



**MINISTRE DE L'ENVIRONNEMENT
ET DE L'ASSAINISSEMENT**

REPUBLIQUE DU MALI
Un Peuple – Un But – Une Foi



SECONDE COMMUNICATION NATIONALE DU MALI SUR LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Juin 2011



Table des matières

AVANT-PROPOS	6
LISTE DES SIGLES	8
CHAPITRE I: CONTEXTE NATIONAL	10
1.1 Données nationales du Mali	11
1.2 Contexte Géographique, Climatique et Socio économique	12
1.3 Contexte politique	15
1.3.1 La vision du Mali.....	15
1.3.2 Politiques et Stratégies nationales pour l'environnement.....	15
1.3.3 Evolution du cadre institutionnel du secteur de l'Environnement au Mali	17
1.3.4 Développement du secteur agricole et réduction de la pauvreté	17
1.3.5 Décentralisation.....	19
CHAPITRE 2 CALCUL DES EMISSIONS DE GEZ A EFFET DE SERRE	21
2.1 MODULE 1: CALCUL DES EMISSIONS DANS LE SECTEUR DE L'ENERGIE	22
2.1.1 Données du Secteur de l'Energie en 2000	22
2.1.2 Institutions, organismes et autres acteurs détenteurs des données sur l'énergie	22
2.1.3 Secteurs de consommation et technologies utilisées.....	23
2.1.4 Types d'énergies consommées	23
2.1.5 Limites et portées.....	24
2.1.6 Potentialités et offres énergétiques.....	24
2.1.7 Les importations de produits pétroliers.....	26
2.1.8 L'offre potentielle d'électricité	27
2.1.9 Consommations finales.....	30
2.1.10 Le bilan énergétique.....	35
2.1.11 Les émissions de gaz à effet de serre.....	37
2.1.12 Les émissions globales de GES	38
2.2 MODULE 2 - PROCES INDUSTRIELS	40

2.2.1	Aperçu sur l'industrie malienne	40
2.2.2	Consommation de HCFC	41
2.3	MODULE 3 - CALCUL DES EMISSIONS DANS LE SECTEUR DE L'ELEVAGE.....	42
2.3.1	Introduction	42
2.3.2	Les méthodes de collecte des données	43
2.4	MODULE 4 - CALCUL DES EMISSIONS DANS LE SECTEUR DE LA RIZICULTURE	46
2.4.1	Caractérisation de chaque système de production.....	47
2.4.2	Méthodologie de Collecte des données (Source DNSI).....	49
2.4.3	Calcul des émissions.....	50
2.5	MODULE 5 - CALCUL DES EMISSIONS DANS LE SECTEUR DES FEUX DE BROUSSE	52
2.5.1	Les données.....	52
2.5.2	Calcul des émissions du sous secteur des feux de savane pour l'année 2000	53
2.6	MODULE 6 - CALCUL DES EMISSIONS DANS LE SECTEUR DE RESIDUS AGRICOLES.....	54
2.6.1	Les données.....	54
2.6.2	Calcul des émissions du sous secteur pour l'année 2000	55
2.6.3	Emissions de N ₂ O par les sols agricoles et la gestion du fumier	56
2.6.4	Gestion du fumier (AWMS) :	61
2.6.5	Emissions indirectes de N ₂ O par les sols agricoles	62
2.6.6	Lessivage et ruissellement	64
2.6.7	Synthèse des émissions de GES dans le secteur Agriculture.....	65
2.7	MODULE 7 - CALCUL DES EMISSIONS DANS LE SECTEUR DU CHANGEMENT D'AFFECTATION DES TERRES ET DE LA FORESTERIE	66
2.7.1	Etat du couvert végétal	66
2.7.2	Évolution des superficies des principales cultures du Mali.....	67
2.7.3	Calcul des émissions dans le secteur de l'UTCUTF	68
2.8	MODULE 8 - CALCUL DES EMISSIONS DANS LES SECTEURS DES DECHETS	70
2.8.1	Secteur des déchets	70

2.8.2	Synthèse des émissions pour l'année 2000	72
2.8.3	Conclusions	73
CHAPITRE 3	ATTENUATION.....	76
3.1	Secteur de l'Energie et de l'Industrie.....	77
3.1.1	Scénarios de base dans les secteurs de l'Energie et Industrie	77
3.1.2	Scénarios d'atténuation dans les secteurs de l'Energie et Industrie	78
3.2	Foresterie	79
3.3	Agriculture	82
CHAPITRE 4	ADAPTATION.....	83
4.1	Introduction	84
4.2	Risques climatiques.....	84
4.3	Les secteurs vulnérables.....	84
4.4	La Vulnérabilité actuelle aux changements climatiques	85
4.4.1	Agriculture.....	85
4.4.2	Santé	86
4.4.3	Ressources en eau.....	86
4.4.4	Evolution récente de la pluviométrie.....	86
4.4.5	Elevage	87
4.4.6	Forêt – Faune	87
4.5	Identification des groupes les plus vulnérables	88
4.6	Vulnérabilité future aux changements climatiques.....	89
4.6.1	L'analyse prospective	89
4.7	Actualisation du scénario climatique.....	89
4.7.1	Introduction	89
4.7.2	Résultats des scénarios climatiques du Mali.....	91
4.7.3	Nécessité d'une étude d'actualisation.....	91
4.7.4	Prise en compte de nouvelles données	91

4.7.5	Evolution des modèles climatiques.....	91
4.7.6	Scénario d'émission.....	91
4.8	Impacts futurs des changements climatiques	93
4.9	Evènements climatiques extrêmes.....	94
4.9.1	Cas de la température.....	95
4.9.2	Cas de la pluviométrie.....	98
4.9.3	Production de données	104
4.10	Cas d'études de vulnérabilité et d'adaptation dans le secteur de l'agriculture	108
4.10.1	Introduction	108
4.10.2	Résultats et discussion	110
4.10.3	Evaluation des rendements sur les sites du projet prioritaire du PANA.....	129
4.11	Mesures et options d'adaptation	134
4.11.1	Mesures identifiées dans le cadre du PANA	134
4.11.2	Exemples de projets ou de bonnes pratiques en matière d'adaptation en cours ou planifiés qu'il faut promouvoir ou amplifier.....	136
CHAPITRE 5	BESOINS EN RENFORCEMENT DES CAPACITES.....	145
ANNEXES	152
A	INVENTAIRES DE GES : MODULE ENERGIE	153
a)	Les combustibles fossiles	153
b)	Les hydrocarbures	157
c)	L'électricité.....	158
B	INVENTAIRES DE GES : MODULE PROCÉDES INDUSTRIELS.....	171
C	INVENTAIRES DE GES : MODULE AGRICULTURE	175
D	EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE DANS LE SECTEUR DE L'AGRICULTURE : BRULAGE DES RESIDUS AGRICOLES.....	187
E	INVENTAIRES DE GES : MODULE UTCUTF	190
F	INVENTAIRES DE GES : MODULE DECHETS.....	208

G	ETUDE DE VULNERABILITE : CONTENUS DES FICHIERS DE SORTIE DU MODELE	216
	Données climatiques.....	216
	Données pluviométriques.....	217
	Données sur la culture	218
	Propriétés du sol	218
	Besoins en eau des cultures.....	219
	Baisse du rendement	220
	Données climatiques du site de Sikasso	221
	Données climatiques du site de Kita.....	228
	Données climatiques du site de Ségou	235
	Données climatiques du site de Mopti	242
H	DONNEES CLIMATIQUES UTILISEES POUR L’EVALUATION DES RENDEMENTS SUR LES SITES DU PROJET PRIORITAIRE DU PANA	247
	MASSANTOLA.....	247
	CINZANA.....	249
	MPESSOBA	251
	SANDARE.....	253
	MONDORO.....	255
	TABOYE 257	
	REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	259

AVANT-PROPOS

A l'instar de plus de 150 pays de la Communauté Internationale, le Mali, a adopté le 9 Mai 1992 au siège de l'Organisation des Nations Unies (ONU) à New York, la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC).

La même année, en Juin 1992, il a signé cette Convention lors de la Conférence des Nations Unies sur l'Environnement et le Développement tenue à Rio de Janeiro. La ratification de la Convention a été faite le 28 Décembre 1994.

L'objectif ultime de la Convention sur les Changements Climatiques, en référence à son article 2, est de "stabiliser conformément aux dispositions pertinentes de la Convention, les concentrations de Gaz à Effet de Serre (GES) dans l'atmosphère à un niveau qui empêche toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique. Il conviendra d'atteindre ce niveau dans un délai suffisant pour que les écosystèmes puissent s'adapter naturellement aux changements climatiques, que la production alimentaire ne soit pas menacée et que le développement économique puisse se poursuivre d'une manière durable".

Pour atteindre cet objectif ultime, les Parties Contractantes à la Convention prendront des mesures en veillant sur un certain nombre de principes (article 3).

Selon l'article 12 de la Convention, chaque pays parti doit fournir régulièrement à la communauté internationale des informations sous forme de communication nationale Parmi ces informations figurent "un inventaire national des émissions anthropiques par ses sources et de l'absorption par ses puits, de tous les gaz à effet de serre non réglementés par le protocole de Montréal". Le pays doit également fournir "une description générale des mesures qu'il prend ou envisage de prendre pour appliquer la Convention" ainsi, que toute autres informations que la partie juge utile pour atteindre l'objectif de la Convention.

Conformément à cet article, le Mali a réalisé pour sa Seconde Communication Nationale les études suivantes :

- La présentation du contexte national ;
- Les inventaires des émissions de GES pour l'année 2000 (qui a été choisie comme année de référence au niveau international) pour l'élaboration des secondes Communications Nationales (SCN) ;
- L'élaboration d'un programme d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre dans les secteurs prioritaires comme l'énergie, la foresterie, l'agriculture ;
- L'Etude sur la Vulnérabilité/Adaptation aux effets des changements climatiques dans certains secteurs prioritaires comme l'Agriculture et les ressources en Eau ;

- L'élaboration d'un programme d'adaptation aux effets néfastes des changements climatiques.

D'autres efforts pertinents (fournis par le pays) et allant dans le sens de la mise en œuvre de la Convention ainsi que les contraintes et les besoins liés à cette mise en œuvre ont également été mentionnés.

Avec le concours de ses partenaires au développement et des organismes internationaux, le Mali est en train de mettre en œuvre un programme global d'actions stratégiques pour la préservation des ressources de l'Environnement. Ce programme prendra en compte toutes les stratégies développées dans les études techniques.

Nous adressons nos vifs remerciements à nos partenaires en particulier le FEM et le PNUD, dont le soutien financier a permis l'élaboration de la présente Communication Nationale.

Qu'il me soit aussi permis de remercier tous les experts nationaux qui ont apporté leur contribution lors des différentes études.

LISTE DES SIGLES

CCNUCC :	Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques
CED :	Cellule Energie Domestique
CH ₄ :	Méthane
CMDT :	Compagnie Malienne de développement textile
CNESOLER :	Centre d'Energie Solaire et d'Energies Renouvelables
CNRST:	Centre National de la Recherche Scientifique et Technique
CO :	Monoxyde de carbone
CO ₂ :	Dioxyde de carbone
DNM :	Direction Nationale de la Météorologie
DNHE :	Direction nationale de l'hydraulique et de l'Energie
DNT:	Direction Nationale des Transports
ENI:	Ecole Nationale d'Ingénieurs
ENSUP:	Ecole Normale Supérieure
FEM:	Fonds pour l'Environnement Mondial (en anglais GEF)
GEF:	Global Environment Fund (en français : FEM)
GES:	Gaz à effet de serre
Gg:	Giga grammes (1000 tonnes)
Gj:	Giga joules (10 ⁹ joules)
GPL:	Gaz de pétrole liquéfié (butane)
IER:	Institut d'Economie Rural
IPCC:	Intergouvernemental Panel on Climate Change (en français : GIEC)
MDP :	Mécanismes de Développement Propre

METEO:	Service Météorologique Nationale
N ₂ O:	Oxyde azoteux
NOx:	Oxyde d'azote
ONG :	Organisation Non Gouvernementale
PNAE :	Plan National d'Action Environnementale
SNMO :	Stratégie Nationale de mise en Œuvre

CHAPITRE I: CONTEXTE NATIONAL

1.1 Données nationales du Mali

La situation générale du pays est résumée dans le tableau 1.1

TABLEAU 1.1: DONNEES NATIONALES DU MALI

Critères	2000
Superficie (en km ²)	1 241 231
Population (habitants)	11.008.518
Densité (habitant/km ²)	7,65
Taux de croissance moyen (%)	2,97
Population de moins de 15 ans (en %)	47,2
Population urbaine (en % de la population totale)	24
PIB (milliards F CFA)	1105,4
PIB par habitant (F CFA)	116.360
Estimation de la part du secteur informel dans l'économie (% du PIB)	25
Part de l'Industrie dans le PIB (%)	18
Part des services dans le PIB (%)	35
Part de l'agriculture dans le PIB (%)	47
Taux de croissance du PIB (en %)	6
Superficie utilisée à des fins agricoles (millions d'hectares)	12
Superficie forestière (millions d'hectares)	100
Taux d'alphabétisation de la population totale (%)	31
Taux d'alphabétisation des hommes (%)	39,4
Taux d'alphabétisation des femmes (%)	23,1

Source: Direction Nationale de la Planification

1.2 Contexte Géographique, Climatique et Socio économique

Le Mali est un pays enclavé au cœur de l'Afrique de l'Ouest. Il compte environ 13,5 millions d'habitants dont la majorité vit en milieu rural, avec un taux de croissance de l'ordre de 3% par an. Il est situé entre 10° et le 25° de latitude Nord et entre 4° de longitude Est et 12° de longitude Ouest. Sa superficie est de 1.241.238 km², soit environ 1/24^{ème} de la superficie totale de l'Afrique. Le pays partage plus de 7 000 km de frontières avec sept pays limitrophes, à savoir: le Sénégal et la Guinée- Conakry à l'ouest, la Mauritanie au Nord-Ouest, l'Algérie au nord, le Niger et le Burkina Faso à l'est, et la Côte-d'Ivoire au Sud.

Le pays est divisé en 8 régions administratives (Kayes, Koulikoro, Sikasso, Ségou, Mopti, Tombouctou, Gao et Kidal) ainsi que le District de Bamako; 49 districts (Cercles), et 703 municipalités (communes). Dans le processus de décentralisation, l'État transfère progressivement certaines responsabilités de gestion des terres à ces structures gouvernementales.

La topographie du Mali varie de plaines de sable désertique dans le nord à la grande plaine alluviale du Delta Intérieur du Niger. Dans le nord, la topographie est caractérisée par la prédominance de plateaux et de plaines de sable. Le nord-est est caractérisé par une extension des massifs de grès du Sahara central. Les vallées du massif s'ouvrent à la plaine du Tamesna à l'est, à la Fosse Telemsi à l'ouest, vers le bassin occidental de la vallée de l'Azaouak au sud, et au Tanezrouft au nord.

Le centre du pays est dominé par une vaste plaine alluviale, à savoir, le delta intérieur du fleuve Niger. Dans la zone de Goundam, les dunes et les petites collines rocheuses rejoignent les plaines du delta où les lacs se sont formés. Une deuxième catégorie regroupe des plaines s'étendant sur l'Est du delta entre la boucle nord du Niger et du plateau Dogon, dans le sud, elle est connue sous le nom de Gourma. A ce niveau, on peut observer des chaînes de dunes fixes et isolées émergeant des plaines rocheuses ou sablonneuses.

D'une manière générale, le Mali a deux (2) saisons: une saison sèche qui dure de 9 mois dans le nord (octobre à juin) à 6 mois dans le sud (de novembre à avril) et une saison humide qui dure 3 mois dans le nord et 6 mois dans le sud.

Le Mali est divisé en quatre zones climatiques (cf. tableau ci-dessous):

TABLEAU 1.2: ZONES CLIMATIQUES DU MALI

Nom	Précipitations	Superficies et Emplacement
Le Nord du Sahara Aride	< 200 mm/an	632 000 km ² – 51 % du territoire, Nord
La zone Sahélienne semi aride	200-600 mm/an	285 000 km ² – 23% du territoire, Central
La zone Soudanaise	600-1000 mm/an	215 000 km ² – 17.5% du territoire, Région sud y compris la capitale
La zone Soudano-Guinéenne	>1000 mm/an	75 000 km ² – 6% du territoire Région du Sud

Source: AEDD (Document Etat de l'Environnement)

Le Delta du Niger est également une région écologique distincte du pays où sont cultivées la plupart des céréales tributaires de la crue (ex. le sorgho).

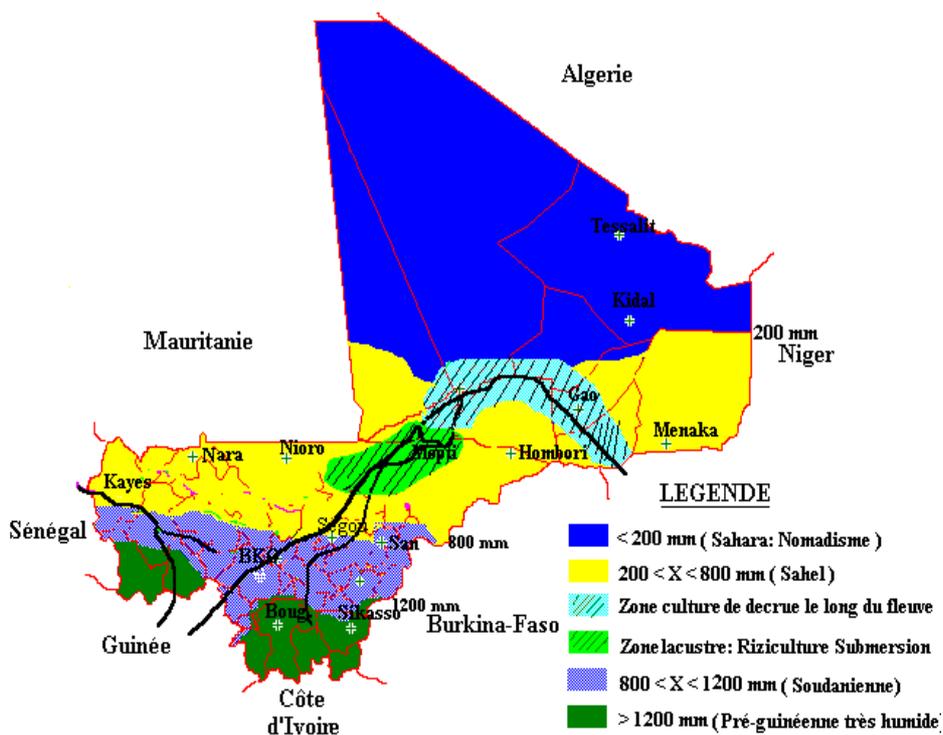


FIGURE 1.1: REPARTITION DES ZONES CLIMATIQUES DU MALI (SOURCE: PANA, 2007)

Différents systèmes de production coexistent par suite de la diversité des gradients agro-climatiques. D'une manière générale, les éleveurs sont exclusivement basés en zone sahéenne tandis que des combinaisons mixtes d'agriculteurs, d'éleveurs et d'agro-pasteurs existent dans les régions plus au sud.

La production agricole du Mali est un mélange de cultures vivrières, principalement pour l'autoconsommation, ainsi que davantage de cultures industrielles telles que le coton. Les cultures vivrières, l'élevage et le coton représentent, respectivement, 20,7%, 9,5% et 6,0% de la production du secteur primaire.

Seul 14% de la superficie du Mali est considéré comme cultivables mais l'économie du pays est cependant fortement dépendante de l'agriculture. En fait, l'économie du Mali est largement dominée par le secteur primaire qui emploie 83,4% de la population active. Les secteurs secondaire et tertiaire de l'économie ne sont pas encore bien développés. Ils emploient respectivement 4,1% et 12,5% de la population active. Le secteur agricole au Mali a été très affecté par les variations climatiques, y compris les sécheresses cycliques et la désertification, qui ont sévi pendant des décennies. L'augmentation de la pression démographique a conduit à la conversion des terres marginales ou boisées en terres agricoles et par conséquent a entraîné une réduction des périodes de jachère et une dégradation générale de la fertilité du sol.

1.3 Contexte politique

1.3.1 *La vision du Mali*

La vision du Mali est celle édictée dans l'Étude Nationale Prospective (ENP) Mali 2025: « Conjuguer sagesse, authenticité et dynamisme pour faire du Mali, une Nation prospère, performante et moderne dont le peuple aura su se saisir résolument de son propre devenir pour demeurer un Peuple uni dans sa riche diversité, tourné vers un But commun et ayant une Foi indéfectible en son avenir ». Cette vision constitue aussi le soubassement du Cadre Stratégique pour la Croissance et la Réduction de la Pauvreté (CSCR 2012-2017). L'objectif stratégique à long terme n°4 de cette vision est: « Un Cadre Environnemental Amélioré ». Un des sous – objectif de cet objectif stratégique est : « lutter contre la désertification et les autres effets climatiques néfastes transnationaux ». L'élaboration de la SCN s'inscrit en droite ligne avec l'atteinte de cet sous objectif. Il s'inscrit également en droite ligne de l'objectif stratégique à long terme n°3 de la vision qui est : « Une Economie Forte Diversifiée et Ouverte ».

1.3.2 *Politiques et Stratégies nationales pour l'environnement*

En ce qui concerne les politiques environnementales et de gestion durable des ressources, trois initiatives importantes ont été mises en place en 1996 et 1998 : (i) l'Esquisse du Schéma national d'Aménagement du Territoire (ESAT), (ii) les Avant-projets des Plans Régionaux d'Utilisation des Terres et de Développement (APRUD, 1996), et (iii) la Politique Nationale de Protection de l'Environnement (PNPE). L'ESAT et l'APRUD constituent le cadre pour le développement spatial du Mali et fournissent les lignes directrices pour le développement à long terme du pays et de ses régions. En outre, une nouvelle politique forestière a été formulée en 1996, où une grande priorité a été accordée à la participation des parties prenantes et de la société civile.

La Politique nationale pour la protection de l'environnement (PNPE) a été préparée en 1998 dans le prolongement de l'activité de ratification par le Mali de l'Agenda 21 et de la Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification (CNULCD). La PNPE a un double objectif : (i) assurer un environnement sain et un développement durable en rendant tous les acteurs responsables, et (ii) aider à combattre la désertification, assurer la sécurité alimentaire, prévenir et combattre la pollution et réduire la pauvreté.

Le document de politique fournit une base solide pour l'harmonisation et la programmation des interventions à travers un large éventail d'actions auparavant dispersées, sectorielles et mal intégrées. Il présente l'objectif de protection de l'environnement et les principes généraux, ainsi que les orientations stratégiques, pour guider la formulation et la mise en œuvre de plans d'action spécifiques. Une série de plans d'action est proposée à trois niveaux : national, régional et local.

Actuellement, neuf programmes d'action nationaux ont été identifiés. Ils se présentent sous la forme de projets concrets, comprenant des actions à grande et petite échelle, urbaines ou rurales, visant à

intervenir dans les activités quotidiennes des populations locales, afin qu'elles soient intégrées dans une approche et une réponse efficaces face aux conditions de vie réelles. Avec l'aide de Partenaires Techniques et financiers (y compris la GIZ), des initiatives communautaires pour la gestion durable des ressources naturelles ont été entreprises dans certaines communautés rurales et sur des terres marginales.

En vertu de plans d'action régionaux, l'essentiel du budget a été alloué au développement des ressources hydriques et à l'amélioration des infrastructures hydrauliques dans la région de Tombouctou. Dans ce programme, de nombreuses mesures de conservation des sols sont proposées, visant toutes à améliorer le contrôle de l'eau et la protection contre les inondations des plaines inondables et des plateaux soumis à des flux considérables d'eau et à l'érosion éolienne, ainsi qu'à l'imperméabilisation des sols.

Enfin, il faut signaler la récente élaboration de la Politique et de la Stratégie Nationales en matière de Changements Climatiques ainsi que l'initiation de la préparation d'un Cadre Stratégique pour une Economie Verte et Résiliente aux Changements Climatiques (CSEVRCC) sous la coordination de l'AEDD. Ces différents outils sont complémentaires et prendront en compte les Mesures d'Atténuation Nationale Appropriées (MANA) comme les Programme Nationaux d'Adaptation (PNA) ainsi que les mesures dans le cadre de la Réduction des Emissions liées à la Déforestation et la Dégradation des Terres y compris la conservation et le renforcement des puits de carbone (REDD+).

Cette politique ainsi que les plans d'action et plans d'investissements issus des différentes stratégies pourrait être mis en œuvre entre autres à travers un Fonds Climat en gestation dont les premières contributions pourraient se faire dans le cadre des contributions « FAST START » ou annoncées à Copenhague en prélude au Fonds Vert Climat.

L'architecture d'une Economie Verte Résiliente aux Changements Climatiques (EVRCC) pourrait être la suivante

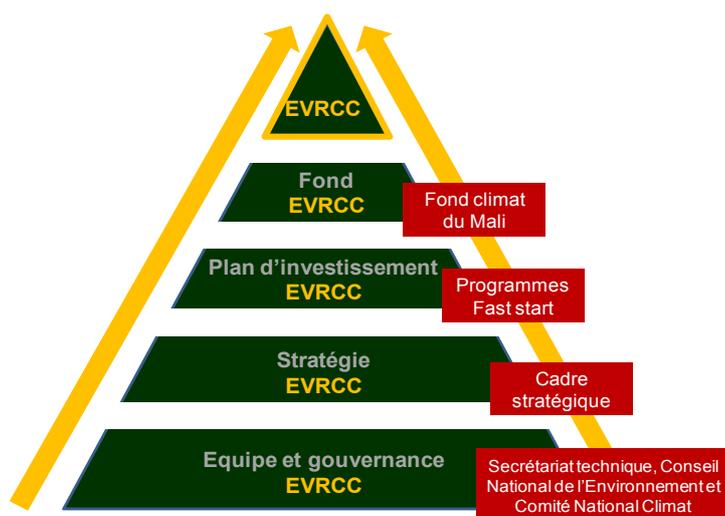


FIGURE 1.2 : ARCHITECTURE DE L'EVRCC (SOURCE : AEDD)

1.3.3 Evolution du cadre institutionnel du secteur de l'Environnement au Mali

La récente transformation du Secrétariat Technique du Cadre Institutionnel de Gestion des Questions Environnementales (STP-CIGQE) en Agence de l'Environnement et du Développement Durable (AEDD) dénote de la volonté du Mali de donner une place de choix à la gestion de l'Environnement. L'AEDD a en charge la coordination de toutes les activités au niveau national allant dans le sens de la mise en œuvre des différentes conventions internationales auxquelles le Mali a souscrit dans le domaine de l'environnement. L'Agence doit aussi favoriser le renforcement des capacités nationales dans le secteur de l'environnement ainsi que la mobilisation des ressources au niveau national et international afin de permettre au pays de mettre en œuvre des activités de développement durable.

Il faut également saluer la création du Comité National sur le Climat (CNC) qui s'inscrit dans la mise en œuvre des obligations du Mali au titre de la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques

1.3.4 Développement du secteur agricole et réduction de la pauvreté

Le Gouvernement du Mali (GdM) accorde une importante priorité à l'agriculture. Le premier pilier du Cadre stratégique pour la croissance et la réduction de la pauvreté (CSCR) du Gouvernement du Mali pour la période 2007-2011 accorde la priorité à la sécurité alimentaire et à la hausse des revenus des producteurs ruraux par l'augmentation, la sécurisation et la diversification de la production alimentaire. Ce pilier devrait être atteint en assurant une gestion durable des ressources naturelles, et grâce à la modernisation des exploitations familiales, l'expansion des infrastructures productives et le développement de l'agroalimentaire.

En 2006, le Gouvernement du Mali a adopté la Loi d'Orientation Agricole (LOA) destinée à conduire à la modernisation du secteur et l'accroissement de la valeur ajoutée. En octobre 2009, dans le cadre du Programme Détaillé de Développement de l'Agriculture Africaine (PDDAA) et sous les orientations de la Communauté économique des Etats de l'Afrique de l'Ouest (CEDEAO), le GdM a adopté sa feuille de route et son compact pour l'élaboration d'un programme national d'investissement du secteur agricole, PNISA - Programme National d'Investissement Sectoriel Agricole.

Au cours de la dernière décennie, le secteur agricole du Mali a fait l'objet d'un certain nombre de réformes majeures. L'Etat s'est fortement désengagé du rôle actif joué dans le développement rural et la production agricole. Par exemple, la responsabilité en matière de gestion des systèmes irrigués a été remise aux usagers de l'eau et la commercialisation des produits d'irrigation est désormais entièrement contrôlée par des coopératives et groupes de producteurs. La restructuration de l'agriculture, de l'eau, de la foresterie et le développement rural a conduit à l'adoption d'une approche multidisciplinaire axée sur les services fournis par des organismes gouvernementaux, ainsi que par la promotion des organisations non gouvernementales et du secteur privé. Ces changements ont été mis en œuvre afin que les organismes, acteurs et prestataires de services dans leur diversité soient en mesure de répondre de manière appropriée aux besoins des systèmes très complexes et diversifiés de gestion des ressources naturelles.

Le Ministère de l'agriculture a pris la direction de ce processus, avec le Schéma Directeur du Secteur Développement Rural (SDDR). Le dialogue coopératif entre les principaux acteurs dans le développement rural et des représentants des acteurs de la société civile, y compris la communauté des donateurs, est essentiel pour la stratégie. Le SDDR initial (1991) a été révisé et approfondi en 2001. En conséquence, plusieurs domaines prioritaires d'intervention ont été identifiés, et notamment : (i) la garantie de la sécurité alimentaire ; (ii) la conservation de la fertilité des sols ; (iii) le développement de régimes de contrôle de l'eau, et (iv) le renforcement des capacités des services d'appui.

