu coûteuse et bâtie sur l'approche participative.
Objectif global	La lutte contre la pauvreté dans le bassin arachidier par une couverture des besoins des populations en produits forestiers ligneux et non ligneux.
Résultats attendus	<p>R1 : 20 sites sont retenus de façon consensuelle pour abriter des mises en défens ;</p> <p>R2 : Pour une gestion durable des mises en défens, des protocoles sont adoptés entre les populations riveraines des sites, les exploitants privés et les communautés rurales.</p> <p>R3 : Un plan d'aménagement, élaboré de façon participative, est adopté pour chaque parcelle mise en défens</p> <p>R4 : Des règles d'exploitation et de commercialisation des produits issus des mises en défens sont testées et adoptées.</p>
Activités	<p>Organiser des réunions d'information sur la dégradation du milieu naturel</p> <p>Animer, au niveau local, des rencontres sur le choix des sites</p> <p>Créer des comités villageois regroupant l'ensemble des villages riverains d'une parcelle</p> <p>Elaborer une cartographie des zones mises en défens</p> <p>appuyer l'élaboration de protocoles entre les différents groupes d'acteurs</p> <p>Conduire des études sectorielles en vue d'établir une monographie des sites du projet</p> <p>Définir la situation de référence de chaque site</p> <p>Elaborer un plan d'aménagement de chaque site</p> <p>Faire valider et approuver le plan d'aménagement de chaque site</p> <p>Former les GIE sur les techniques d'exploitation, de transformation, de stockage et de vente</p> <p>Appuyer l'adoption d'une clé de répartition des recettes de vente entre les divers acteurs : producteurs, comité villageois et communauté rurale</p>
Durée	7 ans
Budget	1 355 440 000 FCFA

Nom du projet	Développement du reboisement irrigué dans la vallée du fleuve Sénégal
Justification	<p>La gestion de l'environnement dans la vallée du fleuve Sénégal revêt un caractère particulier en raison de l'intrusion des eaux marines dans le fleuve et des barrages qui y ont été construits permettant la mise en place d'importantes unités hydro-agricoles.</p> <p>Cependant, ces aménagements hydro-agricoles ont beaucoup modifié l'équilibre et la gestion du milieu naturel:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elimination des cultures de décrue avec la stabilisation du niveau du fleuve (suite à la mise en service du barrage de Manantali) ; • Perturbation des parcours du bétail dans le Walo (lit majeur du fleuve) ; • Perturbation de l'activité de pêche dans le fleuve ; • Pollution des eaux et des sols, du fait d'un mauvais système de drainage des périmètres irrigués ; • Salinisation des terres, etc. <p>Aussi, peut-on constater l'abandon de plusieurs périmètres du fait de la salinisation et l'exode massif des jeunes vers Saint-Louis, Dakar et l'Europe à cause de la faible rentabilité des filières agricoles.</p> <p>C'est dans ce contexte qu'il faut revoir les programmes de mise en valeur de la Vallée du Fleuve Sénégal en reconsidérant la place de l'arbre dans la gestion des périmètres. On peut affirmer qu'avec l'élimination systématique des arbres dans les périmètres intégrés villageois (PIV), la faible vulgarisation des brise-vent et la mort des plantations de Gonakié, l'on a compromis la réussite des programmes agropastoraux.</p> <p>Voilà ce qui justifie la nécessité de renforcer l'équilibre des écosystèmes par un programme volontariste de restauration du couvert végétal. L'exécution du projet de développement du reboisement irrigué permettra de freiner les processus de dégradation des terres et des systèmes de production, de régénérer les bois communautaires, de relancer les activités génératrices de revenus à base de produits naturels et, surtout, de réduire le chômage des jeunes par la création d'emplois.</p>
Objectif global	L'amélioration des conditions de vie des populations par un accroissement et une gestion durable du capital forestier
Résultats attendus	R1 : Les systèmes de production agricoles sont améliorés R2 : La formation des producteurs est renforcée R3 : Les capacités en GRN du secteur privé sont renforcées.
Activités	<ul style="list-style-type: none"> - Rééquiper les pépinières en régie de la région de Saint-Louis - Organiser les producteurs à la gestion agrosylvicole des périmètres irrigués - Installer des brise-vent et haies vives dans les périmètres irrigués - Développer la ligniculture dans les délaissées - Choisir des sites pour abriter les unités de polyculture - Informer et sensibiliser les jeunes - Faire affecter les sites encadrés par le Conseil rural - Aménager les unités de polyculture pour les jeunes - Former des pépiniéristes privés - Appuyer des individuels à aménager leur exploitation agro-sylvicole - Appuyer la création de GIE en transformation du bois - Appuyer la filière bois d'œuvre
Durée	5 ans
Budget	1 863 300 000 FCFA