Une bonne gestion de l'environnement et une gestion durable des ressources sont les éléments essentiels du document de Cadre Stratégie pour la Croissance et la Réduction de la Pauvreté (CSCR), qui a été finalisé en 2002. Dans le cadre de son troisième pilier, le CSCR stipule l'importance du développement du secteur rural et de la gestion durable des ressources naturelles. En conséquence, les éléments stratégiques d'intervention pour la protection des ressources naturelles sont fondés sur : (i) le renforcement du dialogue intersectoriel à travers la forte implication des institutions représentant les femmes et les enfants ; (ii) le renforcement de l'engagement et des responsabilités individuelles des communautés agricoles dans le processus décisionnel, en relation avec la gestion durable des ressources sylvo-pastorales, et (iii) le développement des activités de plaidoyer / sensibilisation par et pour les acteurs du développement durable. Des interventions spécifiques de lutte contre la désertification visent à atteindre quatre objectifs prioritaires : (i) la lutte contre l'érosion et la dégradation des sols ; (ii) le développement et la gestion rationnelle des terres de cultures et de pâturages ; (iii) la mise en œuvre concertée des conventions relatives aux questions environnementales [notamment les Conventions des Nations Unies sur la conservation de la diversité biologique, sur les changements climatiques, la lutte

contre la désertification, et relatives aux zones humides (Convention de Ramsar), et (iv) le développement d'un partenariat actif à tous les niveaux.

Afin d'améliorer la productivité et la protection de l'environnement dans le cadre d'une gestion durable des ressources naturelles, le CSCRP prévoit les mesures prioritaires spécifiques suivantes : (i) fixer 8.000 ha de dunes autour des points d'eau ; (ii) développer et réhabiliter 10.000 ha de forêts classées et de peuplements naturels ; (iii) développer et récupérer 30.000 ha de forêts classées et de peuplements naturels ; (iv) créer et dynamiser au moins 500 associations pour lutter contre la dégradation des sols ; (v) fournir à au moins 50.000 femmes des fours améliorés (tous types), et (vi) former au moins 50.000 femmes aux techniques de récupération et de conservation de l'eau et de la terre. Selon le FMI (2005), d'importantes réformes ont été entreprises dans le cadre d'une administration modernisée, un système judiciaire amélioré, une bonne gouvernance, la lutte contre la corruption et la criminalité financière.

Le projet appuiera les réformes institutionnelles et la coordination des Partenaires Techniques et Financiers (PTFs) afin de faciliter l'évolution vers une approche sectorielle. Le GdM a informé les partenaires financiers de sa volonté de s'orienter vers une Approche Sectorielle (AS). Ce projet est considéré comme une première étape vers une approche sectorielle ainsi qu'un moyen d'affiner le programme d'investissement sectoriel, le PNISA. Conformément au premier pilier du PDDAA, le projet appuiera également les efforts visant à établir une approche programmatique globale de gestion durable des terres et de l'eau (GDTE) à travers la mise en œuvre du Cadre National Stratégique d'Investissement (CNSI) du Mali pour la gestion durable des terres.

1.3.5 Décentralisation

En 1993, le Mali a initié un important processus de décentralisation de l'administration publique. La gestion des ressources naturelles est l'un des domaines couverts par la décentralisation et dont la responsabilité a été accordée à des collectivités locales (703 communes, 50 conseils de cercles et 9 assemblées régionales). En conséquence, la mise en œuvre des politiques de gestion des ressources naturelles a été en partie transférée à ces institutions locales. Toutefois, l'allocation des ressources et le pouvoir de décisions demeurent sous la responsabilité de l'administration centrale (Onobin et al. 2005).

Les unités administratives locales (collectivités territoriales) jouent un rôle clé dans la planification au niveau local et la mise en œuvre du projet. Ce sont des entités communautaires semi-autonomes qui sont responsables de l'identification et la mise en œuvre de projets dans leurs zones d'attribution respectives. A l'heure actuelle, un processus de renforcement des capacités de ces unités administratives locales est en cours. Les mesures proposées prévoient le renforcement des capacités techniques et financières des organisations locales, des communautés et des producteurs, une meilleure diffusion des résultats de la recherche et l'adoption de technologies dans le domaine de la gestion participative des ressources naturelles, ainsi que la promotion de techniques améliorées de planification et de gestion adaptées auprès des organisations locales.

Dans le cadre de la décentralisation et la gestion des ressources naturelles, les pouvoirs publics délèguent certaines responsabilités aux acteurs locaux à travers :

- L'adoption du décret relatif au transfert de compétences dans les domaines de la santé, l'éducation et l'hydraulique ;
- Le décret n ° 04-137 (bis) du 27 avril 2004 fixant la répartition des recettes perçues à l'occasion de l'exploitation des domaines forestiers et fauniques de l'Etat entre les fonds d'aménagement et de protection des forêts et de la faune et les budgets des collectivités territoriales ;

La poursuite du processus de décentralisation a permis :

- Le réaménagement du paysage administratif du pays passant de 699 à 705 communes ;
- Le développement du PCAES dans 11 communes ;
- Le développement de modèles de gestion locale des forêts.

CHAPITRE 2 CALCUL DES EMISSIONS DE GEZ A EFFET DE SERRE

2.1 MODULE 1: CALCUL DES EMISSIONS DANS LE SECTEUR DE L'ENERGIE

L'estimation des émissions de GES a été faite sur la base de la méthodologie révisée de 1996 et les bonnes pratiques d'IPCC. A cet effet l'outil informatique a été utilisé à travers la feuille de calcul Excel développée par IPCC.

2.1.1 Données du Secteur de l'Énergie en 2000

Les données pertinentes pour l'estimation des émissions de GES dans le secteur de l'énergie au Mali sont celles relatives à :

- la production d'énergies secondaires (électricité, charbon), ce qui correspond également à la transformation d'énergies secondaire (gasoil, DDO, fuel) en électricité, ou d'énergie primaire (bois) en charbon de bois ;
- la consommation d'énergies primaires (bois) et secondaires (électricité, produits pétroliers, charbon de bois).

Dans le contexte d'un bilan énergétique global, il y a lieu de tenir compte des énergies renouvelables (solaire, éolienne) même si, dans le cas du Mali d'une part le poids de ses composantes sont insignifiantes, d'autre part leur utilisation n'engendre pas d'émissions de GES.

La revue documentaire et l'analyse des fiches d'enquête ont permis d'identifier : (i) les institutions, organismes et autres acteurs en mesure de fournir des données sur l'énergie ; (ii) les secteurs de consommation d'énergie ; (iii) les énergies consommées par les différents secteurs ; (iv) les technologies utilisées pour la consommation des énergies.

2.1.2 Institutions, organismes et autres acteurs détenteurs des données sur l'énergie

Les données nécessaires à une première estimation des émissions de GES générées par le secteur de l'énergie sont généralement disponibles au niveau de la Direction Nationale de l'Énergie (DNE). Ces données peuvent servir à l'établissement d'un bilan de base. Pour une estimation plus désagrégée comme dans le cadre d'un bilan intégré d'autres sources d'information sont indispensables. Les différences sources d'information sont ci-dessous répertoriées:

- Direction Nationale de l'Énergie (DNE)
- Agence Malienne de l'Énergie Domestique et de l'Électrification Rurale (AMADER)
- Direction Nationale de la Conservation de la Nature (DNCN)
- Office National des Produits Pétroliers (ONAP)
- Énergie du Mali (EDM SA)
- Direction Nationale des Transports Terrestre, Maritime et Fluvial (DNTTMF)
- Direction Nationale du Commerce et de la Concurrence (DNCC)
- Direction Générale de la Douane
- Direction Nationale de la Statistique et de l'Informatique (DNSI)
- Auto producteurs d'électricité (CMDT, Industries minières)
- Les opérateurs dans le secteur
- L'École Nationale d'Ingénieurs

2.1.3 Secteurs de consommation et technologies utilisées

Les secteurs de consommation d'énergie identifiés sont les industries (énergétiques, minières et manufacturières), les ménages, les transports, l'administration et le commerce, l'agriculture.

Les besoins énergétiques des différents secteurs sont satisfaits par l'utilisation d'équipements ou technologies appropriés dont l'identification des caractéristiques permet de situer les types d'énergie utilisés. Dans le tableau 2.1 sont reportées, par secteur, les technologies utilisées.

TABLEAU 2.1: TECHNOLOGIES UTILISEES PAR SECTEUR

SECTEURS	TECHNOLOGIES
Industries (énergétiques, minières, manufacturières)	Equipements électriques (ampoules, climatiseurs, etc.) Chaudières Moteurs diesel, Turbines à gaz
Ménages	Foyers et fourneaux traditionnels, Foyers et fourneaux améliorés, Foyers électriques Réchauds à pétrole et réchauds à gaz Equipements électriques (ampoules, climatiseurs, etc.)
Transports	Moteurs diesel, Moteurs à essence Turbines à gaz
Commerce / Administration	Foyers électriques, Foyers à combustion Equipements électriques (ampoules, climatiseurs, etc.)
Agriculture	Moteur diesel

2.1.4 Types d'énergies consommées

Le recensement des énergies consommées découle des technologies utilisées au niveau des secteurs pour la satisfaction de leurs besoins énergétiques.

Les énergies consommées sont issues : (i) de la biomasse (bois énergie, résidus agricoles) ; (ii) de l'électricité ; (iii) des produits pétroliers (essence ordinaire, essence super, gasoil, pétrole lampant, DDO, fuel oil, jet A1, GPL, huiles). Ces énergies sont répertoriées par secteur dans le tableau 2.2.

TABEAU 2.2: SECTEUR ET ENERGIES CONSOMMEES

SECTEURS	ENERGIES	
Industries (énergétiques, minières, manufacturières)	Electricité Produits pétroliers Biomasse	(gasoil, DDO, fuel oil, huile) (bois énergie)
Ménages	Biomasse Electricité Produits pétroliers	(bois de feu, charbon de bois, résidus agricoles) (GPL, pétrole lampant)
Transports (routier, fluvial, ferroviaire, aérien)	Produits pétroliers	(gasoil, essence ordinaire, essence super, jet A1, huile)
Commerce / Administration	Electricité Biomasse Produits pétroliers	 (bois de feu, charbon de bois) (GPL)
Agriculture	Produits pétroliers	(gasoil)

2.1.5 Limites et portées

Comparativement à 1995, l'accès facile et la collecte de données exhaustives et relativement fiables sur l'énergie en 2000 s'explique par un certain nombre de facteurs :

- l'utilisation, par les différents acteurs du secteur, de l'outil informatique pour la saisie des données dans un format numérique plus adapté et populaire (Excel ou Word) ;
- la multiplicité des sources de données énergétiques ;
- la production périodique de bilans énergétiques par la DNE ;
- l'existence d'un système d'information énergétique au sein de la DNE ;
- la communication entre les différents acteurs.

Cependant force est de noter quelques faiblesses dans la collecte des données. Il s'agit, entre autres, du degré de fiabilité des données notamment sur les énergies traditionnelles (biomasse) et renouvelables, du manque de volonté d'agents des structures à communiquer les informations, de l'instabilité du personnel chargé de la gestion des données au sein des structures dépositaires de données, du manque de cadre formel de validation de données de même type mais contradictoires et issues de différentes sources.

2.1.6 Potentialités et offres énergétiques

2.1.6.1 La biomasse

I. Le bois énergie (bois de feu et charbon de bois)

Le bois énergie, comprenant le bois de feu et le bois transformé en charbon de bois, provient du potentiel forestier dont la capacité est estimée à près de 33 millions d'hectares avec un volume sur pied d'environ 520 millions de m³ et une productivité pondérée sur l'ensemble du pays d'environ 0,86 m³/ha/an.

II. Les résidus agricoles

Les résidus agricoles et agro-industriels issus de coque de coton et tiges de cotonniers, de paille et son de riz et enfin de résidus d'autres céréales (maïs, mil, etc.) donnent chaque année un potentiel énergétique appréciable. Dans la zone CMDT ce potentiel est notable pour le coton avec 70% de la production graine utilisables au fonctionnement de systèmes énergétiques d'une capacité de 500 kW. La culture du riz dans la zone Office du Niger offre une potentialité en son de 4% du poids du paddy et en paille un ratio grain/paille de 0,8.

III. Autre biomasse

Le typha australis, plante envahissante colonisant les canaux d'irrigation, est un combustible de substitution au bois énergie. Son potentiel est estimé à environ 100 tonnes de matière sèche (ms/ha).

2.1.6.2 Les biocarburants

Il existe de véritables potentiels en biocarburants sous la forme d'alcool et d'huile de jatropha (pourghère).

L'alcool est produit dans des unités sucrières à Dougabougou et Siribala d'une capacité globale de 2 400 000 litres d'alcool à 95° par an. Cette production est issue de plantations dont les superficies sont globalement estimées à 5 000 ha.

Quant à l'huile de pourghère, sa production n'a cessé de croître suite à la politique énergétique qui a mis un accent particulier sur le développement des huiles végétales comme substituts aux hydrocarbures. De 17 000 km de haies vives de pourghère en 2000, le potentiel de production de graines de pourghère est passé en 2008 à 30 000 km de haies vives et 2000 ha de plantations. L'usine MaliBiocarburant, implantée à Koulikoro, a une capacité de production de 2000 L/j de biodiesel.

2.1.6.3 Le potentiel solaire

Le gisement solaire, assez abondant, est convenablement reparti sur le territoire national. L'irradiation moyenne est de 6 kWh/m²/J avec une durée d'ensoleillement quotidien de 7 à 10 heures. Un tel potentiel peut servir, lorsqu'il est valablement valorisé, à la production de l'électricité, au chauffage de l'eau et au séchage des produits.

2.1.6.4 Le potentiel éolien

Le gisement éolien est significatif dans les zones sahéniennes et sahariennes du pays avec une bande de vitesse moyenne annuelle de vent de 3 à 7 m/s, et pouvant ainsi offrir une capacité potentielle de 200 à 300 kW.

2.1.6.5 Le potentiel hydroélectrique

L'inventaire des sites d'hydroélectriques a permis d'identifier sur l'ensemble du territoire une vingtaine dont la puissance totale est estimée à 1150 MW avec un productible moyen annuel de 5 000 GWh environ. Parmi ce potentiel, seuls quatre (4) sites sont aménagés comme l'indique le tableau ci-dessous.

TABLEAU 2.3: SITES AMENAGES

Sites	Puissance installée MW	Production estimée GWH/an
Félou	0,6	3
Sotuba	5,2	40
Sélingué	44	200
Manantali	200	800

Source : Direction Nationale de l'Energie

2.1.7 Les importations de produits pétroliers

Elles concernent principalement les produits pétroliers. La continentalité du Mali et le manque d'industries pétrolières lui imposent une importation de produits pétroliers via les ports maritimes des pays voisins. Une des conséquences de cette situation est le coût élevé de l'approvisionnement en hydrocarbures qui pénalise la balance nationale des paiements.

La masse totale des importations en produits pétroliers, malgré les fluctuations, n'a cessé de croître. Elle est passée de 496 384 tonnes en 2000 à 610 913 tonnes en 2006, soit une croissance moyenne annuelle de 3,82%. La forte croissance de 10,56% a été enregistrée entre 2000 avec 496 384 tonnes et 2001 avec 548 807 tonnes.



FIGURE 2.1: EVOLUTION DES IMPORTATIONS DE PRODUITS PETROLIERS.

TABLEAU 2.4: IMPORTATION DES PRODUITS PETROLIERS (EN TONNES)

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Essence	79 570	91 980	96 888	86 515	90 596	83 345	76 984
Super	14 805	9 176	10 136	8 305	12 585	20 605	25 209
Gasoil	241 531	276 049	277 904	216 066	239 820	354 970	411 881
DDO	82 873	97 037	55 338	110 879	121 411	40 307	34 609
Fuel Oil	7 193	1 900	1 673	108	182	656	1 764
Jet AV	24 191	24 640	21 150	20 317	19 731	23 876	20 245
Pétrole	43 600	44 285	44 648	28 762	35 498	31 315	32 183
GPL	2 621	3 740	2 740	3 179	3 428	3 757	4 119

Source: ONAP, DNE

2.1.8 L'offre potentielle d'électricité

La fourniture d'électricité est assurée par la société publique EDM-SA, les Auto producteurs, les Sociétés de Services Décentralisés, les « Opérateurs énergétiques ».

2.1.8.1 L'offre de EDM SA

La production d'électricité à EDM SA est assurée par des centrales thermiques et hydroélectriques. Le système de fourniture d'électricité d'EDM SA comprend principalement deux composantes : i) une composante *Production-Transport-Distribution-Vente (PTDV)* et une composante *Achat-Transport-Distribution-Vente (ATDV)*.

La composante PTDV comprend : i) un réseau interconnecté (RI) dont le système de production associe centrales thermiques et hydroélectrique, et qui desserve un certain nombre de localités dont Bamako ; ii) des centres isolés (CI) dont le système de production se compose uniquement de centrales thermiques.

La composante ATDV est une centrale hydroélectrique dont le site est à Manantali. Elle est également connectée au RI.

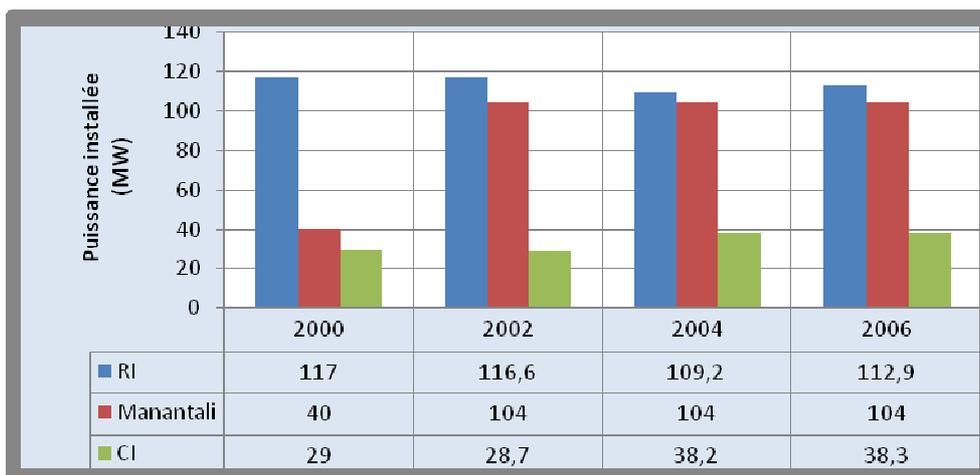


FIGURE 2.2 : EVOLUTION DES PUISSANCES INSTALLEES

Sur l'ensemble des réseaux d'EDM SA, la capacité de transformation des centrales thermiques est passée de 146 MW en 2000 à 151 MW en 2006 soit un accroissement de 3,42%.

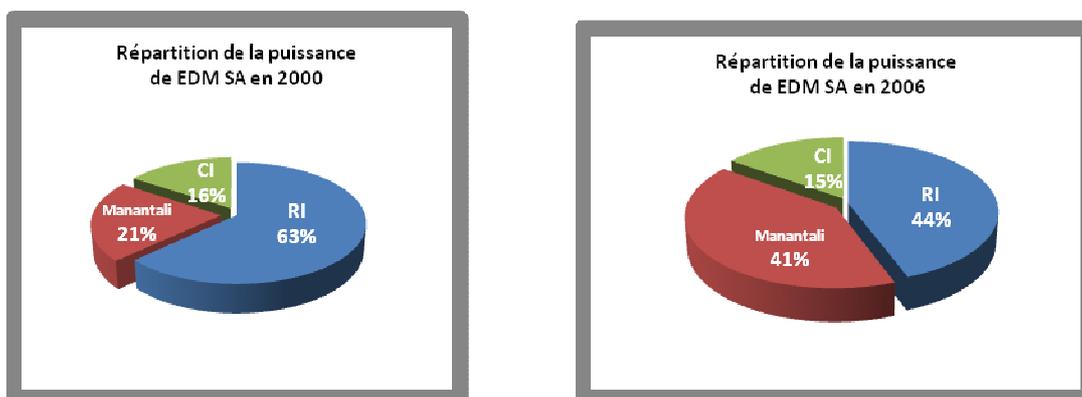


FIGURE 2.3 :

Durant la même période la consommation en gasoil et DDO a évolué de 75 003 165 litres en 2000 à 57 428 979 litres en 2006 soit une régression de 23,43%. La consommation spécifique moyenne a été de 256,73 g/kWh.

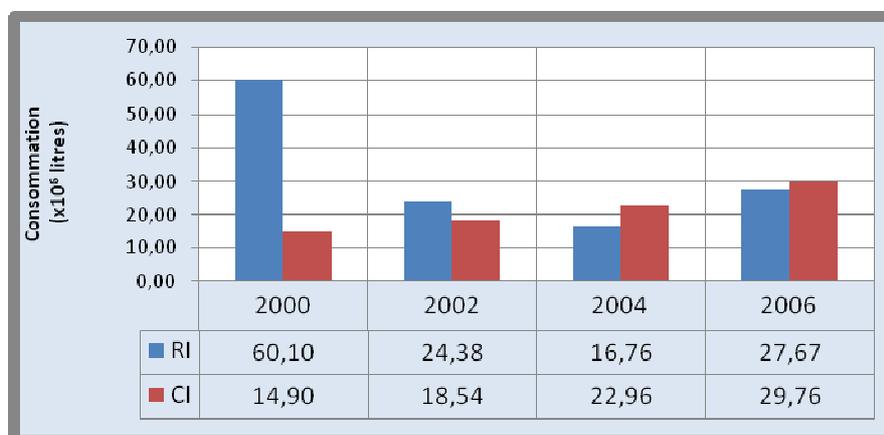


FIGURE 2.4 : EVOLUTION DE LA CONSOMMATION

La production et l'achat d'énergie électrique par EDM SA, toute source confondue, est passée de 471 GWh en 2000 à 865,6 GWh en 2006, soit une progression de 83,77 %. Dans la même période la part de la composante thermique a régressé de 29,7 points, environ, chutant de 52,54% (2000) à 22,80% (2006).

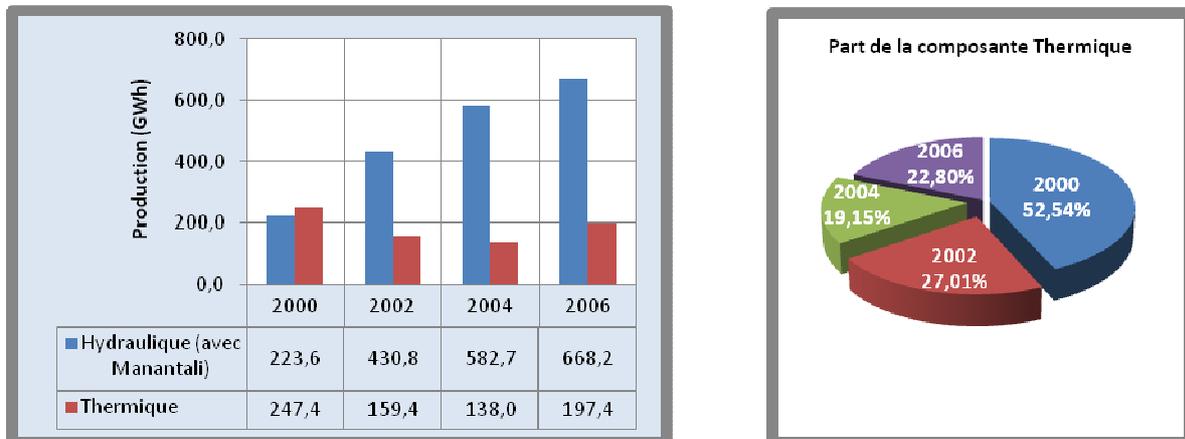


FIGURE 2.5: EVOLUTION DE LA PRODUCTION

Remarque : L'achat d'énergie électrique à partir de la République de Côte d'Ivoire (RCI) n'a pas été pris en compte à cause de sa part assez faible ; 1,2 GWh en 2000 contre 2,08 GWh en 2004. En termes d'émissions de gaz à effet de serre elle n'intervient pas non plus dans les estimations.

2.1.8.2 Les potentialités d'offre d'électricité d'autres producteurs

Les autres producteurs d'électricité sont les auto-producteurs, les opérateurs énergétiques de collectivités, les particuliers domestiques.

- Les auto-producteurs sont les consommateurs qui produisent de l'énergie électrique pour leur propre besoin, soit pour faire face aux défaillances du réseau EDM SA, soit parce qu'ils sont hors périmètre de ce réseau. Parmi eux on retrouve les sociétés industrielles ainsi que certains services publics et privés. L'équipement utilisé est un groupe électrogène fonctionnant au gasoil. Il faut noter qu'un auto-producteur peut, sous certaines conditions définies règlementairement, assurer le service public de l'électricité dans sa zone d'intervention à un niveau n'excédant pas 30 % de sa puissance totale installée.
Les sociétés minières (Mines Semos, Mines de Morila, de Syama, de Yatela, de Sadiola, etc.) et les industries manufacturières (CMDT, HUICOMA, BRAMALI, UMPP, etc.) rentrent dans cette catégorie de producteurs d'électricité.
- Les opérateurs énergétiques de collectivités sont les opérateurs économiques qui, dans le cadre de l'électrification rurale décentralisée de l'AMADER, bénéficient d'appuis techniques et financiers de cet organisme en vue de la desserte électrique d'une localité rurale hors périmètre EDM SA.

Les solutions techniques adoptées pour la fourniture d'électricité (production, transport, distribution, vente) sont de type diesel, biocarburant, solaire ou hybride (diesel-solaire).

- Les particuliers domestiques représentent des ménages qui, pour les mêmes raisons que les auto-producteurs, satisfont leurs besoins d'électricité à partir de petits groupes électrogènes dont la capacité se situe entre 1 et 2 kVA. Leur apport est certes très insignifiant dans le bilan des émissions de GES.

La capacité de production des auto-producteurs a dépassé 83 MW en 2000. En 2001 les opérations de recensement de la DNE ont dénombré environ 207 groupes électrogènes avec une capacité globale de 129 MW.

La consommation de gasoil et de DDO a évolué de 68,43% entre 2000 et 2006 passant de 148 723 732 litres en 2000 à 250 495 159 litres en 2006.

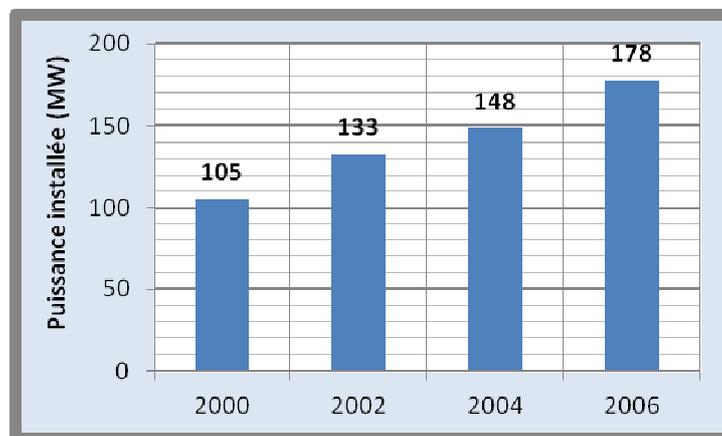


FIGURE 2.6: EVOLUTION DE LA PUISSANCE INSTALLEE

2.1.9 Consommations finales

2.1.9.1 La biomasse

I. Les secteurs de consommation

Elle est consommée dans les secteurs des ménages, du commerce/administration et des industries manufacturières.

Dans le secteur des ménages les utilisations pour ce combustible concernent, dans une large majorité :

- les foyers traditionnels que sont les foyers 3 pierres, les foyers trépied, les foyers en terre cuite (singo) et le fourneau « malgache » ;
- les foyers améliorés qui regroupent les foyers en banco « nafaman », les foyers métalliques « téliman » et « nafacaman », les fourneaux « daamu », « wassa » et « sewa » ;

Ces équipements sont diversement utilisés en fonction des ménages et des habitudes culinaires. Dans les tableaux ci-dessous sont consignées les caractéristiques des équipements.

TABEAU 2.5: TAUX DE PENETRATION DES EQUIPEMENTS AU SEIN DES MENAGES

Type d'équipement	Taux de pénétration (%)
Foyer 3 Pierres amélioré (3PA)	04,18
Foyers/Fourneaux améliorés	73,31
Utilisation (3xj)	67,43
Utilisation (2xj)	24,00

Source: DNE

TABEAU 2.6: CARACTERISTIQUES ENERGETIQUES DES EQUIPEMENTS

Equipement	Combustible utilisé	Consommation spécifique (kg/personne/jour)	Rendement (%)
Foyer 3 pierres	Bois	0,995	12 – 15
Foyer 3 pierres améliorés	Bois	0,673	27
Téliman	Bois	0,535	29
Nafacaman	Bois	0,535	28
Wassa	Charbon	0,448	33
Daamu	Charbon	0,448	33
Sewa	Charbon	0,448	33
Nafacaman	Charbon	0,448	30
Fourneau malgache	Charbon	0,598	20

Source: DNE

Une enquête socio économique réalisée par l'AMADER a permis d'évaluer le niveau de pénétration des combustibles dans les ménages. Les valeurs consignées dans le tableau ci-dessous montrent que le bois de feu occupe une part importante (68,2%) au sein de la biomasse, comme le montre la figure.

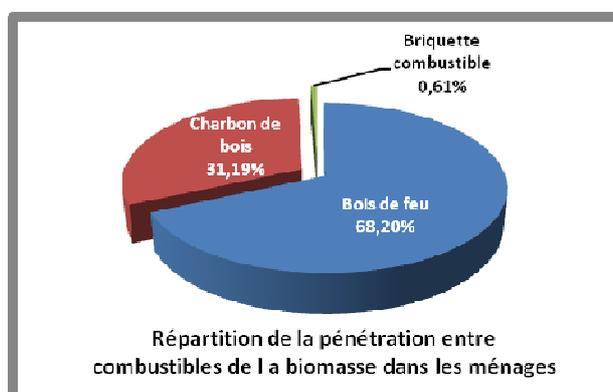


FIGURE 2.7 :

TABLEAU 2.7: PENETRATION DES COMBUSTIBLES DANS LES MENAGES

	Bamako	Kayes	Koulikoro	Sikasso	Ségou	Mopti	Tombouctou	Gao	Kidal	Moyenne
	%									
Bois de feu	32,28	76	45,97	70,47	72,84	64,84	5,08	61,22	53,34	53,56
Charbon de bois	40,35	11	41,89	8,92	11,41	15,4	69,5	15,3	6,66	24,49
Briquelette combustible	0	0	1,74	0,37	2,17	0	0	0	0	0,48
Pétrole lampant	0,73	0	0,4	0	0	0,56	0	0	0	0,19
Gaz butane	27,37	13	10	20,24	13,58	19,2	25,42	23,48	40	21,37

Source: DNE

II. Les consommations

Les statistiques consultées font apparaître des différences notables entre les données issues des services techniques de l'administration et celles issues d'enquête de terrain par d'autres structures

TABLEAU 2.8 : EVOLUTION DE LA CONSOMMATION DE BOIS ENERGIE PAR LES STRUCTURES TECHNIQUES DE L'ADMINISTRATION

Années	Bois (stères)	Charbon (quintaux)	Bois (stères)	Charbon
1990			15 380 950	
1991			15 756 500	
1992			16 166 250	
1993			16 537 300	
1994			17 027 260	
1995	261 120	72 804	17 564 810	
1996	171 880	56 342	18 051 340	
1997	124 754	36 230	18 532 500	
1998	103 047	136 827	18 914 000	
1999	130 045	71 740		
2000	179 606	74 463		
2001	174 333	80 525		
2002	183 827	74 053		
2003	140 514	59 962		
2004	168 385	47 198		
2005	144 059	76 804		

Source: DNEF sur la base de 1m³ de bois= 2.5 stères de bois

En 1995, les services techniques ont noté une consommation de 261 120 stères tandis que les estimations d'enquête font état de 17 564 810 stères, soit un rapport de 1/67.

Cette différence s'explique par le fait que les services techniques se réfèrent uniquement aux titres administratifs d'exploitation délivrés.

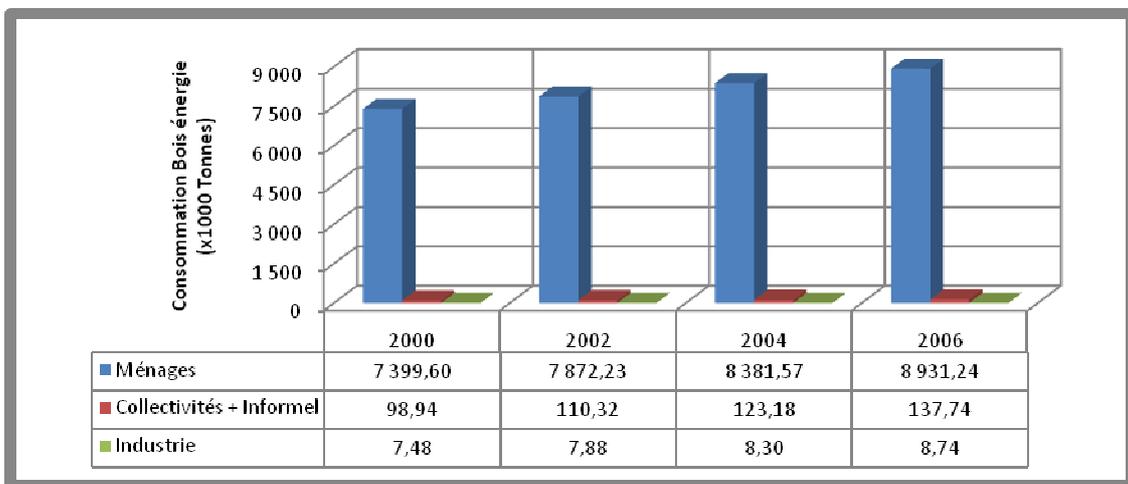
Pour les besoins de la présente étude les données d'enquête ont été considérées.

III. L'énergie primaire : le bois énergie

L'énergie primaire produite et consommée est le bois énergie qui demeure la principale source pour les besoins énergétiques au sein des ménages. Le bois énergie est également consommé au niveau des collectivités, du secteur informel, et de quelques industries.

Les deux composantes du bois énergie (bois de feu et charbon de bois) n'ont pas évolué dans la même proportion compte tenu des politiques énergétiques mises en œuvre. La diffusion et la promotion d'équipements énergétiques « améliorés » ont entraîné une orientation des consommateurs vers la composante la mieux adaptée à leur environnement et à leurs besoins.

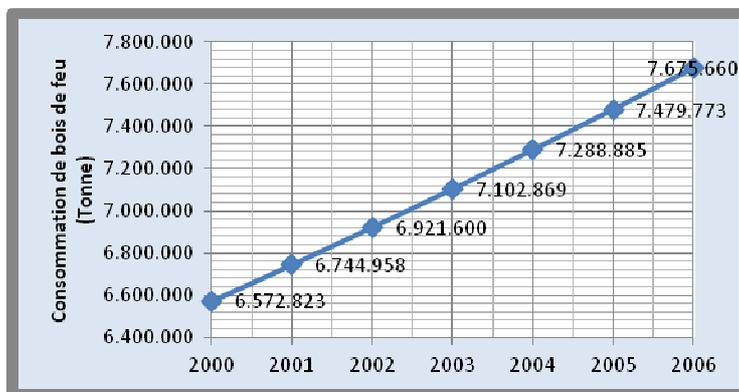
La consommation globale du bois énergie est passée de 7 506 033 T en 2000 à 9 077 717 T en 2006 soit une progression de 21% environ sur l'ensemble de la période. En termes d'accroissement moyen annuel, l'évolution a été de 3,22% entre 2000 et 2006.



Source des données: DNE

FIGURE 2.8 : EVOLUTION DE LA CONSOMMATION DE BOIS ENERGIE

Dans ce contexte la consommation du bois de feu est passée de 6 572 823 tonnes en 2000 à 7 675 660 tonnes en 2006 soit une évolution de 16,78% sur la période. Annuellement la progression a été, en moyenne, de 2,62%.



Source des données: DNE

FIGURE 2.9: EVOLUTION DE LA CONSOMMATION DE BOIS DE FEU

Il est observé sur la période une répartition moyenne de la consommation entre les différents secteurs concernés : 99,39% pour les ménages, 0,50% pour les collectivités et le secteur informel et 0,11% pour les industries.

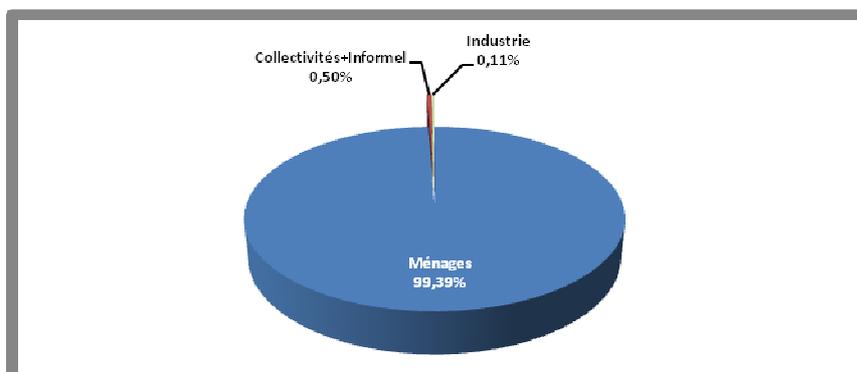


FIGURE 2.10 : REPARTITION DE LA CONSOMMATION ENTRE LES DIFFERENTS SECTEURS

IV. La transformation : le charbon de bois

Le charbon de bois est la composante transformée du bois énergie. Entre 2000 et 2006, sa consommation est passée de 133 316 tonnes à 200 294 tonnes, soit une progression de 50,24%, avec un accroissement moyen annuel de 7,02%.

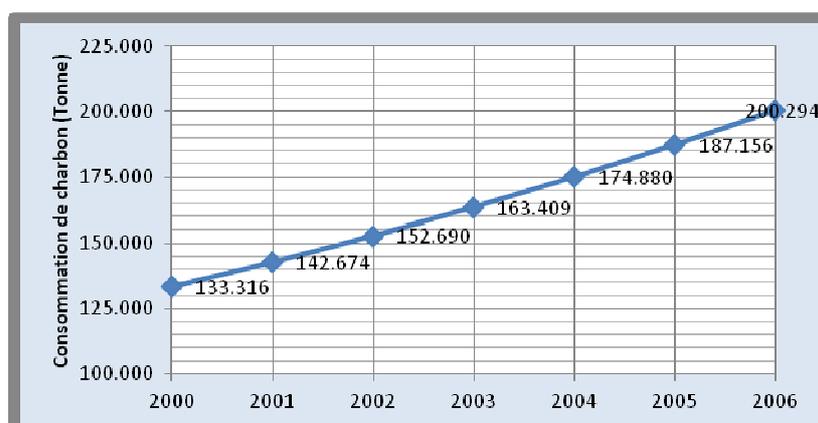


FIGURE 2.11 : EVOLUTION DE LA CONSOMMATION DE CHARBON

Sa forte implantation dans les ménages particulièrement urbains s'explique par sa maniabilité mais surtout par le développement de technologies efficaces énergétiquement (équipements améliorés utilisant le charbon comme combustible).

V. Les produits pétroliers

Comme déjà évoqué, l'importation de ces produits a progressé annuellement de 3,82%. Dans le lot, la consommation du gasoil a considérablement augmenté passant de 241 531 tonnes en 2000 à 411 881 tonnes en 2006 soit un accroissement de plus de 70%. En 2006 la part de consommation de

gasoil a représenté 67,42% de la consommation globale des produits pétroliers. Cela est dû d'une part à la forte demande de véhicules diesel, et d'autre part à l'accroissement de l'électrification rurale qui utilise des centrales thermiques diesel.

VI. La consommation d'électricité

Les statistiques de EDM SA, concernant l'ensemble de ses réseaux (centres isolés et réseau interconnecté), font état d'une consommation totale de 432 326 MWH en 2002 contre 726 644 MWH en 2006 avec un accroissement annuel moyen de 9,7%.

Au regard de la production de EDM SA dans la même période, il ressort que le réseau a enregistré un rendement moyen de 74,52% sur le réseau interconnecté et 76,44% au niveau des centres isolés.

Il faut noter que la consommation prise en compte provient aussi bien de la production thermique que de la production hydraulique. La part réelle de composante thermique a varié de 212 228 MWH en 2000 à 152 273 MWH en 2006, soit une baisse de 28,25%.

Les auto-producteurs et les sociétés de services décentralisés ont produit de l'électricité dont la consommation a évolué de 424 196 MWH en 2000 à 714 472 MWH en 2006, soit une progression de 68,43%.

Globalement il a été consommé au Mali, par la production thermique, environ 636 GWH d'énergie électrique en 2000 contre 866 GWH en 2006 soit une progression de 36,19% dans la période 2000-2006.

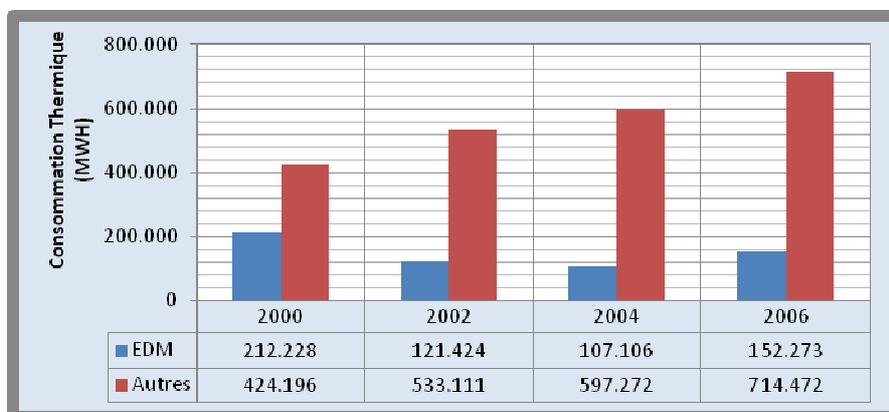


FIGURE 2.12 : EVOLUTION DE LA CONSOMMATION THERMIQUE

2.1.10 Le bilan énergétique

A l'issue des analyses des données il a été possible de faire ressortir les différents flux énergétiques sous forme de bilan.

Ce bilan comporte deux composantes principales dont les produits ou les consommations sont directement associées aux émissions de gaz à effet de serre. Il s'agit des produits pétroliers et de la biomasse.

L'électricité secondaire provenant de la combustion des hydrocarbures (gasoil et DDO) n'a pas été citée comme telle, mais est prise en compte dans les transformations.

TABLEAU 2.9: BILAN ENERGETIQUE DE 1995 ET 2000

Années	1995		2000	
	En 1000 x tep	%	En 1000 x tep	%
Energies traditionnelles	2354	88,9	2928	84,69
Produits pétroliers	270,910	10,2	407,66	13,92
Electricité	23,340	0,9	40,636	1,39
Totaux	2648,250	100	3376,296	100

TABLEAU 2.10: BILAN ENERGETIQUE DU MALI EN 2006

x 1000 tep	Jet		Pétrole	Gasoil	Fuel	GPL	Total	Bois	Charbon	Total
	Essence	Kérosène	lampant	/DDO	Oil		Produits Pétroliers			
PRODUCTION							0,00	3 741,39	135,72	3 877,11
IMPORTATION	107,42	8,58	33,79	451,56	1,66	4,47	607,48			0,00
EXPORTATION							0,00			0,00
TRANSFORMATION	0,00	0,00	0,00	272,35	0,00	0,00	272,35	950,02	0,00	950,02
Centrales EDM SA et autres				272,35			272,35			0,00
Production charbon de bois							0,00	950,02		950,02
CONSOMMATION	107,42	8,58	33,79	179,21	1,66	4,47	335,13	2 791,37	135,72	2 927,09
Industries					1,66	0,14	1,80	3,18		3,18
Transport	107,42	8,58		154,78			270,78			0,00
Ménages			33,79			4,07	37,86	2 774,34	126,07	2 900,41
Commerce/Administration						0,27	0,27	13,85	9,65	23,50
Agriculture				24,43			24,43			0,00

2.1.11 Les émissions de gaz à effet de serre

Les émissions de GES issues de la consommation des combustibles sont évaluées et réparties en fonction des secteurs de consommation d'une part, et d'autre part en fonction des combustibles.

2.1.11.1 Emissions de CO2 par secteur de consommation

Entre 2000 et 2006, seule la part relative du secteur des ménages a enregistré une légère baisse, passant de 88,71% en 2000 à 87,79% en 2006 soit une diminution de 0,92%. Quant aux autres secteurs, leur part relative a noté une légère hausse. La plus forte hausse est enregistrée au niveau des industries énergétiques avec 0,44%, ensuite viennent les transports avec 0,12%.

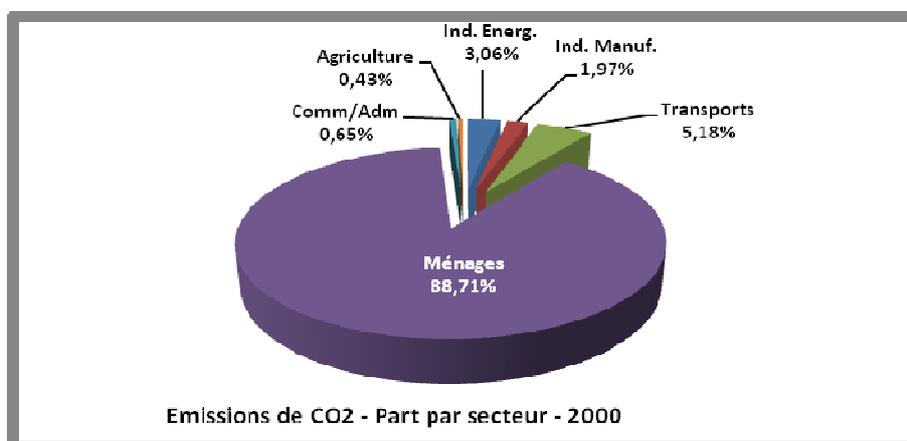


FIGURE 2.13 :

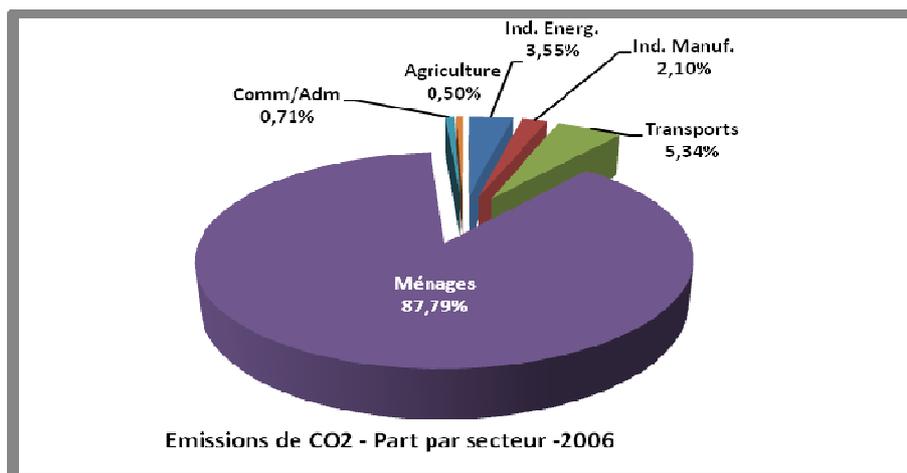


FIGURE 2.14:

2.1.11.2 Emissions de CO2 par combustible

En 2000 et 2006 la biomasse (bois énergie) reste le combustible le plus polluant avec 88,34% des émissions en 2000, contre 87,86% en 2006. Dans les deux cas l'utilisation du bois de feu est la plus émettrice avec plus de 83%.

Cependant il y a lieu de noter une baisse dans la part d'émission du bois de feu. Par contre la part d'émission du charbon a augmenté passant de 3,22% en 2000 à 4,07% en 2006 soit une augmentation de 0,85 %.

Au niveau de produits pétroliers c'est le gasoil et l'essence qui ont enregistré des hautes relatives de part d'émission de CO2 entre 2000 et 2006.

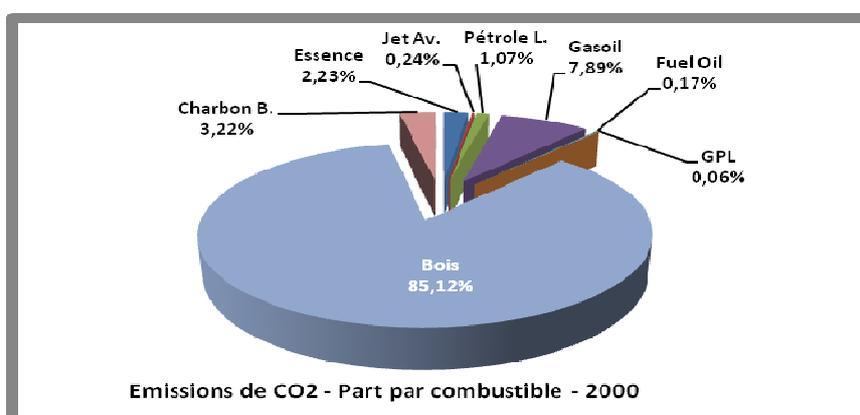


FIGURE 2.15:

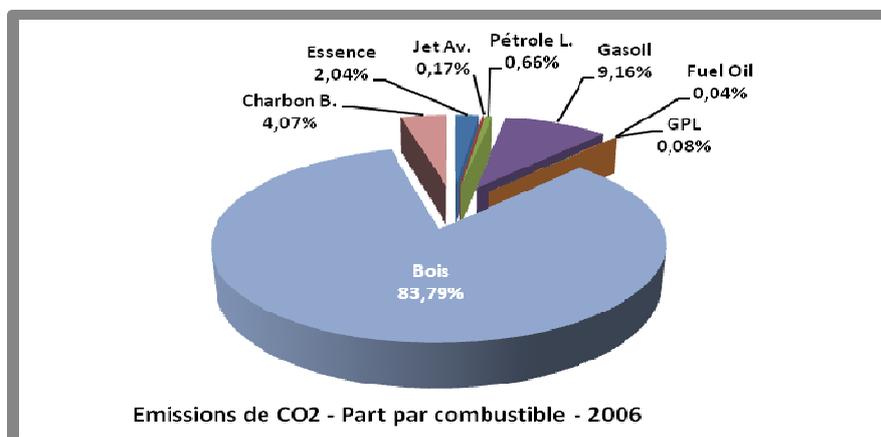


FIGURE 2.16:

2.1.12 Les émissions globales de GES

Les émissions de GES évaluées à partir d'IPCC pour différentes années, sont présentées dans les tableaux ci-dessous et les feuilles de calculs ainsi que les données primaires sont présentées en annexe.

TABLEAU 2.11: EMISSION GES (Gg)

	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	NM VOC	SO ₂ ⁽¹⁾
2000	1514,92	34,74	0,47	21,04	596,86	75,73	0,00
2002	1564,54	33,33	0,45	21,05	573,82	73,80	0,00
2004	1 608	46	1	26	782	98	0
2006	1 871,08	51,20	0,69	29,15	879,40	109,09	0,00

TABLEAU 2.12: EMISSION GES (TECO2)

	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
2000	1514,92	729,54	145,7
2002	1564,54	699,93	139,5
2004	1 608	966	310
2006	1 871,08	1075,2	213,9

RECOMMANDATIONS

Pour l'atteinte des objectifs de la Politique Energétique nationale, les projets et programmes prioritaires retenus ou envisagés sont les suivants :

1. Le renforcement du cadre institutionnel et réglementaire du secteur de l'Énergie ;
2. La mise en place d'un système de planification énergétique performant ;
3. Le développement de l'énergie domestique et l'électrification rurale ;
4. La rationalisation de la production et de l'utilisation de l'énergie ;
5. La promotion des énergies alternatives aux combustibles traditionnels ;
6. La constitution d'un stock national de sécurité pour les hydrocarbures ;
7. L'amélioration du contrôle et du suivi des opérateurs ;
8. Le développement du Réseau National Interconnecté ;
9. Le développement de la desserte électrique des Centres Isolés ;
10. L'interconnexion électrique avec les pays de la sous région ;
11. Le développement des énergies renouvelables ;
12. Le renforcement de l'infrastructure nationale de radioprotection ;
13. La promotion de la recherche des hydrocarbures et des combustibles solides et gazeux.

2.2 MODULE 2 - PROCEDES INDUSTRIELS

2.2.1 Aperçu sur l'industrie malienne

Au Mali, force est de reconnaître que l'industrialisation reste dans sa phase embryonnaire. Selon les données de la Comptabilité Nationale, l'Industrie contribue à moins de 15% au produit national brut. Les unités industrielles sont essentiellement des unités de fabrication de produits alimentaires (70%) généralement à partir de produits semi finis et des éditions imprimeries et reproductions. Il n'a pas été possible d'avoir en général des données au niveau de ces unités et en particulier pour l'année 2000.

Les seules données disponibles ont été les productions de chaux en 2004 et 2005 fournies par la seule usine céramique du Mali (UCEMA) pour lesquels les émissions de CO₂ ont été calculées pour montrer la tendance dans le secteur.

De la même manière, dans la perspective de la production de ciments, trois unités industrielles sont en construction et totaliseront une production de 1950 000 tonnes par an à partir de 20015. C'est dire que la production de ciment occupera une place de plus en plus importante dans les émissions de CO₂ et de SO₂ à partir de 2015.

Les facteurs d'émissions utilisés sont ceux par défaut des directives du GIEC (version 1996 révisée).

Les données et les résultats des calculs sont résumés dans le tableau 2.1 et les feuilles de calculs sont présentées en annexe 2.

TABLEAU 2.13 : SYNTHÈSE DES DONNÉES DE PRODUCTION DE CHAUX ET DE CIMENT AINSI QUE ET ÉMISSIONS DE CO₂ ET DE SO₂ POUR LES ANNÉES 2004, 2005 ET 2015

Année 2004		Année 2005		Année 2015		
Production de chaux (t)	Emission de CO ₂ (Gg)	Production de chaux (t)	Emission de CO ₂ (Gg)	Production de Ciment (t)	Emission de CO ₂ (Gg)	Emission de SO ₂ (Gg)
2216214	1750,81	8100000	6399	1950000	972,08	0,59

Source: Direction Nationale des Industries

2.2.2 Consommation de HCFC

Le tableau ci dessous donne l'évolution des consommations de HCFC de 2000 à 2009

TABLEAU 2.14: CONSOMMATIONS ET TE-CO2 DE HCFCs

Années	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Consommation de HCFCs (tonnes métriques)	56,7	67,5	74,2	101	121,7	146,6	177,7	193,1	206,9	262.4
Consommation (TE-CO ₂)	113,4	135	148,4	202	243,4	293,2	355,4	386,2	413,8	524.8

Tableau 1Source: DNACPN (Projet Ozone/Mali)

2.3 MODULE 3 - CALCUL DES EMISSIONS DANS LE SECTEUR DE L'ELEVAGE

2.3.1 Introduction

Au Mali, comme dans la plupart des pays sahéliens, l'une des contraintes fondamentales au développement du secteur de l'élevage dont l'importance dans l'économie nationale n'est plus à démontrer, demeure le manque de données statistiques.

Cette situation a eu des conséquences fâcheuses sur la conception et la mise en œuvre des programmes de développement du secteur. En effet, ces programmes ont été très souvent conçus et exécutés à partir des données approximatives.

Les effectifs du cheptel national qui constituent l'une des données statistiques de base du secteur de l'élevage ont été jusqu'à présent évalués à partir de plusieurs sources. Ceci a souvent conduit à des chiffres non cohérents et même parfois contradictoires.

Les principales sources d'évaluation des effectifs du cheptel sont les recensements administratifs et les estimations vétérinaires. Bien que le recours à ces deux sources date d'avant l'indépendance, elles ne permettent pas d'obtenir des données fiables à cause des objectifs visés et des méthodes utilisées.

Plusieurs enquêtes ont été menées à travers le pays pour obtenir des effectifs animaux selon les besoins spécifiques. On peut en retenir trois de dimension nationale :

- Celle réalisée en 1974 par l'OMBEVI (Office Malienne de Bétail et Viande), la DNE (Direction Nationale de l'Elevage) et l'IER (Institut d'Economie Rural) pour évaluer les pertes subies lors de la sécheresse ainsi que le cheptel survivant ;
- Celle réalisée en 1982 par l'OBEVI sur les petits ruminants ;
- Le recensement agricole réalisé en 1984 par la DNSI (Direction Nationale de la Statistique et de l'Informatique dont un volet a été consacré à l'élevage.

Aucune de ces trois enquêtes n'a permis d'obtenir des données fiables sur les effectifs du cheptel national en raison du fait qu'elles visaient d'autres objectifs prioritaires : les effectifs du cheptel ne venant qu'en complément.

La réalisation d'une enquête nationale en vue de la détermination des effectifs du cheptel demeure une nécessité impérieuse.

Ainsi le Ministère du Développement Rural et de l'Environnement a organisé le premier recensement du cheptel national du Mali avec l'appui du Projet Diagnostic Permanent du Comité Permanent Inter-Etats de Lutte contre la sécheresse dans le Sahel (CILSS) et l'USAID (US Aide for International Development).

L'objectif de cette enquête est la détermination de l'importance numérique du cheptel national (bovins, ovins, caprins, équins, camelins, arsinés et porcins) et la répartition par circonscription et par race.

Il est important de souligner que les résultats présentés proviennent des données effectivement collectées sur le terrain. Aucun chiffre n'a été modifié pour le rendre plus conforme aux données d'une source antérieure ou se rapprocher d'une hypothèse habituellement admise.

Pour ce premier recensement du cheptel national il était opportun d'aboutir à des effectifs d'animaux à partir d'une méthodologie qui puisse être aisément vérifiée. Les chiffres de base ainsi obtenus peuvent être régulièrement améliorés à la suite d'enquêtes plus légères.

Le recensement du cheptel national a commencé en mai 1990 avec les enquêtes test dans la région de Mopti et a pris fin en mai 1992 avec la publication des résultats.

Elle a été réalisée sur l'ensemble du territoire national en deux phases : la première phase a concerné les régions de Mopti, Tombouctou et Gao ; la deuxième phase a concerné les régions de Kayes, Koulikoro, Sikasso, Ségou et le District de Bamako.

2.3.2 Les méthodes de collecte des données

L'enquête a ainsi été programmée pour tenir compte des périodes optimales d'enquête dans les différentes régions, périodes elles mêmes liées à la présence des animaux sur les lieux d'enquête et leur accessibilité.

Lors de la première phase, il a été retenu de mettre un accent particulier sur les zones de concentration et d'enquêter dans un échantillon relativement réduit de villages ; tandis que lors de la deuxième phase l'enquête a été menée dans un échantillon important des villages et dans des sections d'énumération urbaines.

L'enquête a porté sur 122 zones de concentration où 4600 troupeaux ont été dénombrés, 512 villages, 210 sections d'énumération urbaines et 20135 concessions.

La base de sondage utilisée en milieu sédentaire rural et en milieu urbain (à l'exception du District de Bamako) est la liste exhaustive des villages et des sections d'énumération urbaines du recensement général de la population et de l'habitat de 1997.

Au premier degré le tirage des villages est à probabilités inégales proportionnelles au nombre de concession de 1987, celui des sections d'énumération urbaine est à probabilité égales.