Nom du projet	Plantations de gommier dans la zone du Ferlo
Justification	<p>Avec la migration des isohyètes vers le Sud et la forte variabilité de la pluviométrie en zone sahélienne, la recherche forestière est fortement sollicitée pour trouver des espèces forestières adaptées. Dans ce contexte, les acacias et les prosopis semblent bien se comporter au point qu'ils constituent l'essentiel des espèces plantées en zone aride.</p> <p>Bien mieux, les gommages et les résines qu'ils produisent constituent des produits importants qui améliorent les moyens de subsistance des populations rurales, génèrent des devises et contribuent à l'équilibre des écosystèmes et des agrosystèmes.</p> <p>Par ailleurs, ces produits ont actuellement un regain d'intérêt en raison de la hausse de la demande sur le marché mondial.</p> <p>Voilà pourquoi, l'Acacia senegal (le gommier) est fréquemment retenu dans les programmes de reboisement en zone nord du Sénégal.</p>
Objectif global	Contribution au développement durable et à l'amélioration de la sécurité alimentaire dans le Ferlo à travers la lutte contre la désertification, la dégradation des terres et la pauvreté
Résultats attendus	<p>R1 : Les capacités des producteurs aux techniques de plantation et de saignée du gommier sont améliorées</p> <p>R2 : Les capacités des producteurs à gérer des systèmes de production intégrés sont améliorées</p> <p>R3 : Les compétences des producteurs en négociation de commerce de la gomme arabique sont renforcées</p>
Activités	<ul style="list-style-type: none"> - Elaborer des plans d'aménagement et de gestion des terroirs villageois - Former les producteurs sur les techniques améliorées de récolte, de conditionnement et de contrôle de la qualité primaire des gommages ; - Achat d'unité mécanique (Charrue Delphino) - Achat équipement technologies de tri et conditionnement des gommages et résines - Visites d'échanges d'expérience
Durée	6 ans
Budget	4 800 000 000 FCFA

Nom du projet	Lutte contre les feux de brousse
Justification	<p>Sur le plan éco-climatique, le Sénégal fait partie des pays soudano-sahéliens en proie à une variabilité climatique permanente qui fragilise leurs écosystèmes et leurs systèmes de production. Ceci explique toute la vulnérabilité des ménages face aux facteurs de détérioration du climat et de l'environnement comme : les changements climatiques (sécheresses et inondations), les parasites des récoltes (sauterelles, criquets, etc.), la salinisation des terres, les feux de brousse, etc.</p> <p>De tous ces facteurs, les feux de brousse ont la particularité d'être d'origine anthropique au Sénégal et, paradoxalement, de résister à toutes les approches observées depuis des décennies pour leur éradication. Ce constat est si largement partagé que certains n'ont pas hésité à qualifier le feu de consubstantiel aux écosystèmes sahéliens. Mais cette hypothèse est inacceptable si l'on voit le succès des programmes de mise en défens et des codes de conduite. Ces programmes réussissent partout au Sénégal par la protection du milieu naturel contre les feux, la dent du bétail et l'exploitation</p>