Au second degré, après classement des concessions en fonction des effectifs bovins, ovins et caprins déclarés, le tirage est à probabilités inégales.

Dans le milieu transhumant, la base de sondage utilisée est la liste exhaustive des zones de concentration en 1991 obtenue auprès des secteurs d'élevages. Il n'y a pas eu de tirage au premier degré, les zones ont été enquêtées de façon exhaustive.

Au second degré, le tirage des troupeaux est à probabilités égales. On tire systématiquement un troupeau sur cinq.

Les estimations ont été faites sur la base des données du recensement national du cheptel de 1992 auxquelles ont été appliqués des taux de croît moyens annuels de 3% pour les bovins, 5% pour les ovins/caprins, 10% pour les équin, 2% pour les asins, 2% pour les camelins et 1% pour les porcins

Le taux de croît se calcule de la façon suivante :

Le taux de croît brut est représenté par le rapport :

$(\text{Effectif de fin d'année} - \text{effectif de début d'année}) * 100 / \text{effectif du début d'année}$

Le taux de croît net correspond à la soustraction : Taux de croît brut – taux d'introduction

Le taux d'introduction se calcule par rapport :

$(\text{Nombre d'animaux introduits au cours de l'année}) * 100 / \text{effectif moyen au cours de l'année}$

En d'autre terme, à partir de 1992, on estime que taux moyen de croît est de 3% pour le bovins. Chaque année pour avoir l'effectif on multiplie l'effectif de l'année antérieure par 3% pour avoir l'effectif de l'année suivante que l'on ajoute à l'effectif de base.

Mais en cas de catastrophe naturelle, la mortalité est évaluée tout de suite tout comme en cas d'augmentation.

L'évolution des effectifs au cours des années 1995 à 2000 est donnée au tableau Effectif du cheptel national

Les 36% sont obtenus par estimation.

Le recensement a révélé que les femelles de 4 ans et plus constituent 60% de l'effectif.

On applique le taux de fécondité qui se calcule par rapport :

$(\text{Nombre de produits nés vivant dans l'année}) * 100 / \text{effectif moyen des reproductrices}$

$\text{Effectif moyen} = (\text{effectif de départ} + \text{effectif de fin d'année}) / 2.$

C'est à partir du taux de fécondité appliqué à 60% de l'effectif femelle du cheptel qu'on obtient les 36% de nombre de vaches laitières.

Pour améliorer la qualité des données collectées, il faut un autre recensement qui est la seule méthode fiable.

Les données sur les effectifs de cheptel ainsi que les calculs des émissions sont présentés ci-dessous.

TABLEAU 2.15 : FEUILLE DE CALCUL DES EMISSIONS DANS LE SECTEUR DE L'ELEVAGE

MODULE		AGRICULTURE				
SUBMODULE		METHANE AND NITROUS OXIDE EMISSIONS FROM DOMESTIC LIVESTOCK ENTERIC FERMENTATION AND MANURE MANAGEMENT				
WORKSHEET		4-1				
SHEET		1 OF 2 METHANE EMISSIONS FROM DOMESTIC LIVESTOCK ENTERIC FERMENTATION AND MANURE MANAGEMENT				
COUNTRY		MALI				
YEAR		2000				
Livestock Type	A	STEP 1	C	STEP 2	E	STEP 3
	Number of Animals (x1000)	Emissions Factor for Enteric Fermentation (kg/head/yr)	Emissions from Enteric Fermentation (t/yr)	Emissions Factor for Manure Management (kg/head/yr)	Emissions from Manure Management (t/yr)	Total Annual Emissions from Domestic Livestock (Gg)
			$C = (A \times B)/1000$		$E = (A \times D)/1000$	$F = (C + E)/1000$
Vaches laitières	1445	36	52 020,00	1	1 445,00	53,47
Autres vaches	2570	32	82 240,00	1	2 570,00	84,81
Moutons et chèvres	16785	5	83 925,00	0,21	3 524,85	87,45
Chameaux	525	46	24 150,00	2,56	1 344,00	25,49
Chevaux	182	18	3 276,00	2,18	396,76	3,67
Anes	695	1,5	1 042,50	2	1 390,00	2,43
Porcs	67	1	67,00	1,19	79,73	0,15
Total			246 720,50		10 750,34	257,47
Documentation box:						
Parties are encouraged to provide relevant information used in the calculation and on data sources in this documentation box.						

2.4 MODULE 4 - CALCUL DES EMISSIONS DANS LE SECTEUR DE LA RIZICULTURE

Le Mali, actuellement 4^e producteur de l'UEMOA (Union Economique et Monétaire de l'Afrique de l'Ouest) est un des seuls pays de la sous-région à pouvoir atteindre l'autosuffisance en riz à court ou moyen terme. Ce résultat est, en grande partie, le fruit d'un effort de réhabilitation de la zone de l'Office du Niger (politique de soutien du prix au producteur, libéralisation progressive de la filière) ; la progression régulière du taux d'urbanisation explique également cette tendance. Suivi, entre 1982 et 2002, le rendement moyen est passé de 1,6 T à 6 T/Ha¹.

Aussi, l'autosuffisance en cette denrée qui, représente aujourd'hui plus de 20 % de la consommation céréalière du pays est une priorité pour l'Etat malien. Différents systèmes de riziculture concourent pour cette production.

La typologie communément admise au Mali sur les systèmes de production rizicoles est basée sur les différents niveaux de maîtrise de l'eau dans les parcelles [tableau 2.16]. Les quatre types retenus sont synthétisés ci-dessous par maîtrise croissante de l'eau.

TABLEAU 2.16: TYPOLOGIE DES SYSTEMES RIZICOLES

Dénomination	Localisation géographique
Riz de submersion libre	Bords du Niger et du Bani, au Nord de Djenné.
Riz de bas-fond	Essentiellement Bougouni-Sikasso-Koutiala-Fana
Riz dit « de submersion contrôlée »	Région de Ségou et de Mopti (ORS & ORM)
Maîtrise totale	Périmètre de l'Office du Niger de Baguinéda et de Sélingué, PPIV

¹ **Guindo S ,2004** : Rotation des cultures maraîchage –riz en zone ON, bilan des éléments minéraux, mémoire de DEA ISFRA BAMAKO ,46 p

2.4.1 Caractérisation de chaque système de production

2.4.1.1 La riziculture de submersion libre

L'irrigation par submersion libre dans les plaines d'inondation et les mares est une pratique très ancienne. La riziculture en submersion combine les pluies utiles qui précèdent la crue du fleuve pour semer et permettre la germination du riz, et l'inondation de la mare (ou de la plaine) pour la croissance et la maturité des plants.

Plusieurs conditions rendent aléatoire la production en submersion libre:

- l'arrivée nécessaire des pluies utiles avant la crue;
- la vitesse de remplissage de la mare, qui asphyxie les plantules si elle dépasse 5 cm par jour (noyade);
- l'utilisation de variétés spécifiques en fonction des différentes lames d'eau d'inondation (riz dressé, riz flottant).

C'est pour pallier à ces nombreuses exigences de production (et de productivité) que l'Etat malien s'est lancé, dans les années 70, dans l'aménagement hydro agricole de grands périmètres en submersion contrôlée. La submersion contrôlée protège les cuvettes inondables par les crues du fleuve, par la construction de digues de ceinture, dotées de vannes afin de régulariser la montée des eaux de crue et drainer les périmètres en période de décrue. Le rendement moyen est de l'ordre de 1,2 T/ha.

2.4.1.2 La riziculture de bas-fonds

Les bas-fonds sont de petits périmètres pouvant atteindre une centaine d'hectares de superficies. Sont appelés bas-fonds (Selon M. Raunnet, 1985), "les fonds plats ou conservés des vallons, petites vallées et gouttières d'écoulement inondables, qui constituent les axes de drainage élémentaires. Ce sont les axes de convergence préférentiels des eaux de surface, des écoulements hypodermiques et des nappes phréatiques alimentés par les pluies." Les aménagements de bas fonds se trouvent surtout en zone Mali Sud et dans la Région de Kayes (rives du fleuve Sénégal et affluents). Le potentiel total en bas-fonds est évalué à plus de 300 000 ha.

Les bas-fonds, avec la péjoration climatique, constituent de plus en plus des zones refuges, faisant l'objet de convoitises et de conflits. Ils constituent un enjeu de pouvoir;

- pour les activités intermédiaires et administratives (poids politique et notoriété);
- pour les acteurs individuels (cultures de rente);
- pour les femmes (prestige, revenus et autonomie);
- pour les éleveurs (abreuvement et pâturage).

Le principal obstacle qui freine la mise en valeur des bas-fonds est la maîtrise de l'eau. En fonction des conditions hydrologiques, pédologiques et topographiques, plusieurs possibilités d'aménagement sont aujourd'hui développées:

- diguettes en courbes de niveau, avec ou sans ouvrages de régulation pour retenir l'eau.
- seuil déversant avec ou sans masque d'étanchéité;
- seuil de dérivation dans les marigots pour épandre les écoulements ou recharger les nappes phréatiques par infiltration.

2.4.1.3 La riziculture de submersion contrôlée

La submersion contrôlée a été développée dans les plaines submersibles des Régions de Ségou (ORS), de Mopti (ORM). Le périmètre de Kléla, en Région de Sikasso, fait aussi partie de ce type. Malgré une certaine sécurité obtenue dans la production; avec des rendements moyens variant entre 0,8 t/ha et 1,5 t/ha, la submersion contrôlée a révélé beaucoup de limites :

- la production n'est garantie ni en cas de manque de pluie, ni en cas de faiblesse de la crue;
- l'impossibilité de faire des labours sur pré irrigation qui permettent une lutte efficace contre les adventices qui empêchent l'obtention de rendements élevés, même avec des variétés performants, et l'utilisation des engrais chimiques;
- l'impossibilité de faire une culture de contre-saison (pas d'inondation).

Aujourd'hui, une nouvelle amélioration consiste à irriguer par appoint, avant l'arrivée de la crue dans certains casiers de submersion contrôlée par motopompes, ce qui permet de pratiquer le labour sur pré irrigation; le semis de la pépinière et le repiquage, comme dans les PIV intensifs.

Par ailleurs l'aménagement parcellaire en courbes de niveau permettrait aussi une meilleure gestion de l'eau, adaptée aux variétés utilisées, les coûts de pompage pouvant constituer un facteur limitant pour la rentabilité de la production.

2.4.1.4 La riziculture irriguée par gravité (maîtrise totale)

Grâce à des infrastructures et systèmes hydrauliques, elle assure l'approvisionnement en eau du fleuve au périmètre, du périmètre aux casiers et parcelles, et le drainage en aval des parcelles. On distingue deux (2) systèmes de maîtrise totale de l'eau selon que l'alimentation soit faite par gravité (Office du Niger, Sélingué, Baguinéda) ou par pompage. La riziculture par maîtrise totale de l'eau, permet des rendements élevés, grâce à l'utilisation des techniques culturales intensives: variétés de semences à haut rendement, en pépinières ainsi de repiquage, pré irrigation, labours et désherbage, apports suffisants d'engrais et d'eau d'irrigation.

I. La maîtrise totale par gravité

Ce type de riziculture regroupe la zone de l'Office du Niger ainsi que les périmètres irrigués de Sélingué et de Baguinéda, soit au total plus de 60 000 ha. Les casiers rizicoles sont alimentés à partir d'un réseau de canaux issus d'une retenue située en amont (barrages de Markala, Sélingué, Sotuba. L'écoulement de l'eau est gravitaire avec des rendements moyens de 6 T/ha à l'ON, 4 T/ha l'ODRS et 3 T/ha à l'OPIB.

II. La maîtrise totale par pompage

Il s'agit des petits périmètres irrigués villageois tout au long des fleuves. Le pompage peut lui-même être fait à partir d'une station de pompage (Kayes, Hamadia, Kourioumé) ou plus simplement avec des groupes motopompes (PPIV dans le Delta du Niger jusqu'à Ansongo, et le long du fleuve Sénégal et de ses affluents en Région de Kayes).

Contrairement aux moyens et grands périmètres, on distingue dans les PPIV des périmètres de l'ordre de 20 à 40 ha, avec un réseau hydraulique complet (réseau primaire, secondaire et tertiaire), et des micro-périmètres, de quelques hectares seulement de superficie, généralement irrigués avec des motopompes à partir de tuyaux avec installation mobile et sans système particulier de drainage.

L'irrigation par pompage s'est développée surtout au Nord-Mali, au delà du delta intérieur du fleuve Niger (de Gao à Ansongo), où la réduction des crues du fleuve au cours des deux dernières décennies a conduit à la nécessité de faire de l'irrigation d'appoint à partir de motopompes; pour compléter les besoins en eau des cultures en submersion contrôlée et/ ou en décrue. L'irrigation par pompage s'est aussi développée sur les nombreux périmètres irrigués villageois des Régions de Mopti, et de Tombouctou.

Les rendements sont de l'ordre de 4 T/ha.

2.4.2 Méthodologie de Collecte des données (Source DNSI)

2.4.2.1 Collecte des données

Les données sur l'évolution des superficies cultivées ont été collectées par la DNSI au niveau des structures compétences de gestion.

En riziculture irriguée et surtout les dans les zones de submersion contrôlées et de maîtrise totale, les superficies mis en valeur sont connues par les différentes structures. Ces services utilisent la méthode suivante pour le suivi des superficies emblavées :

- Tous les Associations villageoises donnent les superficies mis en valeur en moitié de campagne au service de Zone (Zone ON, ZAER et autres).
- Des agents de vérification sont envoyés sur le terrain pour faire le constat des superficies déclarées par les AV non mis en valeur.
- Ces résultats seront ensuite utilisés pour le calcul des redevances eaux.
- Pour les zones de submersion libre, les superficies sont obtenues par les enquêtes de conjonctures de la C.P.S. Celle-ci fait une extrapolation sur la base d'un échantillon connu pour faire des prévisions de campagne.

2.4.2.2 Sources d'erreurs et corrections possibles

- Installation tardive des campagnes ou l'inondation dans les zones de submersions et de bas-fonds peut causer des dommages qui peuvent détruire des parcelles déjà mis en valeur.
- Non déclaration des parcelles mis en valeur en hors casier dans les zones Office du Niger.

2.4.2.3 Correction possible

- Faire une analyse de a campagne prétendante et tirer une leçon afin de comprendre la raison,
- Prendre les dispositions pour corriger ces erreurs,
- Renforcer le suivi au niveau de la base.

2.4.3 Calcul des émissions

Les rizières constituent l'une des principales sources anthropiques de méthane atmosphérique. Le méthane est produit par action de bactéries méthanogènes sur la matière organique du sédiment dans des conditions anaérobiques.

Les zones de riziculture pluviale (en dehors des bas-fonds) ne permettent pas assez souvent des conditions de décomposition anaérobies. Les émissions sont peu significatives car dans ces conditions, la durée de l'inondation peut être considérée comme nulle.

Plus de 90% des émissions proviennent du Delta Intérieur du Niger où est pratiquée la riziculture par submersion libre.

Le type d'irrigation simple correspond aux superficies de l'Office du Niger, des périmètres de Sélingue et Banguinéda.

Le type d'irrigation par submersion contrôlée correspond aux périmètres des opérations riz Mopti et Ségou. Les superficies annuelles correspondant aux différents types d'irrigation ainsi que les calculs des émissions de méthane sont présentées en annexe

La méthodologie pour estimer la quantité de méthane émis à travers les surfaces rizicoles est celle utilisée dans le dernier guide du GIEC. La formule est la suivante :

$$E = (A \times B \times C \times D)$$

A : Superficies cultivées ($m^2 \times 10^{-9}$)

B : Facteur d'échelle

C : Facteur de correction pour l'amendement organique

D : Facteur d'émission saisonnier intégré pour le riz permanemment inondé sans amendement organique (g/m^2)

E : Emission de Méthane CH₄ en Giga grammes

TABLEAU 2.17: FEUILLE DE CALCUL DES EMISSIONS DE LA RIZICULTURE IRRIGUEE

	MODULE	AGRICULTURE				
	SUBMODULE	METHANE EMISSIONS FROM FLOODED RICE FIELDS				
	WORKSHEET	4-2				
	SHEET	1 OF 1				
	COUNTRY	Mali				
	YEAR	2000				
		A	B	C	D	E
		Harvested Area	Scaling Factor for Methane Emissions	Correction Factor for Organic Amendment	Seasonally Integrated Emission Factor for Continuously Flooded Rice without Organic Amendment	CH ₄ Emissions
		m ² *1/1000000000			(g/m ²)	(Gg)
						E = (A x B x C x D)
Continuously Flooded			1	2	20	0,00
Intermittently Flooded	Single Aeration	0,725	0,5	2	20	14,50
	Multiple Aeration		0	2	20	0,00
Submersion libre		1,578	0,8	2	20	50,50
Submersion contrôlée		0,4656	0,4	2	20	7,45
Bafond 50-100 cm		0,695	0,8	2	20	22,24
Water Depth > 100 cm						0,00
		3,46				94,69

Source : DNSI DNAMR (Bulletin semestriel d'information et de liaison du réseau riz- Numero1 Juin 2002

2.5 MODULE 5 - CALCUL DES EMISSIONS DANS LE SECTEUR DES FEUX DE BROUSSE

2.5.1 Les données

Les feux de brousse sont considérés comme l'un des plus importants facteurs de dégradation des ressources naturelles. Ils causent d'énormes problèmes environnementaux, et leurs effets deviennent de plus en plus un sujet de préoccupation au niveau socio économique. Bien qu'il n'existe que peu de statistiques sur les feux de brousse, déjà en 1987-90, les superficies brûlées représentaient 9 191 400 ha (Maïga, 1999) et elles ne seraient que de 123 819,2 ha en 2007 (Rapport Annuel 2007 DNCN).

En 2000, les superficies brûlées sont estimées à 2 180 900 ha (Global Burnt Area (GBA) du Centre Commun de Recherche de la Commission Européenne)

Les feux précoces qui n'ont affectés que moins de 27% des surfaces brûlées, sont considérés comme étant les feux mis à volonté pour amoindrir la densité du couvert végétal pour des activités anthropiques à but économique. Ils sont devenus une coutume dans certaines collectivités qui légifèrent en la matière en définissant une période au delà de laquelle il est formellement interdit de mettre du feu.

Les feux précoces auraient pour avantage d'éviter de brûler le pâturage et le couvert végétal protégeant du coup le sol contre l'érosion. Ils ont des effets bénéfiques pour certaines espèces herbacées et permettent à d'autres espèces ligneuses de se régénérer, ce qui enrichit la brousse en fourrage pour le cheptel et l'habitat de la faune sauvage.

En revanche les feux tardifs, représentant 63% des surfaces brûlées, demeurent une préoccupation et cela en dépit d'une législation adaptée au contexte de la décentralisation. Ils restent un danger face au régime des pluies précoces défavorisant l'environnement et les ressources naturelles.

De 1996 à 2006, les superficies brûlées sont évaluées à 1 567 858 ha (DNCN, 2009) dont 11% sont des feux précoces et le reste des feux tardifs. Cela représente une moyenne annuelle de 17 246 ha pour les feux précoces et 139 539 ha pour les feux tardifs.

Sur la base des données de 2007 et de 2008, les feux précoces représentent 25% de la superficie totale de l'ensemble des feux de brousse. Face à la problématique des feux, la vision future du Mali est l'atteinte de 3 000 000 d'ha de feux précoces en 2009 (DNCN, 2009).

Le tableau suivant représente une évolution des superficies brûlées entre 1995 et 2007.

TABLEAU 2.18: EVOLUTION DES SUPERFICIES BRULEES

Année	Superficies brûlées (ha)	Densité de la biomasse (tonnes de ms / ha)	Fraction de biomasse brûlée*	Fraction de biomasse vivante brûlée **	Fraction de biomasse morte brûlée
1995	9 191 420	1,5	0,95	0.20	80
2000 ¹	2 180 900	1,5	0,95	0.20	80
2007*	123 819	1,5	0,95	0.20	80

Source :

*Global Burnt Area (GBA) du Centre Commun de Recherche de la Commission Européenne

**Directives d'inventaire des gaz à effet de serre du GIEC (version 1996 révisée)

DNCN

Il faut cependant noter qu'aucune statistique fiable n'est actuellement disponible au niveau national sur les superficies brûlées. Ces superficies évaluées sur la base des rapports nationaux de la Direction Nationale des Eaux et Forêts (Ex Direction nationale de la Conservation de la Nature) sont largement inférieures à la réalité sur le terrain. Pour cette raison et compte tenu du jugement d'experts, nous avons retenue pour l'année 2000 ; la valeur de 9 191 420 ha de superficie brûlée correspondant aux feux tardifs de 1995. Cette valeur nous semble plus réaliste que le chiffre de 2180 900 ha donné par le Global Burnt Area (GBA) pour l'année 2000 au Mali.

Le Programme Africain de Gestion de l'Environnement pour le Développement Durable (AMESD) auquel participe le Mali à travers l'Institution d'Economie Rural (IER) pourrait apporter une solution à cette situation grâce à l'accès aux données d'information environnementales (y compris les feux) délivrées par des technologies d'observation de la Terre comme le système MODIS.

2.5.2 Calcul des émissions du sous secteur des feux de savane pour l'année 2000

Les feuilles de calculs des émissions du sous secteur sont présentées dans les tableaux présentés en annexe et les résultats de calculs sont résumés ci-dessous.

TABLEAU 2.19: SYNTHÈSE DES RESULTATS DE CALCUL DES EMISSIONS DANS LE SOUS SECTEUR DES FEUX DE BROUSSE. POUR L'ANNEE 2000

Type de gaz	Emission (Gg)	Emissions (TE-CO2)
CO	586,75	
CH ₄	22,35	547,575
N ₂ O	0,28	89,6
NO _x	10	

2.6 MODULE 6 - CALCUL DES EMISSIONS DANS LE SECTEUR DE RESIDUS AGRICOLES

2.6.1 Les données

Les quantités de résidus agricoles issues des différents types de céréales sont estimées à partir des productions annuelles et des rapports résidus production.

TABLEAU 2.20 : PRODUCTION EN TONNES DES DIFFERENTES CEREALES

Années	Mil	Sorgho	Maïs	Riz	Fonio	Blé/orge	Total (tonnes)
Rapport résidus/production	1,4	1,4	1	1,4	1,4	1,3	
2000	818 905	688 830	619 896	727 140	31 244	7 585	2 893 600
2002	795 146	641 848	365 174	693 203	16 321	4 621	2 516 313
2003	1260 498	727 632	454 758	938 217	22 437	5 701	3 409 243
2004	974 673	664 083	459 463	718 086	19 655	8 942	2 844 902
2005	1157 810	629 127	634 464	945 824	26 598	4 805	3 398 628
2006	1128 773	769 681	706 737	1053 236	26 247	8 565	3 693 239

Source: Hélio International - Systèmes énergétiques: vulnérabilité/Adaptation/Résilience (VAR) 2009

TABLEAU 2.21: EVOLUTION DES PRODUCTIONS (EN TONNE) DES CULTURES INDUSTRIELLES ET NIEBE DE 1995 A 2000

Cultures	1995	1996/	1997	1998	1999	2000	Moyenne 1995 à 2000	Rapport résidus/production
Arachide	157112	134129	144330	152141	278058	193073	173154	1,4
Coton	405907	452046	522903	518415	459792	242772	389049	1,4
Canne à sucre	293238	249954	302982	318556	291327	312992	291211	0,2
Niébé	67919	73293	110060	129181	133301	100126	102751	1,4
Total (tonnes)	924176	909422	1080275	1118293	1162478	848963	956165	

Source: DNA

TABLEAU 2.22: RAPPORT RESIDUS - PRODUCTION DES DIFFERENTES CULTURES

Céréales	Rapport Résidus/production
mil	1,4
sorgho	1,4
maïs	1
fonio	1,4
riz	1,4
blé	1,3
canne à sucre	0,2
coton	1,4

Source: Guide des inventaires de gaz à effet de serre du GIEC

2.6.2 Calcul des émissions du sous secteur pour l'année 2000

Les feuilles de calculs des émissions du sous secteur sont présentées dans les tableaux présentés en annexe et les résultats de calculs sont résumés ci-dessous.

TABLEAU 2.23 : SYNTHESE DES RESULTATS DE CALCUL DES EMISSIONS DANS LE SOUS SECTEUR DES RESIDUS AGRICOLES POUR L'ANNEE 2000.

Type de gaz	Emissions (Gg)	Emissions (TE-CO ₂)
CO	61,18	
CH ₄	1,75	42,875
N ₂ O	0,01	3,2
NO _x	0,41	

2.6.3 Emissions de N₂O par les sols agricoles et la gestion du fumier

2.6.3.1 Introduction

L'agriculture est pratiquée au Mali, de l'extrême sud à la limite septentrionale de la zone sahélienne. Les terres cultivées représentent 12 % de la superficie totale et 37 % de la superficie propice à l'agriculture (source : Direction Nationale de la Statistique et de l'Informatique: Enquête démographique et de santé, 1995-1996).

La pression agricole sur la terre est élevée dans les régions situées en majeure partie dans la zone sahélienne (Ségou, Mopti et Koulikoro dans une moindre mesure). Les techniques traditionnelles appliquées et trop extensives sont à la base de divers problèmes de dégradation des sols, de réduction de la fertilité. Les pertes en matières organiques sont assez considérables: 542 kg/ha. Les pertes en azote sont de l'ordre de 31kg/ha (source: cellule de Planification se de Statistique de la Direction Nationale de l'Agriculture).

Par des apports d'engrais minéraux et de fumure organique, on cherche à compenser la baisse de fertilité des sols. La CMDT, l'Office du Niger et l'OHVN sont les principaux utilisateurs d'engrais minéraux.

En zone Mali-Sud, la culture cotonnière utilise l'engrais complexe (50 à 150kg/ha), l'urée (52kg/ha), et de la fumure organique provenant du compostage, du parcage et du parc amélioré (source : DNA, Mali)

En zone Office du Niger, on applique l'urée (200 à 400kg/ha) et le phosphate d'ammonium (100kg/ha).

TABLEAU 2.24 : TYPES D'ENGRAIS ET LEURS TENEURS EN AZOTE

Type d'engrais	azote (%)
Engrais complexe	14 -15
Urée	46
Phosphate d'ammonium	18

Source: DNA, Mali

Il existe au Mali deux systèmes de production animale:

Le système pastoral, qui comprend :

- le pastoralisme "pur" de la zone aride du Nord. Très mobile, il n'a pratiquement pas de lien avec l'agriculture. On y élève principalement des chameaux.
- le pastoralisme allant de pair avec une agriculture pluviale au Centre-Nord et les régions semi-arides du Nord-Ouest. Les bovins, chèvres et moutons sont les principales espèces élevées. Il se caractérise par l'échange de fumier contre la pâture des résidus de récoltes.

- le pastoralisme lié au pâturage sur terres inondées et qui s'effectue parallèlement aux cultures de décrue. Il se pratique dans le Delta Intérieur du Niger et les principaux animaux élevés sont les bovins.

Dans les zones à faible densité ligneuse, les excréments d'animaux sont utilisés comme source d'énergie.

- Le système agro-pastoral au Sud
- L'agriculture en est la composante essentielle. Le bétail n'est pas soumis à une grande mobilité. Un mécanisme important du système est le transfert de fertilité au sol qu'assure le bétail par l'apport de fumure.

2.6.3.2 Les sols agricoles

Les sols et les sédiments peuvent se comporter comme source d'émission d'oxyde nitreux (N₂O) qui est un important gaz à effet de serre. Deux processus d'origine bactérienne sont principalement responsables de cette émission: la nitrification et la dénitrification. Les pratiques agricoles qui contribuent à accroître le taux d'émission de N₂O sont :

- l'utilisation des engrais minéraux et de la fumure organique comme fertilisants des sols,
- la fixation biologique de l'azote par les plantes légumineuses,
- la biodégradation des résidus agricoles abandonnés dans les champs,
- la minéralisation des matières organiques des sols de culture.

Les quantités de N₂O sont calculées à partir de la méthodologie GIEC. Les données utilisées sont de sources officielles

2.6.3.3 Quantités d'azote transformé en N₂O

Ces quantités sont calculées selon la version 1996 révisée du guide du GIEC à partir de la quantité totale d'azote contenue dans la quantité de fertilisants pour l'année en cours. Les tableaux (annexe 4.1) donnent les quantités d'engrais utilisées ainsi que les contenus en urée pour les différentes localités du pays.

TABLEAU 2.25: SYNTHÈSE DES QUANTITÉS D'AZOTE UTILISÉES EN 2000 (NFERT)

Type de fertilisant	Quantité d'azote (tonnes)
Complexe coton	2483,64
Urée	6347,08
Complexe céréales	5513,62
Total	14344,34

I. Fertilisants synthétiques (FSN)

D'après le tableau ci-dessus, $N_{FERT} = 14344,34$ tonnes soit 14344340 Kg

$$F_{SN} = N_{FERT} * (1 - Fract_{GASF})$$

Quantité totale d'azote des fertilisants utilisés dans le pays: $N_{FERT} = 14344340$ Kg

$Fract_{GASF}$: fraction de N_{FERT} se volatilisant en NH_3 et NO_x : 0,1 kg N/ kg de N_{FERT}

$$F_{SN} = 14344340 \text{ Kg} (1 - 0,1) = 12909906 \text{ kg N/an}$$

II. Déjections du bétail utilisées comme fertilisants (FAW)

$$F_{AW} = Nex * [1 - (Frac_{FUEL} + Frac_{GAZ} + Frac_{GASM})]$$

$Nex = N_T * Nex_T$: quantité totale d'azote des déjections d'animaux dans le pays: kg N/an

N_T = Nombre d'animaux de type T.

Nex_T = Nex pour l'animal de type T

$Frac_{FUEL}$ = fraction de Nex brûlé: 0,0 kg N /kg N².