	<p>clandestine.</p> <p>Ce constat pose l'épineux problème de l'efficacité des méthodes de lutte employées jusqu'à présent. Depuis environ 40 ans, divers mécanismes et techniques ont été expérimentés : (1) la responsabilisation collective des villageois ; (2) la création de comités villageois formés et équipés ; (3) la mécanisation de la lutte activé contre les feux de brousse ; (4) la mécanisation de l'ouverture et de l'entretien des pare-feu ; (5) la décentralisation</p> <p>Aujourd'hui, pour rompre le courant actuel de la lutte contre les feux de brousse, qui ne peut mener que vers la régression drastiques des écosystèmes, il faut un programme hardi et novateur qui va impacter positivement le milieu naturel et les organisations communautaires de base</p>
Objectif global	Promouvoir la sécurisation des écosystèmes forestiers du Sénégal à travers le renforcement des capacités d'intervention des acteurs
Résultats attendus	<p>R1: 27 300 km de pare-feu ouverts et/ou entretenus.</p> <p>R2: 70 brigades forestières sont construites/rénovées et équipées</p> <p>R3: Les membres des comités de lutte, les élus, les OCB et les producteurs sont sensibilisés sur les causes et conséquences des feux de brousse.</p> <p>R4: Les ouvriers forestiers et les membres des comités de lutte contre les feux sont formés aux techniques de lutte contre les feux de brousse.</p>
Activités	<p>-Recruter des ouvriers forestiers dans les zones névralgiques, agents d'appui et chauffeurs ;</p> <p>-Acquérir des véhicules tout terrain Pick Up, 4X4 pour la coordination</p> <p>- Acquérir des équipements de camping ;</p> <p>- Acquérir des équipements radio pour un dispositif d'alerte rapide;</p> <p>- Acquérir cinquante (50) engins de lutte contre les feux de brousse ;</p> <p>- Ouvrir 20000 km de pare-feu dans le bassin arachidier et la zone Sylvo-Pastorale.</p> <p>- Réhabiliter 7 500 km de pare-feu au Sud</p> <p>- Acquérir 3 engins graders</p> <p>- Les infrastructures du service forestier sont construites et réhabilitées</p> <p>- Construire 70 nouvelles brigades forestières</p>
Durée	5 ans
Budget	8 400 000 000 FCFA
Nom du projet	Amélioration des techniques de carbonisation du bois
Justification	<p>Depuis plusieurs décennies, le Sénégal est confronté à un déficit pluviométrique récurrent qui, combiné aux facteurs anthropiques, a sérieusement affecté les grands équilibres écologiques, entraînant une dégradation des ressources naturelles, des sols et une baisse de la production agricole. Parmi les facteurs de régression des ressources naturelles, il faut compter une surexploitation des forêts pour, surtout, couvrir les besoins en combustibles domestiques des ménages urbains. Pour y faire remédier, il faut, certes, promouvoir l'aménagement de toutes les forêts de production mais, aussi, l'on doit revoir les méthodes de carbonisation ainsi que les techniques de cuisson.</p> <p>La meule Casamance, mise au point depuis plus de trente ans, n'est pas encore adoptée par bon nombre d'exploitants forestiers alors qu'elle assure :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Une augmentation du rendement anhydre : +30% • Une augmentation du rendement/stère : +50% • Une réduction du temps de carbonisation : -30% <p>Enfin, la Meule Casamance permet de recueillir l'acide pyroligneux et les</p>

	<p>goudrons grâce à sa cheminée qui joue un rôle de condensateur des produits provenant du bois carbonisé.</p> <p>En définitive, le projet d'amélioration des techniques de carbonisation du bois peut jouer un rôle très appréciable dans la lutte contre la déforestation au Sénégal.</p>
Objectif global	Contribution à la lutte contre la dégradation des ressources naturelles et des écosystèmes
Résultats attendus	<p>R1 : Les exploitants forestiers et les conseillers ruraux sont sensibilisés sur les performances de la meule Casamance</p> <p>R2 : Les techniques de montage de la meule Casamance sont vulgarisées au bénéfice des charbonniers</p> <p>R3 : Des mesures incitatives sont adoptées pour la diffusion de la meule Casamance</p> <p>-</p>
Activités	<ul style="list-style-type: none"> - Organiser un atelier de sensibilisation des exploitants forestiers - Recenser les charbonniers non formés à la meule Casamance - Réaliser des supports de formation sur la meule Casamance - Organiser des sessions de formation dans les régions de Tambacounda, Kolda, Kédougou et Sédhiou - Organiser un atelier entre cadre forestiers et responsables de l'UNCEFS pour l'emploi massif de la meule Casamance
Durée	3 ans
Budget	300 000 000 FCFA