$Frac_{GAZ}$ = fraction de Nex déposée au pâturage : 0,75 kg N / kg N

$Frac_{GASM}$ = fraction de Nex qui se volatilise en NH_3 et NO_x : 0,2 kg N/kg N.

TABLEAU 2.26: CALCUL DE NEXT

	A	B	C	D	E
Type d'animaux	NT	NexT(kg N/an)	AWMST (%)	Nex(kg N/an)	NexAWMS(kg N/an)
				D = A * B	E = (D * C)/100
vaches laitières	1 445 000	60	83	86 700 000	71 961 000,00
autres vaches	2 570 000	40	96	102 800 000	98 688 000,00
ânes	695 000	40	99	27 800 000	27 522 000,00
moutons+chèvres	16 785 000	12	99	201 420 000	199 405 800,00
chameaux	525 000	40	99	21 000 000	20 790 000,00
chevaux	182 000	40	99	7 280 000	7 207 200,00
porcs	67 000	16	0	1 072 000	0,00
TOTAL				448 072 000	425 574 000,00

² Les déchets utilisés comme source d'énergie sont prélevés soit au pâturage soit au parc : $FRAC_{FUEL}$ est une partie de $FRAC_{GAZ}$

$$F_{AW} = 425\,574\,000 * [1 - (0+0,75+0,2)] = 21\,278\,700 \text{ kg N}$$

$F_{AW} = 21\,278\,700 \text{ kg N /an}$
--

III. Fixation d'azote par les plantes légumineuses (FBN)

Les plantes légumineuses fixent l'azote atmosphérique par les racines. Elle fournissent au sol des quantités comparables à celles fournies par les fertilisants.

$$F_{BN} = 2 * \text{Crop}_{BF} * \text{Frac}_{NCRBF}$$

Une seule légumineuse, l'arachide, sera retenue pour cette étude.

Production annuelle d'arachide $\text{Crop}_{BF} = 193\,073\,000 * 1,4 \text{ kg} = 270\,302\,200$ (en kg de biomasse sèche).

Frac_{NCRBF} = fraction d'azote fixée sur la production: 0,03 kg N / kg de biomasse sèche

$F_{BN} = 810\,9066 \text{ kg de N/an}$

IV. Résidus agricoles (FCR)

La biodégradation des résidus de récoltes libère des nitrates dans le sol.

$$F_{CR} = 2 * (\text{Crop}_0 * \text{Frac}_{NCR0} + \text{Crop}_{BF} * \text{Frac}_{NCRBF}) * (1 - \text{Frac}_R) * (1 - \text{Frac}_{BURN})$$

Crop_0 = production des céréales ne fixant pas l'azote

$\text{Crop}_0 = 364\,471\,9000 \text{ kg}$ (voir feuille de calcul inventaire des résidus agricoles)

La biomasse sèche correspondante est : $364\,471\,9000 * 1,4 = 510\,260\,6600 \text{ kg}$

Frac_{NCR0} = fraction d'azote dans Crop_0 : 0,015 kg N / kg de biomasse sèche

Frac_R = fraction de résidus enlevés des champs: 0,45 kg N/kg de biomasse sèche

Frac_{BURN} = fraction de résidus brûlés au champ: 0,25 kg N/kg de biomasse sèche

$$F_{CR} = 2 * (2305 \cdot 10^6 * 0,015 + 151,210 \cdot 10^6 * 0,03) * (1 - 0,45) * (1 - 0,25)$$

$F_{CR} = 698\,347\,36,1 \text{ kg N/an}$

2.6.3.4 Calcul des émissions directes

TABLEAU 2.27 : EMISSIONS DIRECTES DE N₂O DES SOLS AGRICOLES, A L'EXCEPTION DES EMISSIONS DUES A LA MINERALISATION DES MATIERES ORGANIQUES DES SOLS CULTIVES

MODULE	Agriculture		
SOUS MODULE	Sols agricoles		
Tableau	4-5		
Feuille	1/5 Emissions directes de N ₂ O à partir des champs agricoles à l'exception des histosols		
	Etape 1	Etape 2	
	A	B	C
Type d'azote dans le sol	Quantités d'azote utilisées (kg N/an)	Facteur d'émission des émissions directes EF ₁ (kg N ₂ O-N/kg N)	Emissions directes des sols (Gg N ₂ O-N/yr)
		Valeurs par défaut (Table 4-18)	C=(A*B)* 10⁻⁶
Fertilisants synthétiques (F _{SN})	12909906	0,0125	0,16
Déchets animaux (F _{AW})	21278700	0,0125	0,26
Fixation biologique de N ₂ (F _{BN})	8109066	0,0125	0,10
Résidus agricoles (F _{CR})	69834736	0,0125	0,87
Totaux			1,40

TABLEAU 2.27 (SUITE1): EMISSIONS DIRECTES DE N₂O PAR LA CULTURE DES HISTOSOLS

MODULE	AGRICULTURE			
SOUS MODULE	Sols agricoles			
Tableau	4-5			
Feuille	2/5 Emissions directes de N ₂ O à partir de la culture des histosols			
	Etape 3			Etape 4
	D	E	F	G
	Superficie cultivée des sols organiques F _{os} (ha)	Facteur d'émission directe des sols EF ₂ (kg N ₂ O-N/ha/yr)	Emissions directes des histosols (Gg N ₂ O-N/yr)	Emissions directes totales de N ₂ O (Gg)
		Valeurs par défaut (Table 4-18)	$F = (D \times E) \times 10^{-6}$	$G = (C+F) \times 44/28$
Sous total	0	10	0	2,2

De part leur couvert végétal, et à cause de la faiblesse de la pluviométrie, les sols de savane sont systématiquement moins humides. De ce fait, le mécanisme de dénitrification qui nécessite des conditions d'anaérobie (et qui semble être le principal mécanisme producteur de N₂O dans les régions tropicales) y est atténué. C'est pourquoi cette source a été négligée dans le cas du Mali.

2.6.4 Gestion du fumier (AWMS) :

Le système de gestion du fumier au Mali est essentiellement lié au caractère de l'élevage extensif. Dans ce type d'élevage, durant le jour, les animaux sont paies dans la nature pendant l'hivernage où libérés à eux-mêmes durant la saison sèche.

Durant l'hivernage, le bétail est parqué pendant la nuit. Les conditions de dépôt des déchets (dépôt à ciel ouvert, fort ensoleillement, faible quantité de déchets) ne permettent pas des dégagements significatifs de N₂O.

Enfin, il faut signaler qu'actuellement, il y a un besoin accru du fumier dans l'agriculture.

Dans ces conditions, les propriétaires au Mali procèdent à des rotations fréquentes des enclos à travers le champ ; ce qui ne permet pas des dépôts importants de déjection occasionnant des émissions significatives (Nex AWMS = 0).

2.6.5 Emissions indirectes de N₂O par les sols agricoles

2.6.5.1 Dépôts de NH₃ et NO_x atmosphériques

NH₃ et NO_x volatilisés à partir des fertilisants et de la gestion du fumier sont convertis en nitrates dans l'atmosphère. Le nitrate formé se dépose au sol et à la surface des eaux et produit par processus biogénique du N₂O. Ce processus nécessitant des conditions d'anaérobie, il n'est valable au Mali que dans la zone de l'Office du Niger.

$$N_2O_{AWMS} = \sum (N_{(T)} * Nex_{(T)} * AWMS_{(T)} * EF_3(AWMS))$$

AWMS_(T) = fraction de Nex_(T) géré par différents systèmes de gestion du fumier

EF_{3(AWMS)} = facteur d'émission de N₂O pour un AWMS

TABLEAU 2.27 (SUITE2): EMISSIONS INDIRECTES DE N₂O A PARTIR DES DEPOTS DE NH₃ ET NOX ATMOSPHERIQUES

MODULE	AGRICULTURE							
SOUS-MODULE	Sols agricoles							
Feuille de travail	4-5							
Feuille	4/5 Emissions indirecte de N ₂ O à partir des dépôts atmosphériques de NH ₃ et NOx							
Etape 6								
Type de dépôt	A	B	C	D	E	F	G	H
	Quantité de N synthétique utilisé dans les sols N _{FERT} (kg N/yr)	Fraction de N des fertilisants synthétiques qui se volatilise (KgN/kg N)	Total de N synthétique utilisé dans les sols qui se volatilise (kg N/kg N)	Total d'excrétion de N dû à l'élevage domestique N _{ex} (kg N/yr)	Fraction de N total du fumier qui se volatilise (kgN/kgN)	Total de N des déchets d'animaux domestiques qui se volatilise (kgN ₂ O-N/kgN)	Facteur d'émission EF ₁ (Kg N ₂ O - N/kg N)	Emissions de N ₂ O (Gg N ₂ O-N/yr)
		Valeurs par défaut (Table 4-A)	C =(A x B)		Valeurs par défaut (Table 4-17)	F = (D x E)	Valeurs par défauts (Table 4-18)	H = (C + F) x G x 10 ⁻⁶
Total	2250000	0,10	225000	21278700	0,2	4255740	0,01	0,043

N_{Fert} représente ici la quantité d'azote utilisée dans l'Office du Niger car c'est seulement dans cette zone qu'il y a des possibilités d'émissions dans l'atmosphère de quantités de fertilisant volatilisé suite à la saturation des terres en engrais.

2.6.6 Lessivage et ruissellement

Par lessivage et ruissellement les sols agricoles perdent d'importantes quantités d'azote qui vont dans les eaux souterraines, les terres inondées, les rivières et éventuellement les océans. Ceci constitue une importante source biogénique de N₂O.

TABLEAU 2.27 (SUITE 3) : EMISSIONS INDIRECTES DE N₂O PAR LESSIVAGE

MODULE	AGRICULTURE						
SOUS MODULE	Sols agricoles						
Feuille de travail	4-5						
Feuille	5/5 Emissions indirectes de N ₂ O par lessivage						
	Etape 7					Etape 8	Etape 9
	I	J	K	L	M	N	O
	Utilisation des fertilisants synthétiques N _{FERT} (kg N/yr)	Azote contenu dans les déchets d'animaux domestiques Nex (kg N/yr)	Fra _{clEACH} (kg N/kg N)	Facteur d'émission EF _s	Nex (kg N/an)	Total d'émissions indirectes de N ₂ O	Total de N ₂ O (Gg)
			Valeurs par défaut (table 4-17)	Valeurs par défaut (table 4-18)	$M = (I + J) \times K \times L \times 10^{-6}$	$N = (H + M) [44/28]$	$O = (G + N)$ (G issu du document de travail 4-5, feuille 2 étape 4 ; document ; N issu du document de travail 4-5 feuille 5 étape 8)
TOTAL	2250000	21278000	0,3	0,025	0,18	0.35	2,55

NB : 2 250 000 kg représentent ici la quantité d'azote utilisée à l'Office du Niger.

2.6.7 Synthèse des émissions de GES dans le secteur Agriculture

Le tableau ci-dessous présente la synthèse des émissions de GES du secteur de l'Agriculture

TABLEAU 2.28: SYNTHÈSE DES ÉMISSIONS DE GES DU SECTEUR AGRICULTURE

Agriculture	CO ₂ (Gg)	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	CO (Gg)	NOx (Gg)
Riziculture		94,69			
Elevage		257,47			
Incinération des résidus agricoles		1,74	0,01	61,18	0,12
Feux de savane		22,35	0,28	586,75	0,15
Emission directe des sols agricoles			2,2		
Emission indirecte des sols (lessivage)			2,5		
Total		376,25	4,99	647,93	0,27
Bilan par type de gaz					
Potentiel de Réchauffement Global (PRG)	1	21	310		
TE-CO ₂		7901,25	1546,9		
% en TE-CO ₂ du total des émissions de CH ₄ et N ₂ O		83,60	16,40		

2.7 MODULE 7 - CALCUL DES EMISSIONS DANS LE SECTEUR DU CHANGEMENT D’AFFECTATION DES TERRES ET DE LA FORESTERIE

2.7.1 Etat du couvert végétal

2.7.1.1 Ressources forestières

Selon le seul inventaire des ressources ligneuses du territoire couvrant la période 85-91, le domaine forestier couvrait 100 millions d’hectares dont uniquement 32,4 millions ont une réelle production forestière, soit environ 26% de la superficie du pays. Il faut y ajouter les formations végétales agricoles ou anthropiques (cultures et jachères), estimées à 15,7 millions d'ha (DNRFFH, 1995).

Ces formations naturelles ont subi de profondes modifications résultant de la synergie des facteurs climatiques et anthropiques (défrichements agricoles, coupe abusive du bois, surpâturage et émondage, feux de brousse,...).

Le volume sur pied selon le Projet Inventaire des Ressources Ligneuses au Mali (PIRL), est supérieur à 520 millions de m³ soit 416 millions de tonnes de bois sur pied avec des productions de :

- moins de 10 m³/ha pour les savanes arbustives ;
- 20 à 40 m³/ha pour la brousse tigrée ;
- 50 à 80 m³/ha pour les savanes boisées ;
- plus de 100 m³/ha dans la zone guinéenne et les galeries forestières.

TABLEAU 2.29 : ETENDUE DE ZONES CLIMATIQUES DU PAYS

Nom	Précipitations	Superficies et Emplacement
Le Nord du Sahara Aride	< 200 mm/an	632 980 km ² – 51 % du territoire, Nord
La zone Sahélienne semi aride	200-600 mm/an	297873 km ² – 24% du territoire, Central
La zone Soudanaise	600-1000 mm/an	235 816 km ² – 19% du territoire, Région sud y compris la capitale
La zone Soudano-Guinéenne	>1000 mm/an	75 000 km ² – 6% du territoire Région du Sud

Source: DNCN (Etude FOSA 2001)

Toutes ces formations sont peu productives. En effet la productivité moyenne est de 0,86 m³/ha/an. Elle varie de 1 à 1,5 m³/ha/an dans la zone soudano guinéenne de 0,3 à 0,05 m³/ha/an en zone sahéenne et saharienne. Dans toutes les zones on observe une surexploitation du potentiel ligneux notamment autour des grandes villes comme Bamako, Ségou, Mopti, Koutiala et Niono.

Même en absence de données plus récentes, il est admis que la dégradation des formations forestières s’est accentuée avec l’accroissement de la population urbaine qui engendre une demande plus élevée des villes en bois énergie. Déjà en 2000, la FAO annonçait une diminution du couvert végétal au Mali en moyenne d’environ 100 000 ha par an et le PIRL, il y a de cela un peu plus d’une décennie estimait le taux de dégradation des forêts de l’ordre 8,30% (MEATEU/DNCN, 2000). Selon le

rapport annuel 1995 de la DNRFFH, plus de 100.000 ha de forêts disparaissent chaque année. Le potentiel de régénération est, quant à lui, estimé à 7 millions de tonnes par an.

Ces régressions seraient liées essentiellement aux facteurs ci-dessous.

2.7.1.2 Les défrichements

Les superficies mises sous cultures après défrichement, chiffrées en 1999 entre 300 000 et 400 000 ha par an (Maïga, 1999), sont évaluées suivant le contrôle du défrichement mené en 2007 par la DNCN à 594 450 ha. Par ailleurs, l'option du gouvernement du Mali dans le cadre du Plan Quinquennal d'aménagement 2003-2007, d'aménager 50 000 ha de périmètres agricoles, va certainement affecter de manière importante sur le capital forestier.

TABLEAU 2.30: SUPERFICIE CONVERTIE ANNUELLEMENT (HA)

Année	Superficie (ha)	Biomasse avant conversion (t m/ha)*	Biomasse après conversion (t m/ha)**
1995	530 000	35	3,5
2000	562 225	35	3,5
2007	594 450	35	3,5

Source:

*Etude FOSA (2001)

** Jugement d'expert (DNCN)

DNCN, Mali

Même si l'on ne dispose pas de chiffres sur l'estimation de toutes les superficies cultivées, certaines pratiques décriées telle que la culture sur les pentes de collines (Bamako, Cercles de Kati, Kita, Bafoulabé et Kéniéba), l'ouverture pour des besoins agricoles de faibles franges de couvert végétal le long des cours d'eau (Cercles de Koulikoro, Dioïla et l'ensemble de la région de Sikasso), le besoin de nouvelles terres pour la culture du coton constituent des menaces sérieuses pour les derniers massifs boisés notamment dans les cercles de Kita, Kéniéba et de Bafoulabé

Le domaine protégé caractérisé par diverses formations végétales, demeure la cible privilégiée des agriculteurs, éleveurs, exploitants forestiers et miniers. La pression démographique avec son corollaire d'une demande croissante des populations favorise l'exploitation frauduleuse du domaine forestier. La faiblesse du potentiel forestier et l'appât du gain conduisent à l'exploitation même des essences autochtones et à l'occupation illicite des berges des cours d'eau.

2.7.2 Évolution des superficies des principales cultures du Mali

2.7.2.1 Céréales

Le tableau suivant montre les évolutions des principales céréales entre les campagnes 1995/1996 et 2000/2001

TABLEAU 2.31: EVOLUTION DES SUPERFICIES (EN HA) DES CEREALES DE 1995/1996 A 2000/2001 AU NIVEAU NATIONAL

Céréales	1995/1996	1996/1997	1997/1998	1998/1999	1999/2000	2000/2001	Moyenne de 1995/1996 à 1999/2000
Mil	1285540	935655	878941	910816	932307	1078624	998652
Sorgho	852729	541185	573034	616630	733036	674768	663323
Riz	307469	327806	327991	326433	325106	352738	322961
Maïs	207229	185664	202814	239379	426301	161054	252277
Fonio	45758	24391	23678	19681	44059	25045	31513
Blé/Orge	2923	1607	2133	2680	3496	2660	2568
Total céréales	2701648	2016308	2008 591	2115619	2464305	2294869	2261294
Riz du secteur moderne	137807	153175	166844	170696	174838	191216	160672

Source: DNA, Mali

2.7.2.2 Cultures industrielles (Arachide, Coton, Canne à sucre) et niébé

Le tableau suivant montre les évolutions des superficies des principales cultures industrielles entre les campagnes 1995/1996 et 2000/2001

TABLEAU 2.32: EVOLUTION DES SUPERFICIES (EN HA) DES CULTURES INDUSTRIELLES ET NIEBE DE 1995/1996 A 2000/2001

Cultures	1995/1996	1996/1997	1997/1998	1998/1999	1999/2000	2000/2001	Moyenne 1995/1996 à 1999/2000
Arachide	167914	136398	304280	133144	250756	199735	198498
Coton	336224	420569	497650	504397	482293	227805	448227
Canne à sucre	4002	4009	3953	3991	7114	3928	4596
Niébé	200280	172710	274586	311958	283935	232223	248694

Source: DNA, Mali

2.7.3 Calcul des émissions dans le secteur de l'UTCUTF

Les tableaux de calcul des émissions de GES sont présentés en annexes

La synthèse des émissions de GES pour le secteur de l'UTCUTF est présentée dans le tableau suivant :

TABLEAU 2.33: SYNTHÈSE DES ÉMISSIONS DE GES DANS LE SECTEUR DE L'UTCUTF POUR L'ANNÉE 2000

Utilisation des terres et changements d'utilisation des terres et foresterie	Emission(+) absorption(-) CO2 Gg	CH4 Gg	N2O Gg	CO Gg	NOx Gg
Variation annuelle de carbone dans la biomasse : Emission(+); Absorption(-)	-65542,15				
Conversion des forêts et prairies	+19877,04	44,63	0,31	390,5	11,09
Variation du stock de carbone lors de l'utilisation agricole des terres	+16397,33				
Total	-65646,05	44,63	0,31	390,5	11,09

2.8 MODULE 8 - CALCUL DES EMISSIONS DANS LES SECTEURS DES DECHETS

2.8.1 Secteur des déchets

2.8.1.1 Déchets solides

A l'instar de Bamako, les centres urbains du Mali connaissent de sérieux problèmes dans la gestion des déchets solides qui constituent à l'heure actuelle l'une des préoccupations environnementales majeures auxquelles ils doivent faire face. Les modes de production et surtout de consommation des biens par les citoyens sont responsables pour l'essentiel de l'augmentation des rejets domestiques, commerciaux et industriels. Ces déchets sont constitués de fermentescibles, de matériaux recyclables et inertes secs. La production journalière est d'environ 2785 m³ (source : MEA : rapport Etat de l'Environnement, 2006) pour les villes de Bamako, Kayes, Sikasso, Ségou et Gao dont 40% seulement sont évacués vers les dépotoirs finaux. Ce faible taux d'enlèvement des déchets consécutif à des dysfonctionnements au niveau de la filière de gestion des déchets solides conjugué avec l'incivisme des citoyens contribuent à donner à nos villes une véritable image de «villes – poubelles».

La population du Mali a été estimée selon l'Enquête Légère Intégrée auprès des Ménages (DNS RGPH 1998 PR 2001 (population du Mali) à 10,524 millions d'habitants dont 31, 7% vit en milieu urbain soit 3 262 440 habitants. C'est cette valeur que nous allons considérer pour les calculs de production de déchets solides pouvant occasionner des émissions de gaz à effet de serre.

2.8.1.2 Déchets liquides

Pour l'évaluation des émissions de méthanes dans les secteurs des eaux usées, nous n'avons pas tenu compte du sous secteur des eaux usées industrielles. En effet, aucune des unités industrielles n'utilise ni de stations de boues activées, ni de traitement à biofilm, encore moins des lits bactériens contrôlés. Les systèmes d'évacuation des eaux usées vont du simple chenal d'évacuation des eaux vers le fleuve, à des « lagunages » sous dimensionnés, ou de simples puisards, des bassins de décantation etc. Ces conditions ne permettent pas d'émissions de méthane (CH₄) pour les eaux usées industrielles.

2.8.1.3 Calcul des émissions

Les tableaux de calcul des émissions de GES pour le secteur des déchets sont présentés en annexes.

Le tableau récapitulatif des émissions du secteur des déchets est le suivant.

TABEAU 2.34: RECAPITULATIF DES EMISSIONS DANS LE SECTEUR DES DECHETS POUR L'ANNEE 2000

Types de déchets	Emissions de CH ₄ (Gg) par décomposition	Emissions de CO ₂ (Gg) par incinération anarchique	Emissions indirecte de N ₂ O (Gag) à partir des défections humaines	% des émissions totales s (TE-CO ₂) du secteur déchets
Déchets solides	10,27	47,97		76
Déchets liquides domestiques et commerciaux	0,11			0,70
Défections humaines			0,26	23,30
Total Emissions (Gg)	10,38	47,97	0,26	
PRG (à 100 ans d'horizon temporel)	21	1	310	
Total Emissions (TE-CO₂)	217,98	47,97	80,6	100

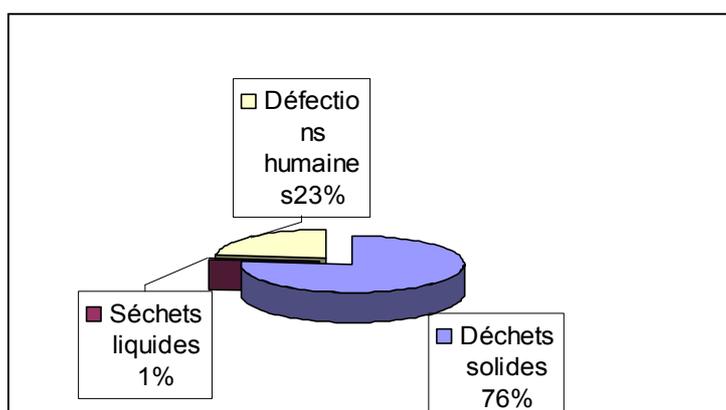


FIGURE 2.17 : REPARTITION DES EMISSIONS DE GES (EN TE- CO2) DANS LE SECTEUR DES DECHETS

Conclusion :

On remarque qu'en valeur absolue, les émissions de CO₂ suite à l'incinération anarchique des déchets solides sont les plus importantes. Cependant, en tenant compte des pouvoirs de réchauffement des différents gaz, les émissions de méthane dues à la décomposition des dépôts de déchets solides. Par ailleurs, quand on compare les émissions par type de déchet, ce sont les déchets solides qui sont les plus pollués par les émissions de méthane par décomposition et de CO₂ par incinération. Donc dans un objectif de réduction des émissions de GES liés aux déchets à court terme, la plus grande attention devrait être portée à la gestion des déchets solides municipaux suivie de celle de la gestion des défections humaines.

2.8.2 Synthèse des émissions pour l'année 2000

Le tableau ci-dessous est le récapitulatif des émissions de gaz à effet de serre pour l'année 2000.

TABLEAU 2.35: SYNTHÈSE DES ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE POUR L'ANNÉE 2000

	Dioxyde de carbone (Gg) CO ₂	Méthane (Gg) CH ₄	Oxyde Azoteux (Gg) N ₂ O	Monoxyde de carbone (Gg) CO	Oxydes d'azote (Gg) NO _x	Composés organique (Gg) NMVOC	oxyde sulfureux (Gg) SO ₂	Hydrochlofluoro carbone (Gg) HCFC
MODULE 1 : ENERGIE								
Energies conventionnelles	1517,92	0,156	0,013	9,009	9,405	7,531		
Transformation	397,85	0,016	0,003	0,081	1,085	0,027		
Consommation finale	1120,07	0,140	0,010	8,928	8,320	7,503		
Biomasse énergie	11893,45	32,068	0,415	562,715	11,335	6,828		
Transformation	417,89	0,770	0,004	26,951	0,774	0,385		
Consommation finale	11475,56	31,298	0,411	535,764	10,561	6,443		
Sous-total Module 1	13411,37	32,22	0,43	571,72	20,74	14,359		
MODULE 2 : PROCÉDES INDUSTRIELS								
CO ₂ émis lors de la production de ciment	0	0	0	0	0	0	0	
Usage du calcaire	0	0	0	0	0	0	0	
Sous-total module 2	0	0	0	0	0	0	0	0,0567
MODULE 3 : DECHETS								
Emission nettes de méthane générées par les déchets solides municipales et indus	47,97	10,27	0	0	0	0		
Emissions nettes de méthane générées par les eaux usées municipales et industrielles	0	0,11	0	0	0	0		
Défections humaines	0	0	0,26	0	0	0		
Sous-total module 3	47,97	10,38	0,26	0	0	0		
MODULE 4 : AGRICULTURE								
Emissions de méthane des animaux et du fumier animal	0	257,47	0	0	0	0		
Sols agricoles et gestion du fumier (utilisation d'engrais chimiques et fumier)	0	0	4,7	0	0	0		
Emissions de méthane générées par la Riziculture	0	94,69	0	0	0	0		
Incinération de la savane	0	22,35	0,28	586,75	0,15	0		
Incinération ouverte des résidus agricoles	0	1,74	0,01	61,18	0,12	0		
Sous-total module 4	0	396,25	4,99	647,93	0,27	0		
MODULE 5 : CHANGEMENT D'EXPLOITATION DES TERRES ET FORESTERIE								
Emissions annuelles générées par la conversion des forêts et prairies	+19877,04	44,63	0,31	390,5	11,09	0		
Forêts exploitées (variation dans le stock de biomasse)	-65542,15	0	0	0	0	0		
Abandon des terres	-36378,27	0	0	0	0	0		
Sols minéraliers (variation de carbone lors de l'utilisation agricole des sols minéraliers)	+16397,33	0	0	0	0	0		
Sous-total module 5	-65646,05	44,63	0,31	390,5	11,09	0,00		
TOTAL	-52186,71	383,49	5,99	1609,15	32,10	14,359		0,0567
Potentiel de Réchauffement Global (PRG) intégration sur 100 ans	1	21	310					2000
TE-CO₂	-52186,71	8011,29	1856,9					113,4
Bilan en TE-CO₂ pour les quatre gaz	-42205,12							
CO₂, CH₄, N₂O et HCFC(Gg)	-52186,71	383,49	5,99					0,0567

2.8.3 Conclusions

L'analyse du tableau de synthèse des émissions de gaz à effet de serre permet de dire que :

1. Les principales sources d'émissions de gaz à effet de serre au Mali sont :

- La conversion des forêts à travers surtout des défrichements (19 877,04 Gg de CO₂ et 390,5 Gg de CO émis) ;
- L'utilisation agricole des terres (16397,33 Gg de CO₂ émis) ;
- Le secteur de l'énergie (13411,37 Gg de CO₂ et 571,72 Gg de CO émis) ;
- Les feux de brousse (586 Gg de CO émis) ;
- La riziculture irriguée (94,69 Gg de CH₄) ;
- L'élevage domestique (257,47 Gg de CH₄).

2. Les principaux puits de séquestration de carbone sont :

- Les Forêts et reboisements ;
- Les terres abandonnées en reconstitution de biomasse.

Ainsi, au niveau national les efforts d'atténuation des émissions devraient être portés sur la réduction des émissions au niveau des sources clés ci-dessus indiquées et les efforts de renforcement des puits de carbone ci-dessus mentionnés devraient se poursuivre à travers divers types d'activités. Ce sont ces mesures qui constitueront le programme d'atténuation.

En considérant le bilan des émissions et des absorptions de gaz à effet de serre (TE-CO₂) pour l'année 2000, on constate que le Mali est un puits de carbone avec une marge de 42 205,12 TE-CO₂ de capacité de séquestration. Cette situation ne doit pas nous faire relâcher les efforts de réduction des émissions au niveau des sources clés (par l'adoption de techniques et technologies moins polluants) et les efforts de renforcement de nos puits de carbone par l'adoption de mesures appropriées.

3. Comparaison des synthèses des émissions de gaz à effet de serre entre la première Communication Nationale (année 1995) et la Seconde Communication Nationale (année 2000) :

La comparaison des deux tableaux montre :

- Une augmentation des émissions de CO₂ dans le secteur de l'Énergie ont augmenté en 2000 par rapport en 1995 de réduction des émissions à la source dans ce secteur entre autres par la promotion de l'utilisation des Énergie Renouvelables, de la promotion de l'hydroélectricité, de l'utilisation des équipements à économie d'énergie, de la pratique de l'efficacité énergétique ;
- Une augmentation des capacités de séquestration de carbone à travers le renforcement des puits de carbone dans le secteur du Changement d'Affectation des Terres et de la Foresterie.