Annexe 4 : fiches de projets sur la recherche et l'observation systématique

Nom du projet	Projet d'assistance agro météorologique à l'Agriculture pour la Sécurité Alimentaire et le Développement Durable
Justification	Ce projet se justifie dans la volonté d'intégrer l'ensemble des composantes qui contribuent à la lutte contre la pauvreté par la production et l'exploitation de l'information agro météorologique dans le but d'aider les populations rurales à mieux s'adapter à la variabilité et au changement climatique. Pour être efficace, cette lutte nécessite des convictions et des engagements forts aussi bien au niveau humain que financier.
Objectifs	Contribuer à : <ul style="list-style-type: none"> • la lutte contre la pauvreté par la réduction de l'insécurité alimentaire et le développement du monde rural. • la gestion des situations de risques climatiques
Résultats attendus	Des résultats concrets sont attendus à plusieurs niveaux : <ol style="list-style-type: none"> i) une prévision de qualité adaptée aux besoins du paysan ; ii) l'augmentation des productions agricoles et l'optimisation de l'utilisation des ressources disponibles (semences, engrais, eau, terre, temps de travail) en fonction de la variabilité du temps; iii) la réduction de l'extension agricole en faveur d'une intensification progressive qui limite la dégradation des ressources naturelles ; iv) la création de richesses qui concourent à la limitation de l'exode rural et à la réduction de l'urbanisation incontrôlée.
activités	
acteurs	L'approche de ce projet devra nécessairement être pluridisciplinaire. Il s'agira de mettre en œuvre un cadre de collaboration et de partenariat entre différents acteurs sur la base des compétences requises. L'initiative sera coordonnée par l'Agence Nationale de la Météorologie du Sénégal qui devra animer un groupe de travail pluridisciplinaire et organiser la diffusion des avis. Les autres partenaires impliqués seront : <p>Services techniques :</p> <ul style="list-style-type: none"> • L'Agence Nationale de la Météorologie du Sénégal, pour les aspects techniques d'élaboration des produits d'information. L'ANAMS sera aussi l'animatrice de l'équipe pluridisciplinaire et le dépositaire des données agro-météorologiques provenant de la base. • Les Directions de l'Agriculture, de l'Horticulture et de la Protection des Végétaux, pour les aspects de production agricole, de protection phytosanitaire dans la préparation des avis et pour la formation et l'encadrement; • Les Directions Régionales de Développement Rural (DRDR) et Services Départementales du Développement Rural (SDDR) au niveau des départements impliqués, pour la coordination locale des activités, du protocole, le suivi de la mise en œuvre, la formation et l'encadrement, • L'Agence Nationale pour le Conseil Agricole et Rural (ANCAR), pour l'appui conseil et l'encadrement des producteurs.
budget	350.000.000 FCFA
durée	3 ans

Nom du projet	Projet d'Assistance Météorologique aux usagers de la mer et de contribution à la gestion durable des zones côtières»
Justification	<p>La pêche artisanale représente 75% de la production halieutique du pays. Ce secteur qui constitue la principale ressource économique du pays, rassemblant plus de 12000 embarcations, est très vulnérable aux risques climatiques</p> <p>Le littoral sénégalais est long de 700 Km avec une forte densité d'établissements humains le long des zones côtières. On estime que plus de 2/3 de la population du Sénégal seront localisés sur la côte, dans les années à venir.</p> <p>Les côtes sont affectées par l'avancée de la mer et la fréquence de phénomènes extrêmes imputables au changement climatique tels que : la rupture de la pointe de Sangomar, l'usine de Djiffer sous les eaux, la tempête CINDY, la disparition des plages (cas de Rufisque et Saly...)</p>
Objectifs	Sécuriser les personnes et les biens contre les catastrophes d'origine météorologique en mer et sur les côtes, avec la mise à disposition de données et d'informations météorologiques au profit des usagers de la mer et des décideurs
Résultats attendus	<ol style="list-style-type: none"> 1- La constitution d'un réseau de stations d'observations de météo maritime et d'une base de données climatiques; 2- Des usagers de la mer bien formés à l'utilisation des données et informations météorologiques ; 3- la constitution d'un dispositif de communications des informations météorologiques aux usagers de la mer. 4- Fourniture de services de météo marine pour la gestion côtière et la lutte contre l'érosion côtière
activités	
durée	5ans
budget	494 630 000fcfa