Ces progrès doivent nous encourager à poursuivre les activités de reboisement l'application des techniques de gestion durable des terres toutes choses permettant de renforcer ces puits. Les Partenaires Techniques et Financiers ainsi que toute la communauté internationale à travers la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques et les autres Conventions de Rio sont invités à accompagner ce processus national.

TABLEAU 2.36: SYNTHÈSE DES ÉMISSIONS DE 2000

	Dioxyde de carbone (Gg) CO2	Méthane (Gg) CH4	Oxyde Azoteux (Gg) N2O	Monoxyde de carbone (Gg) CO	Oxydes d'azote (Gg) NOx	Composés organiques (Gg) NMVOC	oxyde sulfureux (Gg) SO2	Hydrochlorofluorocarb one (Gg) HCFC
MODULE 1 : ENERGIE								
Sous-total Module 1	13411,37	32,22	0,43	571,72	20,74	14,359		
MODULE 2 : PROCÉDES INDUSTRIELS								
Sous-total module 2	0	0	0	0	0	0		0,0567
MODULE 3 : DECHETS								
Sous-total module 3	47,97	10,38	0,26	0	0	0		
MODULE 4 : AGRICULTURE								
Sous-total module 4	0	396,25	4,99	647,93	0,27	0		
MODULE 5 : CHANGEMENT D'EXPLOITATION DES TERRES ET FORESTERIE								
Sous-total module 5	-65646,05	44,63	0,31	390,5	11,09	0,00		
TOTAL	-52186,71	383,49	5,99	1609,15	32,10	14,359	0	0,567
Potentiel de Réchauffement Global (PRG) intégration sur 100 ans	1	21	310					2000
TE-CO2	-52186,71	8011,29	1856,9					113,4
Bilan en TE-CO2 pour les quatre gaz	-42205,12							
Co2, CH4, N2O HCFC (Gg)	-52186,71	383,49	5,99					0,567

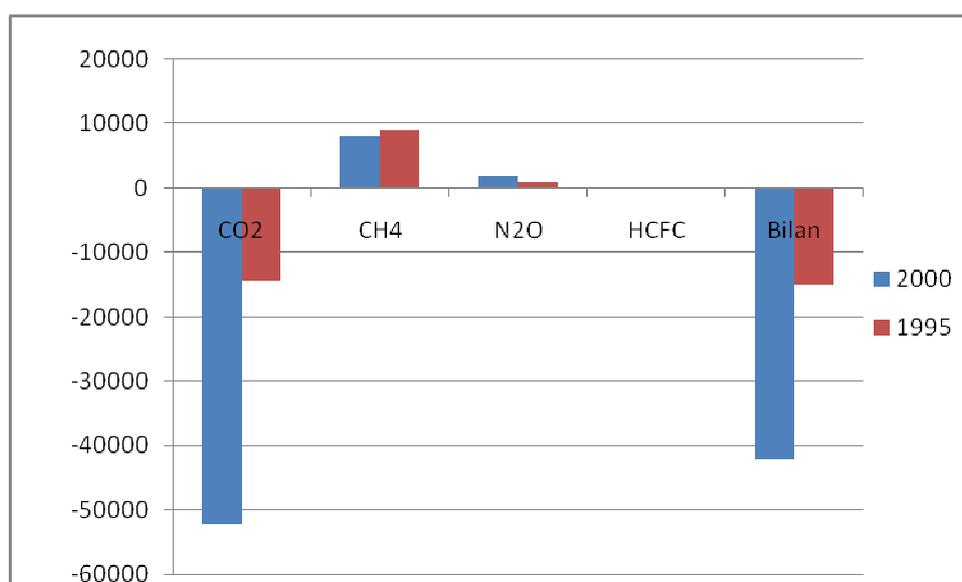
TABLEAU 2.37: SYNTHÈSE DES ÉMISSIONS POUR 1995

	Dioxyde de carbone (Gg) CO2	Méthane (Gg) CH4	Oxyde Azoteux (Gg) N2O	Monoxyde de carbone (Gg) CO	Oxydes d'azote (Gg) NOx	Composés organiques (Gg) NMVOC	oxyde sulfureux (Gg) SO2
MODULE 1 : ENERGIE							
Sous-total Module 1	10001,65	28,6647	1,2358	519,535	16,7002	62,299	
MODULE 2 : PROCÉDES INDUSTRIELS							
Sous-total module 2	9,58	0	0	0	0	0	0,0035
MODULE 3 : DECHETS							
Sous-total module 3	0	35,04	0	0	0	0	0
MODULE 4 : AGRICULTURE							
Sous-total module 4	0	334,32	1,780	270,58	5,23	0	
MODULE 5 : CHANGEMENT D'EXPLOITATION DES TERRES ET FORESTERIE							
Sous-total module 5	-14853,14	46,744	0,32	409,021	16,85	0	0,0035
TOTAL	-4841,9	431,73	3,3356	1199,136	38,780	73,919	0,003
Potentiel de Réchauffement Global (PRG) intégration sur 100 ans	1	21	310				
TE-CO2	-4841,9	9066,33	1034,036				
Bilan en TE-CO2 pour les trois i gaz Co2, CH4 et N2O (Gg)							

Le tableau de comparaison des émissions en TE-CO₂ de la première et de la Seconde Communication National est le suivant.

TABLEAU 2.38 : COMPARAISON DES EMISSIONS ENTRE LA COMMUNICATION INITIALE ET LA SECONDE COMMUNICATION

Années	Emissions TE-CO ₂				
	CO2	CH4	N2O	HCFC	Bilan
2000	-52186,71	8011	1856,9	113,4	-42205,12
1995	-14418,07	9066,33	1034,036	0	-14853,14



2.18 : COMPARAISON DES EMISSIONS DE GES (EN TE- CO₂) DE LA COMMUNICATION NATIONALE INITIALE (1995) ET DE LA SECONDE COMMUNICATION NATIONALE (2000)

CHAPITRE 3 ATTENUATION

3.1 Secteur de l'Énergie et de l'Industrie

3.1.1 Scénarios de base dans les secteurs de l'Énergie et Industrie

Du bilan énergétique de 2000, année de référence, les énergies ont été classées en énergies traditionnelles, énergies conventionnelles et produits pétroliers, réparties entre les quatre secteurs d'activités que sont l'Industrie, l'Agriculture, les Transports et les Ménages/l'Administration/le Commerce.

Les énergies traditionnelles regroupent le bois de chauffe, le charbon de bois et les déchets et résidus végétaux. Au niveau des énergies conventionnelles on retrouve l'électricité produite sous forme thermique ou hydraulique, et les produits pétroliers qui renferment les hydrocarbures dont l'essence (super et ordinaire), le gasoil, le DDO, le fuel-oil, le jet A1, le pétrole et le GPL.

Il y a lieu de tenir compte également des énergies renouvelables, particulièrement l'énergie solaire même si sa consommation reste pour l'instant très modérée.

La projection de la situation de base a été faite en tenant compte du plan national de développement. Ce plan visait 2 principaux objectifs :

1. la mise en valeur des potentialités énergétiques nationales, notamment les ressources hydrauliques, minière, d'énergies renouvelables ;
2. l'amélioration des conditions d'accès aux énergies modernes des différentes couches de la population ;

Les projections de la demande entre 1995 et 2050 ont été effectuées en utilisant le modèle LEAP et les émissions correspondantes ont été estimées en utilisant le logiciel d'IPCC. Les résultats obtenus sont présentés sur la figure qui suit.

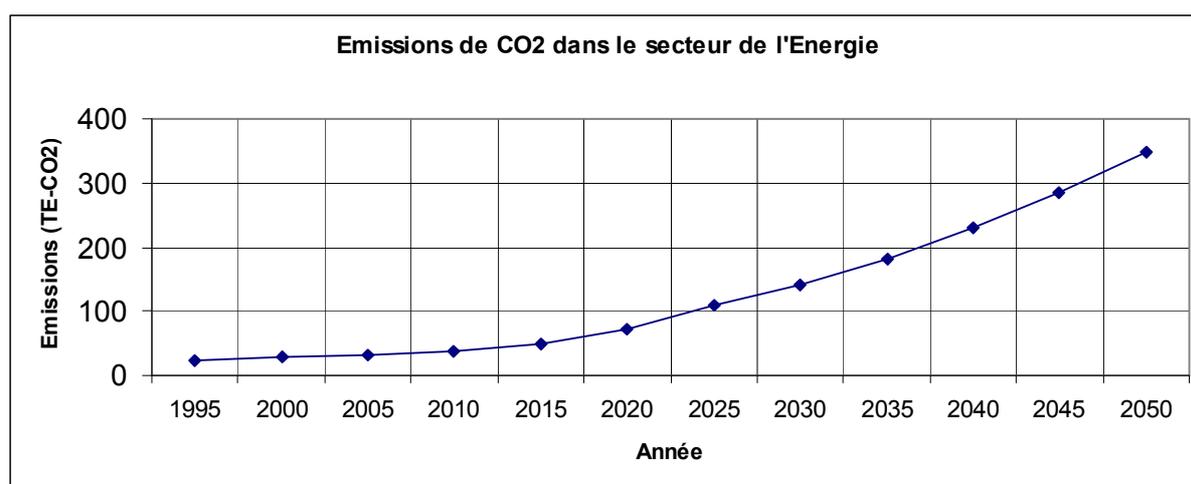


FIGURE 3.1: PROJECTION DES EMISSIONS DANS LE SECTEUR DE L'ÉNERGIE DE 1995 A 2050 (SCENARIO DE BASE)

3.1.2 Scénarios d'atténuation dans les secteurs de l'Énergie et Industrie

Les principales options d'atténuation formulées pour ces deux secteurs sont :

- Secteur de l'Énergie :
 - Mise en œuvre de l'efficacité énergétique dans les systèmes de production, d'approvisionnement et de consommation d'énergie par exemple à travers le Projet d'Appui au Secteur de l'Énergie (PASE) en cours de réalisation ;
 - Promotion des équipements économes d'énergie fossile à travers l'AMADER ;
 - Promotion des énergies nouvelles et renouvelables à travers le Centre National d'Énergie Solaire et des Énergies Renouvelables (CNESOLER);
 - Promotion de l'hydro-électricité comme le démarrage de la construction du barrage de Taoussa ;
 - Importation d'énergie électrique à partir des pays voisins comme l'interconnexions avec la Côte d'Ivoire ;
 - Valorisation des résidus et sous-produits agricoles pour la production de Combustibles ;
 - Promotion des biocarburants à travers la création de L'Agence Nationale pour le Développement des Biocarburants

- Secteur des transports :
 - Gestion rationnelle des voies de transport comme l'échangeur multiple du deuxième pont et le Projet de l'anneau SOTRAMA et la construction du troisième pont de Bamako qui sont en cours de réalisation pour permettre d'augmenter la fluidité de la circulation des engins et des personnes à Bamako ;
 - L'amélioration du trafic interurbain par la poursuite de l'entretien des principales voies comme la route Bamako – Sikasso ; Bamako -Dakar et le projet d'autoroute Bamako - Ségou ;
 - Formation, information et sensibilisation des conducteurs sur les bonnes pratiques en matière de circulation par la mise en application de la nécessité d'avoir un permis de conduire pour circuler avec un engin à deux roues et par des émissions de sensibilisation et de formation comme il se fait actuellement dans le cadre de l'émission « Circulation routière » de l'Office de Radio Télévision du Mali (ORTM);
 - Bonne gestion du parc automobile existant par le renforcement du contrôle technique;
 - Renouvellement du parc automobile et de celui des engins à deux roues comme le Projet de mise en circulation à Bamako de nouvelles voitures de transport « taxi » de L'Agence Nationale pour la Promotion de l'Emploi (en collaboration avec certaines banques de la place) et de certains opérateurs privés qui sont opérationnels et mériteraient d'être répliqués et amplifiés ;
 - Mesures à caractère incitatif ;
 - Mesures à caractère technologique ;

Par hypothèse, il est prévu que la mise en œuvre de l'ensemble de ces options de politique puisse apporter (par rapport au scénario de base) une réduction des émissions de GES de 45% à l'horizon 2025, 40% à l'horizon 2035 et 90% à l'horizon 2050 (voir figure ci-dessous)

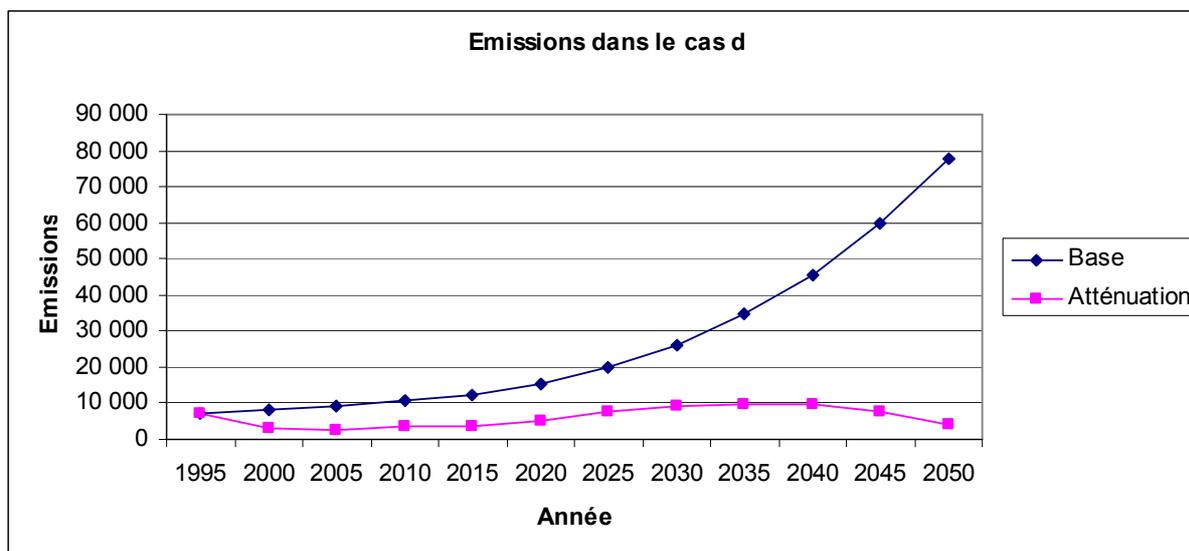


FIGURE 3.2: PROJECTION DES EMISSIONS DE 1995 A 2050 DANS LE CAS DES SCENARIOS DE BASE ET D'ATTENUATION

3.2 Foresterie

3.1.3.1 Hypothèse du Scénario de base

- Superficie (ha) des plantations dans le Source des données : document OMD ; DNCN, 2008 – rapport annuel de l'environnement 2007 et 2008
- Couverture totale estimée à 32 000 000 ha en 2004 (Source, DNCN : Etat de l'environnement 2007).
- Réduction de la couverture forestière de 11,60% en 1990 à 10,80% en 2000 (Etude FOSA). La couverture totale est de 32 000 000 ha.
- Type de bois selon le rapport 2008 de la DNCN (DNCN, 2008) pour l'année 2004 est 204 418 m³ pour le bois d'œuvre et 16 261 m³ pour bois de service.
- Les défrichement sont exprimé entre 300 000 et 400 000 ha par an , soit une moyenne de 350 000 ha par an et une valeur de 594 450 ha en 2007 (DNCN, 2007).

TABLEAU 3.1: SUPERFICIES REBOISEES DE 2004 A 2007

Années	Superficie (ha)
2004	3628,31
2005	5987,50
2006	7548,46
2007	9079,37
TOTAL	26543,64

Source: Rapport reboisement DNCN 2007

3.1.3.2 Hypothèse du Scénario de politique

- Augmenter la couverture forestière de 4% en 2004, 7% en 2009 et 15% en 2015 (Source, PDES/ Mali)
- Eviter la déforestation par une amélioration des techniques culturales ;
- Intensifier le reboisement (y compris la mise en œuvre au Mali du projet africain de barrière verte allant de Djibouti au Sénégal) à travers la sensibilisation et des mesures incitatives et l'appui politique ;
- Limiter l'avancée du désert par la fixation des dunes de sable et le reboisement ;
- Augmenter les puits de carbone à travers l'augmentation des superficies de plantations de pourghère dans le cadre de la promotion des biocarburants ;
- Augmenter les puits de carbone à travers l'augmentation des superficies de plantations de gomme arabique dans le cadre de la promotion de cette ressource ;

TABLEAU 3.2: EMISSIONS DANS LE CAS DES SCENARIOS DE BASE ET ATTENUATION

Scénario de Base			Scénario de Politique				
Année	Emissions TE – CO2	Séquestration TE – CO2	Bilan TE – CO2	Année	Emissions TE – CO2	Séquestration TE – CO2	Bilan TE – CO2
2000	38 409,15	70 150,74	31 741,59	2000	40 644,70	72 543,89	31 899,19
2020	38 673,59	93 089,42	54 415,83	2020	40 883,72	106 333,94	65 450,22
2050	39 062,24	97 872,43	58 810,19	2050	41 275,58	170 966,19	129 690,61

L'évolution des émissions dans le cas de ces deux scénarios est présentée sur la figure ci-dessous :

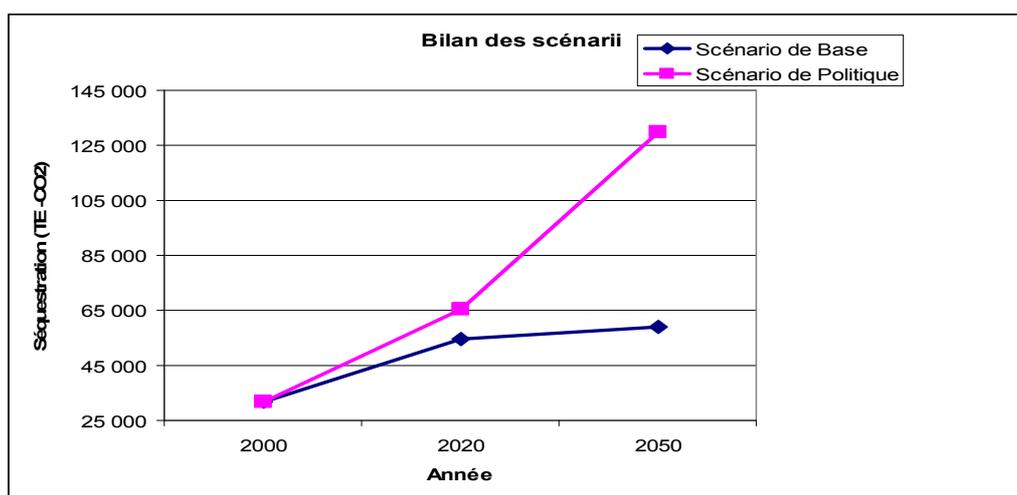


FIGURE 3.3: PROJECTION DES SEQUESTRATIONS DE 2000 A 2050 DANS LE CAS DES SCENARIOS DE BASE ET D'ATTENUATION

Recommandations

Il apparaît que la forêt et les produits de la forêt sont et resteront encore longtemps la base de notre survie. Ils méritent d'être protégés, restaurés, aménagés et exploités durablement.

Il est nécessaire de rendre le cadre institutionnel de gestion des forêts et de la faune adapté à une gestion durable de ces ressources, de poursuivre la décentralisation de la gestion des ressources naturelles, d'y impliquer les populations à tous les niveaux, d'appuyer ces actions des programmes de recherche appliquée, de communication, d'éducation, etc. Il s'agit de réaliser des changements profonds au niveau national et local. Pour y parvenir, il sera nécessaire de:

- Assurer une gestion rationnelle et concertée des ressources naturelles (mise en œuvre de la gestion décentralisée des Ressources naturelles) ;
- Soutenir les actions mises en œuvre par les partenaires (Organisations communautaires, ONG, partenaires au développement) en définissant un cadre de coopération focalisé sur la participation des populations ;
- Concevoir et mettre en œuvre des schémas d'aménagement qui tiennent compte des spécificités locales ;
- Renforcer la sensibilisation et la formation des populations et des différents acteurs économiques dans le domaine de la protection de leur environnement. ;
- Appuyer toutes les actions relatives à la réduction des effets éco climatiques négatifs,
- Ratifier et mettre en œuvre les différentes conventions et autres accords bilatéraux, multilatéraux et régionaux dans la mesure où ceux-ci ne dérogent pas au cadre législatif environnemental du Mali.
- Renforcer les capacités des ressources humaines en matière de sensibilisation/formation et de recherche sur les aires protégées (forêts classées, parcs nationaux, arboretum, stations de recherche, etc.
- Prendre et mettre en œuvre des mesures réglementaires et législatives de protection de la diversité biologique ;
- Réduire la part du bois dans la satisfaction des besoins énergie domestique de 96 % à 50 % ;
- Ramener le taux d'accroissement de la population à moins 2,2 % ;
- Valoriser les produits non ligneux (taux d'exploitation de 25 % à 50 %) ;
- Améliorer la contribution du secteur forestier à l'emploi dans le secteur formel par la professionnalisation des exploitants et de l'exploitation :
- Développer et intensifier les systèmes de production agricoles (agriculture, élevage).
- Eviter autant que possible les feux de brousse ou dans le cas échéant préférer les feux précoces aux feux tardifs ;
- Utiliser les résidus agricoles comme intrants dans la fabrication de la fumure organique ou les utiliser comme fourrage ou comme intrants dans la fabrication des aliments bétail au lieu de les brûler.

3.3 Agriculture

L'atténuation des émissions de méthane dans le domaine de la riziculture irriguée et des émissions de N_2O suite à l'utilisation des engrais azotés dans le domaine de l'agriculture peut être faite respectivement par :

- Une réduction du temps d'inondation des terres dans le système de riziculture irriguée par la méthode du Système de Riziculture Intensive (voir paragraphe mesures d'adaptation) ;
- Une diminution des doses d'engrais utilisées dans l'agriculture à travers l'application du système de micro doses permettrait de réduire les doses utilisées conventionnellement de 50% à 60% selon le niveau de pluviométrie de la localité. Cette technique permettrait de réduire de 50% à 60% les émissions de N_2O liées à l'utilisation des engrais chimiques ;

Une diminution des émissions de GES liées au brûlage des résidus agricoles par l'enfouissement de ceux-ci dans le sol ou leur utilisation pour la préparation de la fumure organique plutôt que leur brûlage. Ceci permettrait aussi d'une part de réduire les quantités d'engrais chimiques à utiliser d'autre part de permettre une meilleure conservation de l'humidité dans le sol.

CHAPITRE 4 ADAPTATION

4.1 Introduction

Le processus du PANA a commencé en 2005 et s'est poursuivi jusqu'en 2007. Son élaboration s'est faite en respectant strictement les différentes étapes indiquées par les lignes directrices du LEG et en mettant en avant tout au long du processus trois approches :

- Une approche consultative et participative associant les parties prenantes, en particulier les régions, les collectivités, les communautés locales, les représentants du secteur privé, des ONG et organismes de la société civile, ... ;
- Une approche multidisciplinaire et transparente basée sur l'intervention dans le processus de toutes les compétences ;
- Une approche complémentaire dans laquelle, il est pris en compte la synergie avec les plans et programmes nationaux existants ainsi que les accords environnementaux multilatéraux.

Ce processus a permis d'obtenir les résultats ci-après :

- L'identification des risques climatiques ;
- L'identification des secteurs, communautés et zones les plus vulnérables à la variabilité et aux changements climatiques ;
- L'identification des mesures d'adaptation et des besoins prioritaires des secteurs, communautés et zones les plus vulnérables à la variabilité et aux changements climatiques ;
- L'identification de dix neuf (19) options d'adaptation.

4.2 Risques climatiques

Selon le PANA, quatre catégories de risques climatiques doivent être considérés pour le Mali. Les risques les plus importants et les plus significatifs pour le Mali sont :

- la sécheresse,
- l'inondation,
- le vent fort,
- la forte variation de température,
- Les épidémies.

4.3 Les secteurs vulnérables

Comme l'identification des risques climatiques, l'identification des secteurs a aussi été faite à partir d'un brainstorming. A la suite de ce processus, les secteurs suivants ont été retenus comme secteurs à risques climatiques au Mali. Ce sont : **l'agriculture, l'élevage, la pêche, l'énergie, la santé, les ressources en eau, la faune, la forêt, le transport, l'éducation, l'industrie, l'habitat.**

La sécurité alimentaire n'a pas été retenue comme secteur parce qu'elle est la contribution d'autres secteurs déjà cités comme l'agriculture, l'élevage et la pêche.

L'identification des secteurs les plus vulnérables a été faite, ce sont par ordre d'importance relative :

Rangs	Secteurs
1	Agriculture, Santé
3	Pêche, Energie
5	Ressources en eau
6	Elevage, Forêt- faune, Habitat, Transport
11	Industrie
12	Education

4.4 La Vulnérabilité actuelle aux changements climatiques

Les principaux impacts directs et indirects de la variabilité et des changements climatiques ont été identifiés lors des études de vulnérabilité et d'adaptation réalisées dans le cadre de l'élaboration de la CNI (2000), du NCAP (2004), du PANA (2007) et de la SCN en cours de préparation depuis 2007. L'identification de ces impacts est le résultat combiné d'observations objectives et factuelles, de consultation et d'informations provenant du savoir local, sur le terrain, et sur quelques présomptions de causalité, cautionnées par les connaissances scientifiques actuelles. Ils sont présentés ci après pour les six secteurs les plus vulnérables.

4.4.1 Agriculture

Les impacts directs de la variabilité climatique sur l'agriculture sont notamment :

- Un début des saisons désormais très variable et étalé dans le temps, interruption, fin prématurée ;
- La modification pour l'agriculture et l'alimentation des cycles de croissance des végétaux avec des influences néfastes sur les récoltes, la modification de la répartition et de la superficie des terres cultivables et la déforestation à vaste échelle;
- La variation des dates normales de démarrage et de fin de la saison des pluies, entraînant une fluctuation de la longueur de la saison des pluies, ce qui se traduit alors par des retards dans l'installation de la saison ainsi que des arrêts prématurés des pluies ;
- Problème d'insécurité alimentaire constituant la contrainte majeure ;
- Aggravation de la pauvreté.

4.4.2 Santé

Ce secteur est caractérisé par le taux d'attaque de certaines maladies fortement dépendant des conditions climatiques, notamment :

- Le paludisme ;
- La méningite ;
- La rougeole.

4.4.3 Ressources en eau

- Une baisse du niveau des nappes phréatiques ainsi qu'une augmentation du coefficient de ruissellement pour les petits bassins ;
- Diminution quantitative et qualitative des ressources en eau ;
- Des étiages de plus en plus sévères au niveau des cours d'eau (assèchement précoce des points d'eau tels que les marres, les puits, etc.) ;
- Démarrage et fin difficile de la saison des pluies, poches de sécheresses (déficit d'eau) pendant la saison des pluies, diminution de la longueur de la saison (du nombre de jours pluvieux) de la production agricole, exode rural ;
- La diminution du nombre de jours de pluie et l'accroissement de l'intensité des pluies se traduisant par des inondations dans la plupart des cas.

4.4.4 Evolution récente de la pluviométrie

Depuis 1968, l'Afrique de l'Ouest dans son ensemble a été affectée par une nette diminution de la pluviométrie (Courel et al., 1992). Il ressort de l'analyse des données de trois stations soudanaises du bassin du Bani, Bougouni, Sikasso, Koutiala, et de deux stations sahéliennes du bassin du Niger, Ségou et Mopti, les faits suivants :

- les années à pluviométrie déficitaire (déficit >5%) ont été les plus nombreuses : 16 années sur 23 ans à Bougouni, 15 à Sikasso, 17 à Koutiala, 15 à Mopti et 14 à Ségou ;
- chacune de ces stations a connu une à trois périodes de sécheresse aggravée, Bougouni : 1970-1975 (6 ans) et 1979-1988 (10 ans) ; Sikasso : 1971-1975 (5 ans) et 1982-1990 (9 ans) ; Koutiala : 1977-1989 (13 ans) ; Ségou : 1971-1974 (4 ans) et 1980-1985 (6 ans) ; Mopti : 1972-1974 (3 ans), 1977-1979 (3 ans) et 1984-1990 (7 ans) ;
- les déficits absolus et relatifs ont atteint des valeurs record : 398 mm et 31% à Bougouni en 1973 ; 447 mm et 37,3% à Sikasso en 1983 ; 438 mm et 45,9% à Koutiala en 1984 ; 278 mm et 41,5% à Ségou en 1982 ; 180 mm et 35,5% à Mopti en 1973. Les déficits moyens annuels et les déficits cumulés de la période 1968-1983 ont été eux-mêmes considérables ;
- l'évolution décennale des précipitations moyennes depuis 1950 est confirmée et précisée par les variations inter annuelles des pluies aux stations de Bougouni, Ségou et Mopti (Tableau 6.6 et Figure 6.7) ;
- la durée de la saison des pluies et le nombre de jours de pluie ont peu diminué mais les interruptions des pluies ont été plus fréquentes et plus longues qu'en période pluvieuse ;

- les pluies individuelles d'une hauteur égale ou inférieure à 20 mm demeurent majoritaires et des chutes exceptionnelles par leur abondance et leur intensité ont été observées à de multiples reprises dans la région étudiée.