Nom du projet	Projet : Modélisation du Changement climatique ; études d'impact et d'adaptation pour les secteurs de l'agriculture, de l'élevage et des ressources en eau
Objectifs	Comprendre les mutations passées et en cours, dues aux variabilités et changements climatiques, formuler de façon participative des outils d'aide à la décision pour accompagner les mutations futures et vulgariser les résultats de la recherche en vue d'un partage d'expériences.
Résultats attendus	<ol style="list-style-type: none"> 1- Promouvoir une approche de développement intégré visant à améliorer la production agricole ; 2- développer une collaboration accrue de recherche action avec les centres de recherche agronomique nationaux, régionaux et internationaux pour la création de nouvelles variétés adaptées aux conditions climatiques extrêmes ; 3- développer une collaboration accrue avec les structures de pédologie pour la définition et la mise en pratique de nouvelles stratégies de gestion et de restauration des sols adaptés aux effets changeants du climat ; 4- mettre en place au niveau local une école participative paysanne (EPP), un programme d'éducation pour une large adoption des nouvelles technologies et stratégies d'adaptation de l'agriculture aux risques climatiques 5- Unités Génératrices de revenus (UGR au profit de groupements de femmes et de jeunes .
acteurs	Agence Nationale de la Météorologie (ANAMS), Direction du Génie Rural et des Bassins de Rétention et lacs artificiels, Direction de l'Agriculture, Direction de l'Elevage, DGPRE, Institut National de Pédologie
durée	5 ans
budget	650 000 000 FCFA

L'équipe de projet

Cheikh Ndiaye SYLLA :	Coordonnateur
Ndéye Fatou Diaw GUENE :	Assistante du coordonnateur
Abdoulaye Mané :	Gestionnaire
Massamba Ndour :	coordonnateur du groupe inventaire
Madeleine Diouf Sarr :	coordonnateur du groupe adaptation
El hadji Mbaye Diagne :	Coordonnateur du groupe atténuation
Mamadou Sangaré :	coordonnateur du groupe renforcement des capacités

La Direction de l'Environnement et des Etablissements classés remercie ces personnes pour leur appui

Abdoulaye Diao :	Direction de l'Agriculture
Amadou Thierno Gaye :	Directeur du laboratoire de Physique de l'Atmosphère
Amsatou Niang :	Direction des Eaux et Forêt Chasse et Conservation des Sols
Assane Niang :	Ministère des Finances
Aziz Touré :	Directeur Général du centre de Suivi Ecologique
Babacar Diouf :	Direction de l'Environnement et des Etablissements Classés
Babacar Diouf :	Direction de la Planification Nationale
Birame Diouf :	Congad
Cheikh Dieng :	Présidence de la République
Cheikh Fall :	ENSED
Elimane Ba :	Direction de l'Environnement et des Etablissements Classés
Gora Ndiaye :	Direction de Gestion et de Planification des Ressources en Eaux
Ibrahima Diémé :	Direction de l'Agriculture
Ibrahima Fall :	Cellule Communication du MEPN
Isabelle Niang :	Coordonnateur Régional projet ACCC
Libasse Ba :	Enda
Louis Seck :	Ministère des Energies Renouvelables
Maguette kaïré :	Université de Ziguinchor
Mamadou Sambou :	Directeur de l'Energie
Mamadou Kouma :	Senagrosol
Omar Ly	Ingesahel
Pape Alassane Déme :	Direction des Hydrocarbures et des combustibles domestiques
Pape Ibrahima Niang :	Direction de l'Electricité
Ramatoulaye Samba :	Université Cheikh Anta Diop
Ramatoulaye Dieng :	Ministère de l'environnement et de la Protection de la Nature
Saliou Touré :	Consultant
Yacine Badiane Ndour :	Institut Sénégalais de Recherche Agricole
Raymond Malou :	Université Cheikh Anta Diop
Jacques André Dione :	Centre de Suivi Ecologique

Et tous les Chefs de division régionale de l'Environnement et des Etablissements Classés