TABEAU 4.1 : EVOLUTION DECENNALE DE LA PLUVIOMETRIE ANNUELLE EXPRIMEE EN MILLIMETRE POUR CINQ STATIONS DU MALI

Stations	Période				Moyenne générale
	1950-59	1960-69	1970-79	1980-89	
Mopti	642	522	452	411	506
Ségou	801	703	637	542	669
Koutiala	1116	1016	882	776	954
Sikasso	1368	1216	1149	1009	1198
Bougouni	1331	1225	1083	1067	1224

4.4.5 Elevage

- les productions fourragères qui constituent la base de l'alimentation du cheptel sont fortement tributaires des conditions climatologiques, notamment liées aux précipitations ;
- Les impacts indirects et socio-économiques des facteurs climatiques sur l'élevage se caractérisent par :
 - La flambée des prix du bétail et de la viande liée à la chute de l'offre due aux mortalités occasionnées par les sécheresses;
 - La reconversion d'un nombre important d'éleveurs nomades en sédentaires;
 - La baisse des revenus des éleveurs ;
 - La modification de la composition des troupeaux à travers un remplacement progressif des bovins par de petits ruminants et des camelins.

4.4.6 Forêt - Faune

- Disparition des espèces végétales et animales ;
- Déboisement incontrôlé.

L'analyse des modes d'existence en fonction de l'état des moyens d'existence (face aux changements climatiques) ci dessus décrits a permis d'identifier les groupes les plus vulnérables.

4.5 Identification des groupes les plus vulnérables

L'analyse des modes d'existence en fonction des moyens d'existence lors des concertations a permis d'aboutir à un tableau consensuel qui traduit la vulnérabilité des différents modes d'existence et d'identifier les groupes les plus vulnérables (voir figure 2.8 et tableau 6 annexes). Les scores attribués aux différentes cases peuvent varier de 0 à 5. Selon que le moyen d'existence choisi profite peu ou beaucoup au mode d'existence choisi. Ainsi, en cas de changement climatique, un score des moyens d'existence (ou indicateurs) sur un mode d'existence (un groupe cible) traduit une forte vulnérabilité tandis qu'un score élevé des moyens d'existence sur un mode d'existence traduit une faible vulnérabilité.

Il ressort de l'analyse (Projet PANA/Mali, 2007) que les petits exploitants agricoles et les artisans sont les plus vulnérables par rapport aux impacts des changements climatiques sur les moyens d'existence pendant que les commerçants et les gros exploitants agricoles sont les moins vulnérables (Figure 2.8). Le choix des activités prioritaires d'adaptation et d'atténuation doit tenir compte de ces groupes les plus vulnérables.

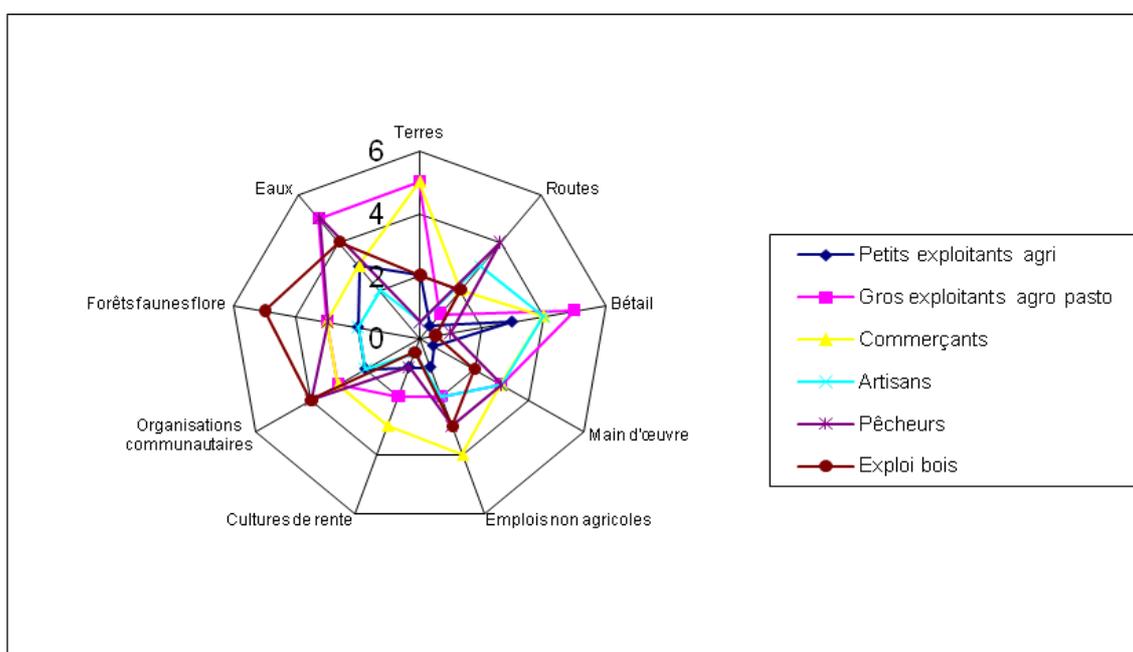


FIGURE 4.1: IDENTIFICATION DES GROUPES LES PLUS VULNERABLES

4.6 Vulnérabilité future aux changements climatiques

4.6.1 L'analyse prospective

L'analyse de la vulnérabilité, ou son corollaire, la résilience aux changements climatiques dans le futur, repose sur deux exercices complémentaires. En premier lieu, il faut connaître les perspectives climatiques (les projections des paramètres climatiques) de façon satisfaisante, avec une résolution spatiale adéquate, de sorte que l'on puisse correctement estimer le risque climatique dans le temps et dans l'espace. Cet exercice est fait à travers l'élaboration de scénarios climatiques. Le second exercice consiste (à l'aide de la modélisation) à projeter dans le futur les impacts actuels des changements climatiques, en fonction de la compréhension et de l'évolution des facteurs de cette vulnérabilité compte tenu de la prospective des risques climatiques.

Cet exercice a été fait lors de la préparation du PANA du Mali et actualisé lors de la préparation de la SCN

4.7 Actualisation du scénario climatique

4.7.1 Introduction

L'Afrique est l'un des continents les plus vulnérables à la variabilité et au changement climatiques avec de nombreux facteurs multiples (climatiques et non climatiques) et une faible capacité d'adaptation.

Dans ces processus des CC, les incidences futures possibles en Afrique pouvant concernées le Mali sont signalées (IPCC, 1998) :

- D'ici 2020, 75 à 250 millions de personnes devraient souffrir d'un stress hydrique accentué par les changements climatiques.
- Dans certains pays, le rendement de l'agriculture pluviale pourrait chuter de 50 % d'ici 2020. On anticipe que la production agricole et l'accès à la nourriture seront durement touchés dans de nombreux pays, avec de lourdes conséquences en matière de sécurité alimentaire et de malnutrition.
- Selon plusieurs scénarios climatiques, la superficie des terres arides et semi-arides pourrait augmenter de 5 à 8 % d'ici à 2080.

Le Mali a initié de nombreuses études sur la vulnérabilité et l'adaptation dans les secteurs clés de développement afin de mieux faire face aux effets néfastes des CC (CNRST, 1998, 2000, 2003). Afin d'améliorer les résultats de ces études sectorielles de vulnérabilité / adaptation le Mali a construit des scénarios de changement climatique qui ont permis de produire des données climatiques à des horizons temporels futurs.

Dans une première étape cela a nécessité, le choix d'un scénario d'émissions pour analyser les émissions futures de GES. Les critères de ce choix au niveau national sont principalement (CNRST, 2003):

- le scénario de croissance de la population, celui de la répartition spatiale de cette population et le scénario de croissance économique ;
- les hypothèses d'évolution des différentes sources d'énergie électrique qui conditionnent essentiellement le développement économique et technologique futur d'un pays.

Le GIEC a élaboré quatre canevas narratifs d'émission de GES différents pour décrire de manière cohérente les relations entre les forces motrices des émissions et leur évolution. Chaque canevas représente une évolution différente au plan démographique, social, économique, technologique et environnemental, qui peut être envisagée positivement par certains, et négativement par d'autres. Ces scénarios SRES couvrent un large éventail des principales forces motrices des émissions futures, allant des changements démographiques à des changements technologiques et économiques.

Ainsi, il a été retenu pour le Mali des scénarios SRES d'émission de GES exprimant tous « la régionalisation » avec comme scénario de politique d'atténuation, le scénario SRESB2 et comme scénario de référence le SRESA2 dont les caractéristiques principales sont (GIEC, 2000) :

- Scénario de référence SRESA2 ou scénario A2. Ce canevas A2 décrit un monde très hétérogène caractérisé par une forte croissance démographique, un faible développement économique et de lents progrès technologiques.
- Scénario de politique d'atténuation SRESB2 ou scénario B2. Il décrit un monde caractérisé par des niveaux intermédiaires de croissances démographique et économique, privilégiant l'action locale pour assurer une durabilité économique, sociale et environnementale.

Dans la seconde étape on a utilisé, dans le modèle MAGGIC, ces scénarios d'émissions de GES pour projeter au niveau global et à différents horizons temporels futurs les principaux paramètres climatiques concernés à savoir la température et la pluviométrie.

Dans la troisième étape, les données locales ont été déduites des données obtenues au niveau global par la technique du « downscaling ». Pour cela le modèle SCENGEN qui utilise les résultats de sortie de MAGGIC et les normales climatiques de la température et de la pluviométrie a été utilisé. SCENGEN donne des représentations spatio-temporelles des CC par point de grille (de résolution 5° de latitude sur 5° de longitude) en exploitant les résultats des expériences de GCM disponibles dans le modèle.

La quatrième étape est consacrée à la spatialisation des données de grille. Les résultats de grille de SCENGEN sont ensuite formatés dans le logiciel SURFER pour extraire par localité du pays des données futures in situ exploitables dans les études de vulnérabilité/adaptation. Ces simulations obtenues ont permis de choisir pour le Mali le GCM CSIRO–TR après des tests de validation par zone climatique du pays (voir Annexe 1) pour chaque paramètre climatique.

4.7.2 Résultats des scénarios climatiques du Mali

Les résultats obtenus sont (CNRST, 2003):

- Les valeurs escomptées, sur l'ensemble du pays, des paramètres climatiques comme la pluviométrie et la température aux horizons temporels compris entre 2000 et 2100
- Les valeurs escomptées de la pluviométrie et de la température pour chaque localité du pays entre 2000 et 2100.

Pour toutes les localités du Mali, le scénario le plus plausible prévoit une diminution de la pluviométrie qui se traduirait par un déplacement des isohyètes vers le nord. (Annexe 2). Les températures seraient par contre en hausse dans toutes les localités du pays.

4.7.3 Nécessité d'une étude d'actualisation

Grâce aux progrès actuellement accomplis dans de nombreux domaines comme la modélisation, il est possible de déceler l'incidence des activités humaines sur différents aspects du climat (GIEC, 2007). Ainsi de nombreux GES ont été quantifiés et doivent être utilisés dans les études environnementales comme éléments fondamentaux.

4.7.4 Prise en compte de nouvelles données

Les scénarios d'émission de GES utilisés dans les scénarios du Mali ont connu d'énormes améliorations grâce à la prise en compte dans les modèles de nombreux gaz d'émission.

4.7.5 Evolution des modèles climatiques

Le logiciel MAGGIC utilisé dans la construction du scénario climatique du Mali est la version 2.4 (CNRST, 2003). MAGGIC a subi de profonds changements dans sa version 5.3, actuellement disponible, qui intègre en plus des mises à jours des paramètres intégrés comme la sensibilité du climat, les nouveaux scénarios d'émission de GES et divers nouveaux paramètres climatiques.

4.7.6 Scénario d'émission

La version 5.3 de MAGGIC possède 49 scénarios d'émission de GES contre 19 pour la version 2.4 utilisée dans la construction du scénario de CC du Mali. Les SRES A2 et B2 employés comme scénario de référence et scénario de politique de réduction de GES sont remplacés par 12 nouveaux scénarios d'émission.

4.7.6.1 Paramètres de Magicc

Dans le modèle de nombreux paramètres ont été soit mis à jour, soit intégrés.

I. Les Mises à jour

Les principaux sont :

- La normale des principaux paramètres climatique (température, pluviométrie et le niveau de la mer) qui est la moyenne 1971-2000 au lieu de 1961-1990 ;
- La sensibilité du climat dont les valeurs actuelles sont 1,5°C, 3°C et 6°C pour la sensibilité maximale ;
- Choix des scénarios d'émission de CO2 au lieu de la valeur historique calculée
- les résultats des différents calculs de forçage radiatif.

II. Les nouveaux paramètres

Paramètres de Scengen 5.3

1. Les Modèles de Circulation Générale

De nouveaux MCG ont été intégrés à Scengen et d'autres ont été retirés .

2. La résolution des grilles

Dans sa technique de « downscaling » la résolution de Scengen est de 5° de latitude sur 5° de longitude sur le Mali pour la première version du logiciel utilisée (CNRST, 2003) comme l'indique la Figure 4.2.

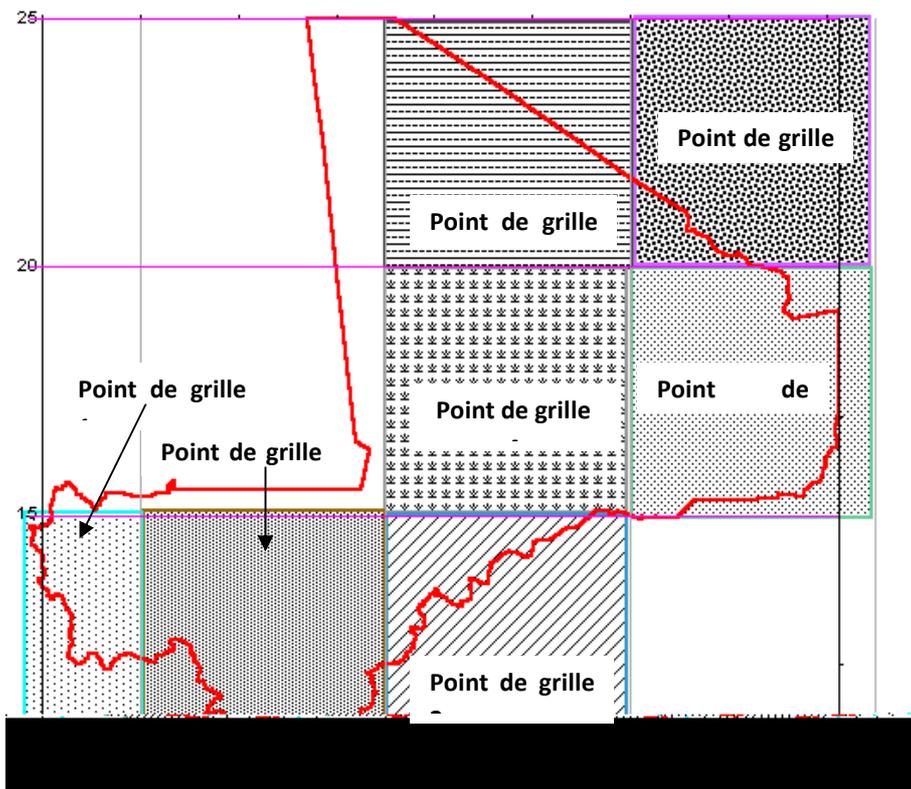


FIGURE 4.2: POINTS DE GRILLE DE LA MAILLE DE MCG DE RESOLUTION 5° X 5° SUR LE MALI

Cette résolution a été affinée dans la version 5.3 du logiciel soit 2,5° de latitude sur 2,5° de longitude. Cela correspondant à une multiplication du nombre de grille de données par quatre d'où une meilleure résolution de couverture sur le Mali (Figure 4.3).

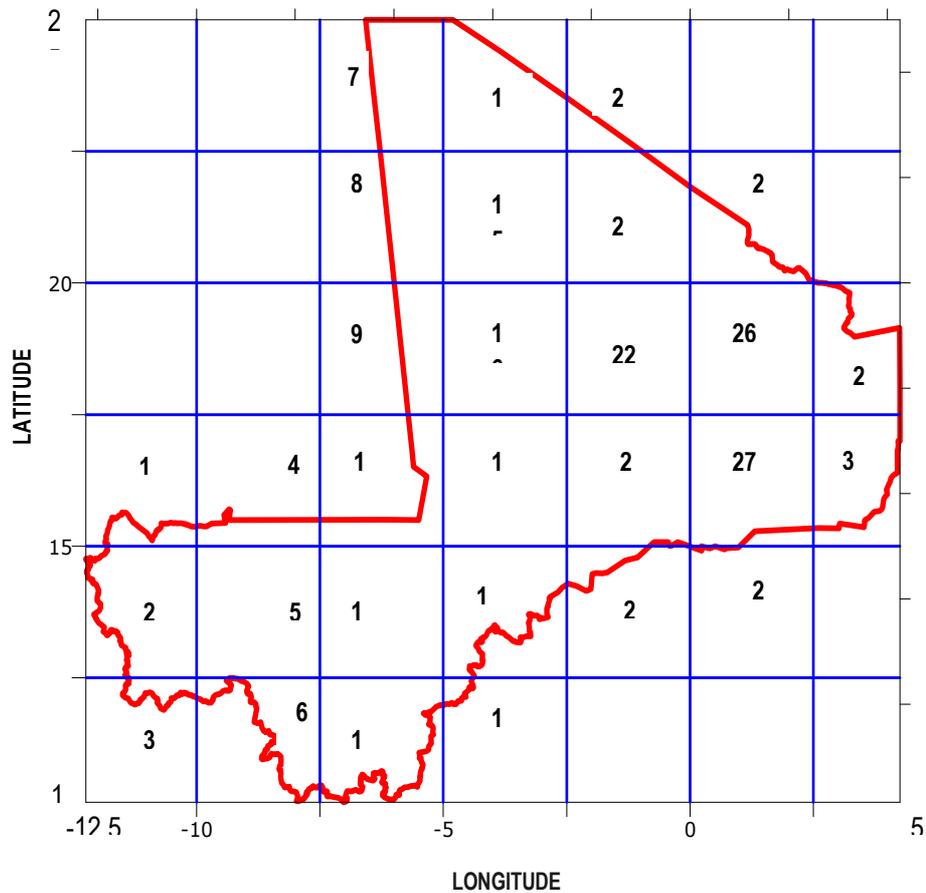
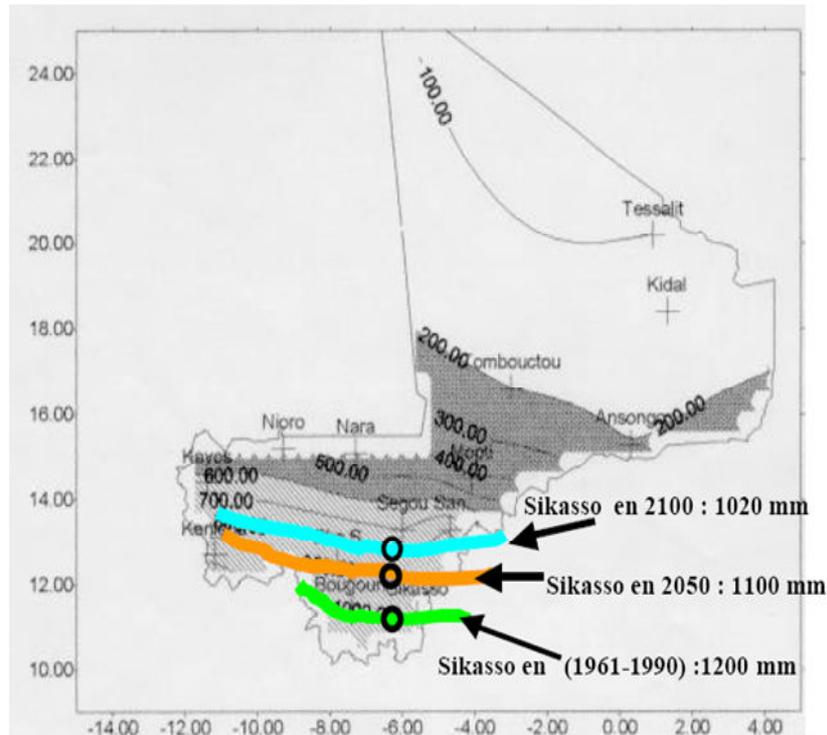


FIGURE 4.3: POINTS DE GRILLE MCG DE RESOLUTION 2.5° X 2.5° SUR LE MALI

4.8 Impacts futurs des changements climatiques

Selon un scénario climatique élaboré à partir de Magic Shungen, la diminution de la pluviométrie qui se traduit par un déplacement des isohyètes vers le Nord se poursuivrait pour les horizons temporels jusqu'en 2100 (exemple du cas de la localité de Sikasso est montré sur la figure qui suit).



Source: CNRST/PANA 2007

FIGURE 4.4: SIMULATION DE L'ARIDITE AU NIVEAU DE LA VILLE DE SIKASSO VERS LES HORIZONS TEMPORELS 2020 ET 2050

4.9 Evènements climatiques extrêmes

Les évènements extrêmes sont définis comme une occurrence de valeurs singulières de variables météorologiques supérieures (ou inférieures) à un certain seuil (Fargo et Katz, 1990).

Pour beaucoup d'études d'impacts des changements climatiques, la variabilité inter annuelle du climat n'est pas prise en compte. C'est seulement la valeur moyenne des variables climatiques qui est utilisée.

La dispersion des variables climatiques affecte plus la variabilité climatique que ne le fait leur moyenne.

La fréquence des évènements extrêmes est plus corrélée avec les changements de la variabilité climatique qu'avec les variations de la moyenne (Katz et Brown, 1992). Les études sur la variabilité climatique sont faites en perturbant le paramètre de variabilité qui est la variance. Les changements dans la variabilité climatique peuvent être considérés de trois façons :

- la variance actuelle reste constante ;
- La variance a changé en fonction des expériences de changements climatiques ;
- Un taux de variation est imposé à la variance.

C'est ce dernier cas qui est utilisé dans notre étude.

4.9.1 Cas de la température

4.9.1.1 Distribution des fréquences relatives de la température maximale normale

Les distributions moyennes mensuelles des données d'observations de la période 1961-90 pour le mois de juillet à Bougouni sont ajustées par une loi normale (Figure 6.1).

La station est caractérisée par la moyenne et la variance des valeurs du paramètre observé (température maximale ou minimale).

Pour effectuer le test de sensibilité, la valeur moyenne est perturbée en lui additionnant le réchauffement global obtenu à partir du scénario pour une année donnée.

La variance est perturbée par un taux de variation par degré global de réchauffement.

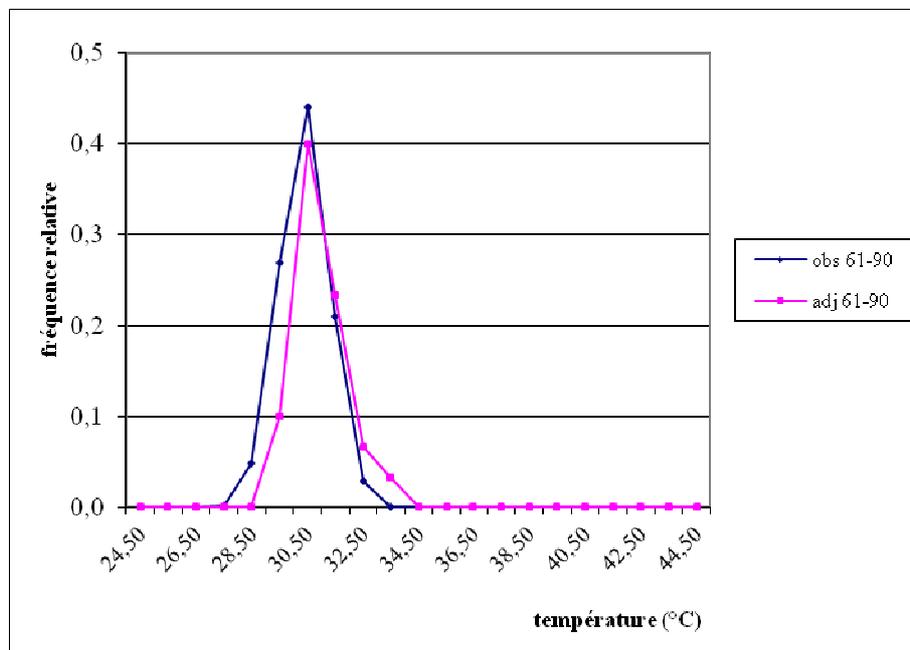


FIGURE 4.5: DISTRIBUTION DE LA TEMPERATURE MAXIMALE A PARTIR DES OBSERVATIONS DE LA PERIODE 1961-90 A BOUGOUNI EN JUILLET

Si nous considérons ce taux d'augmentation de la variance à +20%, la variance de la distribution de température pour une année postérieure à 1990 est obtenue par la formule (GAYE et al., 2000) :

$$\text{Var}_n = \text{Var}_a (1 + 0,2 \Delta T_n)$$

où Var_a est la variance de la distribution 1961-90

et ΔT_n le réchauffement global pour l'année n

De même, pour l'année 2100 par exemple, la température moyenne devient :

$$Tm_{2100} = Tm_{61-90} + \Delta Tm_{2100}.$$

Une nouvelle distribution normale est ainsi obtenue et est définie par une nouvelle variance et une nouvelle valeur de la moyenne sous la forme $N (T_{2100}, Var_{2100})$. La nouvelle distribution de température nous permet de suivre l'évolution du maximum et du minimum des températures en fonction du scénario choisi (Figure 6.2).

Dans cette nouvelle distribution, l'effet du réchauffement global et le changement de la variabilité climatique sont perceptibles. La valeur moyenne de la distribution correspondant à la valeur la plus probable est située dans les températures plus élevées que la température la plus élevée observée de 1961 à 1990.

En faisant la même opération pour l'année 2050, on obtient une courbe intermédiaire entre celle de la normale 1961-90 et celle de 2100. Dans tous les cas, il apparaît que la probabilité d'observation des températures extrêmes dans le futur (supérieures à celle de la moyenne 1961-90) sera de plus en plus élevée. Dans le cas d'une diminution de 20% de la variance par année, la probabilité correspondante à la moyenne est aussi plus élevée mais la forme de la distribution est plus rétrécie.

4.9.1.2 Probabilité d'occurrence des températures extrêmes liée à la variabilité climatique

Nous avons considéré deux sites qui se situent dans les zones climatiques du pays plus favorables pour l'agriculture et l'élevage qui constituent la base de l'économie nationale.

Nous avons présenté la variation annuelle de la probabilité d'occurrence des températures maximales supérieures à la moyenne des températures maximales pour la période 1961-90 pour les trois sensibilités du climat (Figures 6.3 et 6.4).

Pour les deux localités étudiées, on remarque une augmentation de la probabilité des températures maximales à partir de la moyenne 1961-90 avec des paliers entre 2050 et 2100 à la sensibilité 1,5 et entre 2050 et 2075 à la sensibilité 2,5.

On remarque aussi que pour chacune des deux localités, les trois sensibilités climatiques donnent la même probabilité à l'horizon 2050.

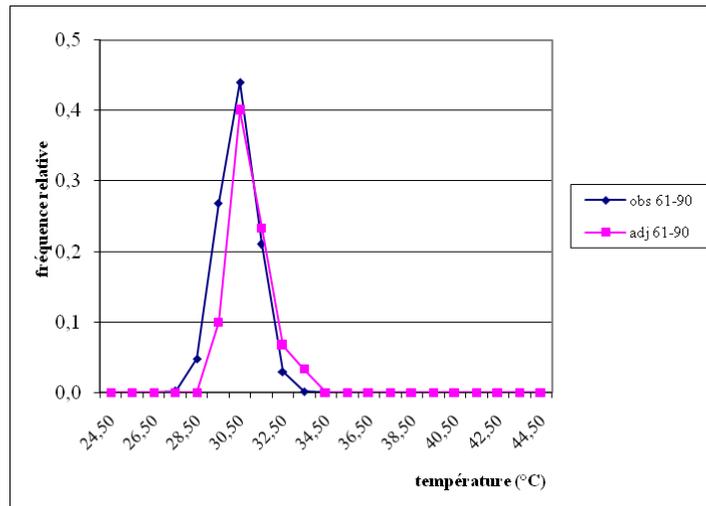


FIGURE 4.6 : DISTRIBUTION DE LA TEMPERATURE MAXIMALE A PARTIR DES OBSERVATIONS DE LA PERIODE 1961-90 ET POUR LES ANNEES 2050 ET 2100 PAR UN TAUX DE VARIATION DE 20% PAR ANNEE ET PAR DEGRE DE RECHAUFFEMENT GLOBAL A BOUGOUNI EN JUILLET

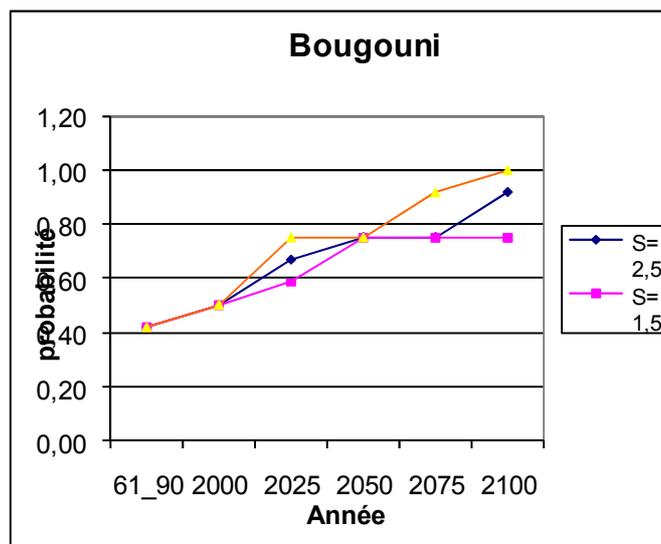


FIGURE 4.7: VARIATION DE PROBABILITÉ

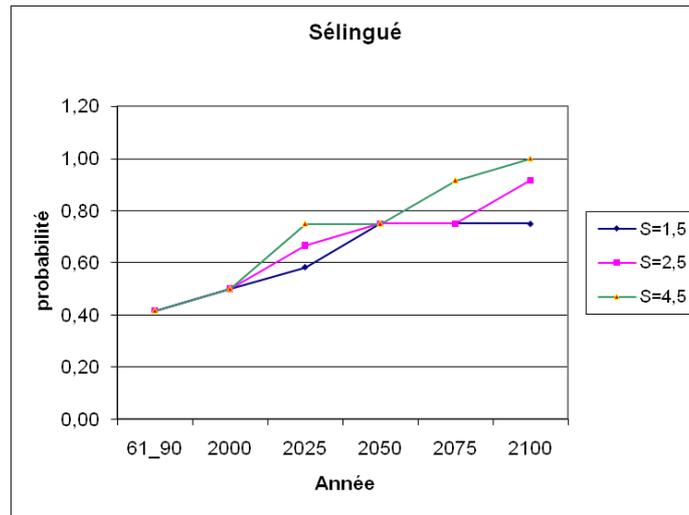


FIGURE 4.8: VARIATION DE PROBABILITÉ

4.9.2 Cas de la pluviométrie

4.9.2.1 Principe

Il existe plusieurs méthodes d'analyse des changements dans la variabilité climatique, celle que nous allons utiliser ici consistera à appliquer différents taux de variation aux variances des pluviométries des deux zones d'étude (Bougouni et Sélingué). Le principe qui a été retenu est d'analyser la pluviométrie des années extrêmement sèches (cas de la sécheresse) ou pluvieuses (inondation) en nous focalisant spécialement sur le mois d'août qui est le plus pluvieux de l'année.

Chacune des stations étant caractérisée par la moyenne mensuelle des données de pluviométrie de 1960 à 1990 (normale), nous allons effectuer un test de sensibilité en appliquant différents taux de variation à la moyenne du mois d'août. Cette nouvelle pluviométrie sera utilisée dans les deux modèles (CRIWAR et RAINRU) pour analyser les impacts des variabilités climatiques comme la sécheresse ou les inondations sur les besoins en eau des récoltes et le degré de remplissage des bassins.

4.9.2.2 Choix d'un modèle de distribution

Nous avons dans un premier temps, étudié la distribution de la pluviométrie du mois d'août à Bougouni. Pour cela nous avons d'abord cherché à voir si la pluviométrie du mois d'août observée de 1960 à 1996 à Bougouni peut être décrite à l'aide d'une loi de distribution normale. Comme les fréquences cumulées fournissent beaucoup d'informations sur une série statistique par rapport à l'effectif total, elles ont été déterminées pour chaque année.

Les différentes étapes de la détermination des fréquences historiques et cumulées de la série de Bougouni sont résumées comme suit :

1. les données de pluviométrie du mois d'août de la série observée (1960 – 1996 dans le cas de la station de Bougouni) ont été classées par ordre croissant ;

2. la fréquence historique de cette série statistique a été calculée à l'aide de la formule proposée par Weibull :

$$f_k = N_k / N + 1$$

où N_k est le numéro d'ordre de la pluviométrie du mois d'août de l'année considérée (selon le classement effectué au point 1.) et N le nombre total d'échantillons (d'années).

3. la fréquence théorique a été déterminée en utilisant la fonction LOI NORMALE :

LOI.NORMALE (N_k , Espérance, Ecart_Type , Cumulative)

Cette fonction renvoie la probabilité d'une variable aléatoire continue suivant une loi normale pour la moyenne et l'écart type spécifiés. L'option Cumulative est une variable logique qui prend la valeur VRAI pour la fonction de distribution cumulative et FAUX pour la fonction probabilités.

Les valeurs de fréquences obtenues sont consignées dans le Tableau 4.2.

TABLEAU 4.2: VALEURS DES FREQUENCES HISTORIQUES ET THEORIQUES DE LA PLUVIOMETRIE DU MOIS D'AOÛT DE 1960 A 1996 A BOUGOUNI

Année	Pluie août	Année	N° d'ordre	Pluie août	Fréq.Historique	Fréq.Théorique
1960	402.1	1985	1	120.4	0.026315789	0.032295146
1961	361.9	1984	2	142.3	0.052631579	0.054698551
1962	316.6	1977	3	172.4	0.078947368	0.103620941
1963	349.5	1992	4	175.3	0.105263158	0.109638076
1964	288.8	1996	5	181.3	0.131578947	0.122874549
1965	239.0	1969	6	189.3	0.157894737	0.142209561
1966	368.2	1972	7	197.1	0.184210526	0.162948813
1967	351.8	1968	8	209.6	0.210526316	0.200081564
1968	209.6	1973	9	226.4	0.236842105	0.257291771
1969	189.3	1976	10	232.8	0.263157895	0.281131362
1970	340.4	1988	11	237.9	0.289473684	0.300862035
1971	349.5	1965	12	239.0	0.315789474	0.305198206
1972	197.1	1991	13	239.9	0.342105263	0.308766471
1973	226.4	1986	14	252.1	0.368421053	0.358805004
1974	307.8	1980	15	258.6	0.394736842	0.386561322
1975	267.6	1975	16	267.6	0.421052632	0.42594216
1976	232.8	1987	17	277.3	0.447368421	0.469217822
1977	172.4	1979	18	277.7	0.473684211	0.471013823
1978	307.3	1964	19	288.8	0.5	0.520958157
1979	277.7	1993	20	289.7	0.526315789	0.525003799
1980	258.6	1995	21	298.6	0.552631579	0.564806016
1981	381.2	1990	22	301.8	0.578947368	0.578979046
1982	306.5	1983	23	305.5	0.605263158	0.595238785
1983	305.5	1982	24	306.5	0.631578947	0.599606468

1984	142.3	1978	25	307.3	0.657894737	0.603091697
1985	120.4	1974	26	307.8	0.684210526	0.605265811
1986	252.1	1962	27	316.6	0.710526316	0.642937559
1987	277.3	1970	28	340.4	0.736842105	0.73726627
1988	237.9	1963	29	349.5	0.763157895	0.769635512
1989	593.4	1971	30	349.5	0.789473684	0.769635512
1990	301.8	1967	31	351.8	0.815789474	0.777448929
1991	239.9	1961	32	361.9	0.842105263	0.809919341
1992	175.3	1966	33	368.2	0.868421053	0.828614344
1993	289.7	1981	34	381.2	0.894736842	0.863335315
1994	395.7	1994	35	395.7	0.921052632	0.895999483
1995	298.6	1960	36	402.1	0.947368421	0.908457222
1996	181.3	1989	37	593.4	0.973684211	0.99975882
		Moyenne		284.1		
		Ecart type		88.6016978		

Enfin nous avons tracé les courbes de variation des fréquences historiques et cumulées ensemble comme illustré sur la Figure 4.9. Pour que les fréquences cumulées commencent à zéro, on ajoute une classe vide avant la première classe. On obtient une courbe de fréquence qui, en chaque point de l'axe horizontal (pluviométrie totale du mois d'août), permet de lire en ordonnée la fréquence cumulée.

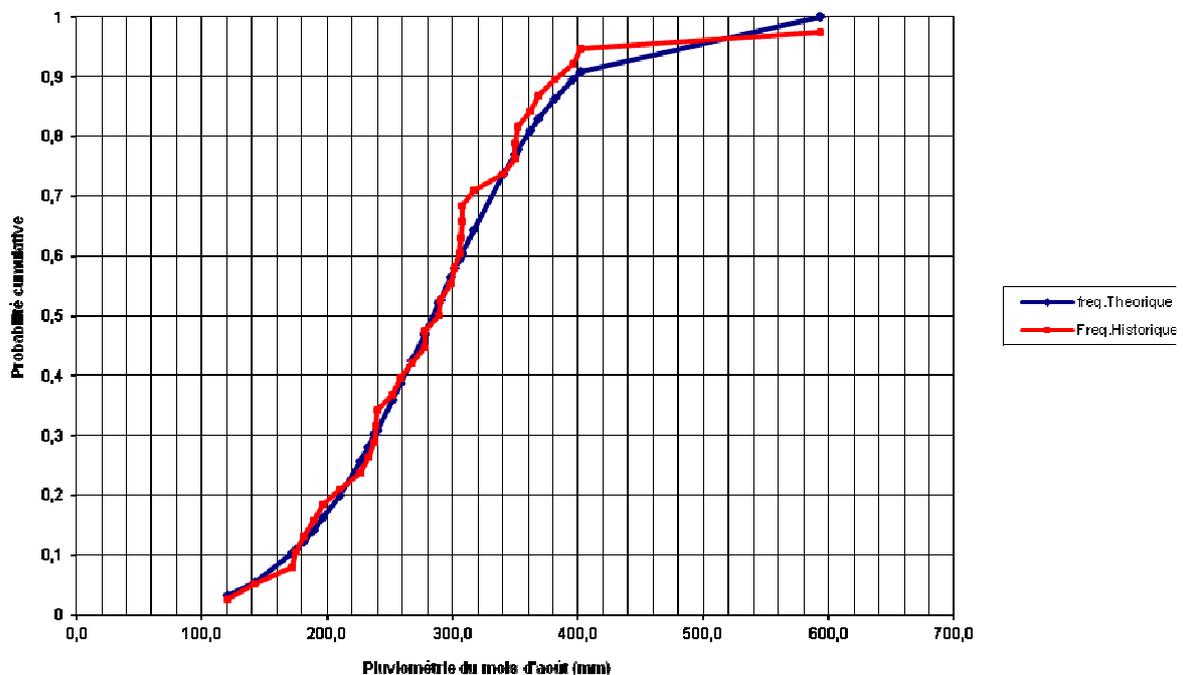


FIGURE 4.9: COURBES DE VARIATIONS DES FREQUENCES HISTORIQUES ET THEORIQUES DE LA PLUVIOMETRIE DU MOIS D'AOÛT POUR BOUGOUNI.

Nous remarquons qu'il y a une bonne corrélation entre ces deux courbes, ce qui montre que la pluviométrie du mois d'août de 1960 à 1996 peut être parfaitement décrite à l'aide d'une loi de distribution normale.

4.9.2.3 Détermination des seuils de pluviométries

L'étude de la pluviométrie du mois d'août de 1960 à 1996 à Bougouni, a montré qu'une loi de distribution normale peut convenablement décrire cette série statistique. Nous allons utiliser ces propriétés pour déterminer les fréquences de différents seuils de pluviométrie susceptibles de se produire dans le cas de phénomènes extrêmes.

Pour cela nous avons supposé que la variation de précipitation par rapport à la précipitation moyenne d'une série de données peut être appliquée à la précipitation de chacune des années intervenant dans la détermination de cette valeur moyenne. Pour étudier par exemple les impacts d'une baisse de pluviométrie de 20% par rapport à la valeur moyenne 1961 – 1990, nous allons appliquer ce taux de baisse de 20% à la pluviométrie de chacune des années de 1960 à 1996. Cela va donner une nouvelle série de précipitations dont les propriétés statistiques peuvent être ensuite analysées.

En appliquant une baisse de 20% à la pluviométrie de chacune des années de la série 1960-1996 pour Bougouni, nous obtenons une nouvelle distribution dont la courbe de variation est montrée sur la Figure 4.10.

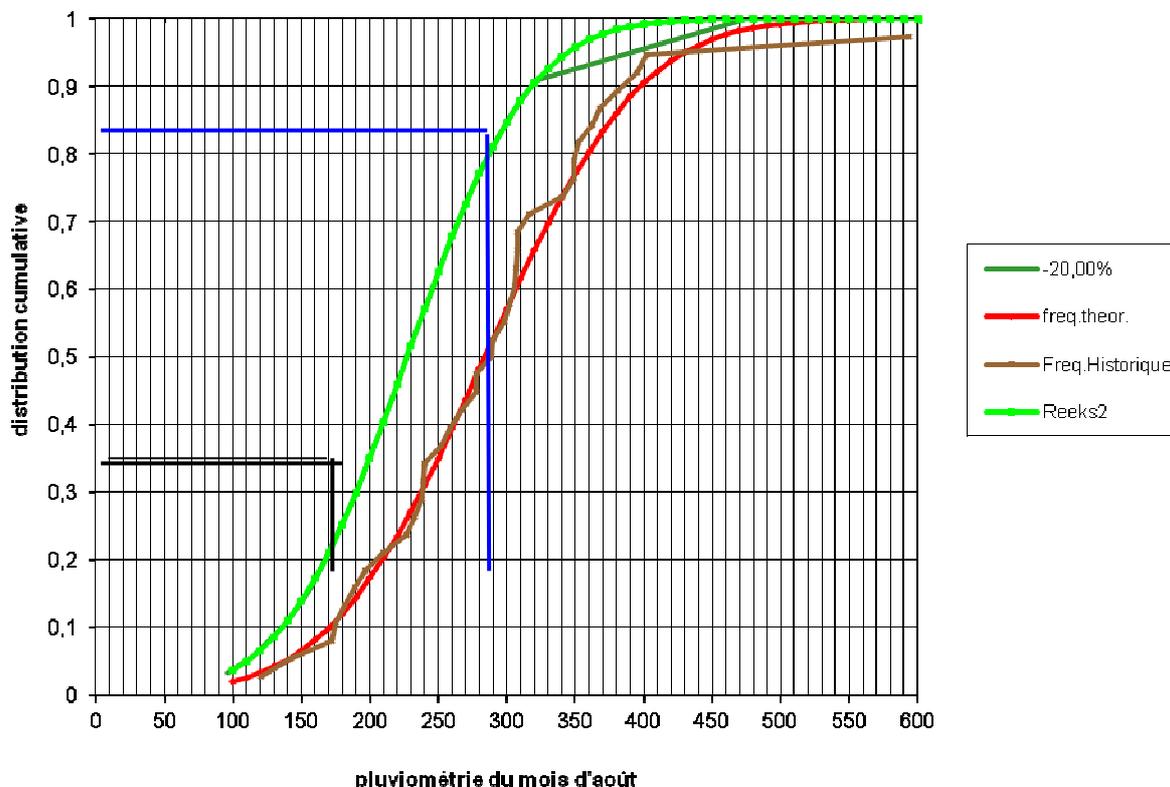


FIGURE 4.10: COURBES DE VARIATION DES FREQUENCES HISTORIQUES ET THEORIQUES DANS LE CAS NORMAL ET COURBE DE FREQUENCE THEORIQUE DANS LE CAS D'UNE SITUATION EXTREME (DIMINUTION DE PLUVIOMETRIE DE 20%).

Sur la Figure 4.9, nous voyons que dans le cas d'une baisse de 20% de la pluviométrie par rapport à la normale 1961-1990 :

- la probabilité d'avoir une pluviométrie inférieure ou égale à **284 mm** (valeur moyenne de la normale pour le mois d'août) à Bougouni est de **80%** ;
- la probabilité d'avoir une pluviométrie inférieure ou égale à **168 mm** à Bougouni est de **20%** ;

Nous pouvons ainsi étudier la sensibilité de la pluviométrie dans le cas de changements dans la variabilité climatique.

Pour les besoins de l'étude, nous avons retenu quatre niveaux de baisse (20%, 15%, 10% et 5%) ainsi que quatre niveaux d'augmentation (20%, 15%, 10% et 5%) de la pluviométrie du mois d'août par rapport à la normale. Dans chacun de ces cas les seuils de pluviométrie (maximum) pour une probabilité de 50% ont été déterminés.

Les résultats sont présentés dans les Tableaux 4.3 et 4.4.

TABLEAU 4.3 : SEUILS PROBABLES DE PLUVIOMETRIE AU MOIS D'AOÛT POUR DIFFERENTS SCENARIOS EXTREMES D'AUGMENTATION DE LA PLUVIOMETRIE A BOUGOUNI

Taux Augmentation	0%	5%	10%	15%	20%
Août	289,99	300,11	317,83	332,00	340,10

TABLEAU 4.4 : SEUILS PROBABLES DE PLUVIOMETRIE AU MOIS D'AOÛT POUR DIFFERENTS SCENARIOS EXTREMES DE DIMINUTION DE LA PLUVIOMETRIE A BOUGOUNI

Taux Baisse	0%	5%	10%	15%	20%
Août	289,99	270,00	260,13	245,71	231,03

4.9.2.4 Détermination des pluviométries des autres mois

Le modèle CRIWAR tout comme le modèle RAINRU utilise des données de pluviométrie mensuelles pour déterminer les besoins en eau des plantes ou les débits dans les bassins. Pour cette raison il est nécessaire de déterminer les pluviométries des autres mois de l'année pour chacun des scénarios à la baisse ou à la hausse.

Les poids de la pluviométrie des différents mois de l'année dans la pluviométrie moyenne annuelle de la normale 1961-1990 ont été déterminés à l'aide de la formule suivante :

$$\text{Poids}_k = P_k / P_{\text{Total}}$$

Où :

- $Poids_k$: est le poids moyen du $k^{ième}$ mois sur la période 1961-1990 ;
- P_k : est le cumul moyen de pluie du $k^{ième}$ mois sur la période 1961-1990 ;
- P_{Total} : est le cumul moyen de pluie sur la période 1961-1990.

Les $Poids_k$ ainsi définis sont supposés constants.

En utilisant cette formule, la pluie totale pour chaque scénario peut être déterminée à l'aide de la relation suivante :

$$P_{Total} = P_{Août} / Poids_{Août}$$

Partant de cette pluviométrie totale (P_{total}), les pluviométries des autres mois ont été calculées à l'aide de la formule ci-dessous :

$$P_k = P_{Total} \times Poids_k$$

Les seuils probables de pluviométrie pour différents niveaux d'augmentation et de baisse de la pluviométrie sont présentés dans les Tableaux 4.5 et 4.6.

TABLEAU 4.5: SEUILS PROBABLES DE PLUVIOMETRIE MENSUELLE POUR DIFFERENTS NIVEAUX D'AUGMENTATION A BOUGOUNI

Taux Aug	Janv	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Cumul
0%	0,41	0,41	9,08	47,01	102,07	147,75	251,96	289,99	215,86	73,82	6,93	0,71	1 146
5%	0,42	0,42	9,39	48,65	105,63	152,91	260,75	300,11	223,40	76,40	7,18	0,74	1 186
10%	0,45	0,45	9,95	51,52	111,87	161,93	276,14	317,83	236,58	80,91	7,60	0,78	1 256
15%	0,47	0,47	10,39	53,82	116,85	169,15	288,46	332,00	247,13	84,52	7,94	0,82	1 312
20%	0,48	0,48	10,64	55,13	119,70	173,28	295,49	340,10	253,16	86,58	8,13	0,84	1 344

TABLEAU 4.6: SEUILS PROBABLES DE PLUVIOMETRIE MENSUELLE POUR DIFFERENTS NIVEAUX DE BAISSE A BOUGOUNI

Taux Baisse	Janv	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Cumul
0%	0,41	0,41	9,08	47,01	102,07	147,75	251,96	289,99	215,86	73,82	6,93	0,71	1 146
5%	0,38	0,38	8,45	43,77	95,03	137,56	234,59	270,00	200,98	68,73	6,46	0,66	1 067
10%	0,37	0,37	8,14	42,17	91,56	132,54	226,02	260,13	193,64	66,22	6,22	0,64	1 028
15%	0,35	0,35	7,69	39,83	86,48	125,19	213,48	245,71	182,90	62,55	5,87	0,60	971
20%	0,32	0,32	7,23	37,45	81,32	117,71	200,73	231,03	171,97	58,81	5,52	0,57	913

4.9.3 Production de données

Le logiciel de la cartographie du Mali [10] permet de localiser les zones d'études (Tableau 4) à partir des coordonnées des localités extrêmes sur la carte (Figure). Cela permet de définir la grille MCG pour chaque localité du pays.

TABLEAU 4.7: LOCALISATION DES SITES DE L'ETUDE

Communes	Latitude	Longitude	Grille MGC	Zone agro-climatique
Sandaré	14,60°N - 15,09°N	10,64°W - 9,83°W	2	Sahélienne
Massantola	13,32°N - 13,89°N	7,89°W - 7,61°W	5	Sahélienne
Cinzana	13,14°N - 13,53°N	6,16°W - 5,63°W	12	Soudanienne
M'Pessoba	12,52°N - 12,79°N	5,86°W - 5,56°W	13	Pré-guinéenne
Mondoro	14,40°N - 15,16°N	2,10°W - 0,75°W	24	Sahélienne
Taboye	16,61°N - 16,90°N	0,68°W - 0,08°W	23	Pré -saharienne

Nous avons déterminé les projections de précipitation (Tableaux 4.8 et 4.10) et de température (Tableaux 4.9 et 4.11) dans les localités concernées par l'étude pour chacun des horizons temporels 2020 et 2050 en interpolant les résultats obtenus sur les points de grille de MCG recouvrant la zone.

4.9.3.1 Horizon 2020

a) Pluviométrie

TABLEAU 4.8: TAUX DE VARIATION (EN %) DE LA PLUVIOMETRIE EN 2020

Communes	Taux de variation (en %) de la pluviométrie en 2020					
	juin	juillet	août	septembre	octobre	Cumul_an
Sandaré	-9,50 à -10,50	-7,00 à -7,50	+0,80 à +0,75	-4,00 à -5,50	07,50 à 07,70	-4,80 à -5,20
Massantola	-7,50 à -8,50	-6,52 à -7,00	-0,50 à -0,70	-3,00 à -3,50	07,00 à 07,50	-4,10 à -4,30
Cinzana	-7,56 à -8,00	-6,10 à -6,50	-0,70 à -0,80	-3,50 à -4,00	10,00 à 12,50	-3,50 à -3,70
M'Pessoba	-7,00 à -7,50	-6,10 à -6,30	-0,60 à -0,70	-3,00 à -3,50	12,30 à 12,60	-3,30 à -3,50
Mondoro	-7,50 à -9,50	-5,50 à -6,20	-1,00 à -0,75	-5,00 à -5,50	15,00 à 23,00	-2,40 à -3,00
Taboye	-10,00 à -11,00	-6,20 à -6,30	-0,72 à -0,40	-6,50 à -7,40	30,00 à 40,00	-1,60 à -3,00

b) Température

TABLEAU 4.9: TAUX D'AUGMENTATION (EN °C) DE LA TEMPERATURE EN 2020

Communes	Taux d'augmentation (en °C) de la température en 2020					
	juin	juillet	août	septembre	octobre	Moyenne_an
Sandaré	0,78 à 0,81	0,76 à 0,78	0,71 à 0,72	0,78 à 0,79	0,87 à 0,90	0,80 à 0,81
Massantola	0,80 à 0,81	0,79 à 0,80	0,65 à 0,68	0,72 à 0,75	0,89 à 0,90	0,80 à 0,81
Cinzana	0,79 à 0,81	0,75 à 0,80	0,69 à 0,70	0,75 à 0,76	0,91 à 0,92	0,82 à 0,83
M'Pessoba	0,79 à 0,80	0,78 à 0,79	0,69 à 0,70	0,73 à 0,75	0,90 à 0,91	0,82 à 0,83
Mondoro	0,82 à 0,85	0,81 à 0,84	0,75 à 0,82	0,75 à 0,89	0,98 à 1,00	0,89 à 0,92
Taboye	0,86 à 0,88	0,86 à 0,88	0,84 à 0,88	0,91 à 0,93	1,02 à 1,03	0,95 à 0,97

4.9.3.2 Horizon 2050

a) Pluviométrie

TABLEAU 4.10: TAUX DE VARIATION (EN %) DE LA PLUVIOMETRIE EN 2050

Communes	Taux de diminution (en %) de la pluviométrie en 2050					
	juin	juillet	Août	septembre	octobre	Cumul_an
Sandaré	-22,00 à -23	- 23 à - 24	- 5,00 à - 5,22	- 7,00 à - 9,00	+ 7,60 à + 7,80	- 14,00 à - 14,50
Massantola	-18 à -21	- 18 à - 21	- 4,42 à - 4,82	- 5,00 à - 6,00	+ 7,20 à + 7,40	- 10,00 à - 11,25
Cinzana	-17 à -18	- 17 à - 19	- 4,82 à - 5,20	- 5,00 à - 5,40	+ 7,20 à + 7,60	- 8,00 à - 9,00
M'Pessoba	-15 à -16	- 15 à - 16	- 4,42 à - 4,80	- 4,00 à - 4,50	+ 8,00 à + 8,40	- 7,00 à - 8,00
Mondoro	-17 à - 19	- 15 à - 16	- 6,00 à - 6,40	- 7,50 à - 8,50	+14,60 à +15,80	- 4,00 à - 4,80
Taboye	- 22 à -23	- 15 à - 17	- 5,22 à - 4,42	-11,00 à -14,00	+16,00 à +16,40	- 2,00 à - 4,00

b) Température

TABLEAU 4.11: TAUX D'AUGMENTATION (EN °C) DE LA TEMPERATURE EN 2050

Communes	Taux d'augmentation (en °C) de la température en 2050					
	Juin	juillet	Août	septembre	octobre	Moyenne_an
Sandaré	1,75 à 1,80	1,65 à 1,68	1,55 à 1,55	1,71 à 1,77	1,87 à 1,91	1,77 à 1,79
Massantola	1,71 à 1,74	1,61 à 1,65	1,47 à 1,53	1,59 à 1,65	1,87 à 1,91	1,71 à 1,75
Cinzana	1,74 à 1,75	1,68 à 1,69	1,53 à 1,57	1,65 à 1,71	1,91 à 1,95	1,79 à 1,80
M'Pessoba	1,74 à 1,75	1,65 à 1,66	1,53 à 1,56	1,65 à 1,68	1,91 à 1,95	1,75 à 1,79
Mondoro	1,82 à 1,90	1,80 à 1,90	1,65 à 1,71	1,71 à 1,83	2,11 à 2,15	1,91 à 1,95
Taboye	1,92 à 1,94	1,95 à 1,96	1,77 à 1,83	1,89 à 1,95	2,23 à 2,27	2,03 à 2,07

Conclusion

Le nouveau scénario prévoit presque la même allure pour les paramètres climatiques qui sont la pluviométrie et la température. Aux horizons 2020 et 2050, on note une diminution progressive de la pluviométrie dans toutes les localités. Cette diminution pourrait beaucoup varier à l'intérieur d'une même commune. Quant à la température, le modèle prévoit partout une hausse à tous horizons temporels.

Nous pouvons calculer pour chaque localité concernée par l'étude et pour chacun des horizons temporels compris entre 2009 et 2100 pour les précipitations et les températures mensuelles en interpolant les résultats obtenus sur les points de grille de MCG recouvrant la zone.

Le modèle prévoit une augmentation de la pluviométrie au mois d'octobre. Cette augmentation de la pluviométrie durant ce mois de fin de saison a souvent été le cas au Mali. Elle peut avoir des avantages comme des inconvénients.

Du point de vue avantage, cette situation favoriserait une amélioration de la production des plantes à tubercules comme la patate, l'igname, l'arachide et des variétés tardives de céréales.

Sur le plan inconvénient, on pourrait assister à une pénalisation de la production de certaines cultures comme le coton, les variétés précoces de maïs et le petit mil.

Toutes ces Figures obtenues montrent un profil analogue avec des maximas en Avril et Octobre et des minimas en Août.

Il serait intéressant de faire une analyse sur l'apport de l'opération « pluie provoquée » sur le modèle même si le fichier de données ne donne pas une longue série de traitement.

4.10 Cas d'études de vulnérabilité et d'adaptation dans le secteur de l'agriculture

4.10.1 Introduction

Cette étude s'inscrit dans le cadre de l'évaluation de l'impact des changements climatiques sur la production agricole afin de formuler des mesures d'adaptation appropriées pour faire face à ces impacts.

L'étude constitue un des maillons de la Seconde Communication Nationale du Mali sur les changements climatiques.

4.10.1.1 Objectif de l'étude

Evaluer l'impact de la variabilité de la pluviométrie sur la production du mil, sorgho, maïs et arachide à partir de l'étude de l'impact sur les rendements.

Les sites d'étude sélectionnés sont :

- d'une part les cercles de Sikasso, Kita, Ségou et Mopti. Ces sites ont été sélectionnés pour des raisons de disponibilité de données et de représentativité aux plans climatique et agricole. Certaines de ces zones fournissent une part importante des besoins nationaux en céréales (mil, sorgho, maïs, ...). La période d'étude s'étend de 2000 à 2006.
- d'autre part les sites retenus pour la mise en œuvre du projet le plus prioritaire du PANA. Ces sites sont Sandaré, Massantola, Cinzana, M'Pessoba, Mondoro et Taboye. Les coordonnées de ces sites sont en annexe.

4.10.1.2 Méthodologie

- Caractérisation de la demande climatique à travers l'évapotranspiration de référence ETo,
- Détermination des besoins en eau pour les différentes cultures,
- Estimation de la diminution de rendement par rapport au rendement en condition optimale de culture.

L'outil utilisé pour faire ce travail est le modèle CROPWAT.

4.10.1.3 Modèle utilisé

CROPWAT 8.0 pour Windows est un modèle de la FAO permettant de calculer les besoins en eau des cultures à partir de données climatiques et culturales. Les fonctionnalités incluent les calculs pour les cultures irriguées et cultures non irriguées (pluviales). Il est également utilisé pour faire des calculs de rendement agricole.

Le fonctionnement du logiciel CropWat repose sur quelques variables qui s'articulent autour du bilan hydrique.

I. Bilan hydrique

Le bilan hydrique s'écrit sous la forme :

$$R_i = R_{i-1} + P_{eff} + Irr - D - ET_c$$

Ri	:	Réserve en eau du sol au jour i (mm)
Ri-1	:	Réserve en eau du sol au jour i-1(mm)
Peff	:	Précipitation efficace (mm)
Irr	:	Apport de l'irrigation (mm)
D	:	Drainage
ETc	:	Évapotranspiration de la culture dans des conditions standard (ETc) : il s'agit de l'évapotranspiration d'une culture dans des conditions hydriques optimales et atteignant sa production potentielle dans les conditions climatiques données.

II. Les données

Les données d'entrée de CROPWAT 8 sont organisées en 4 fichiers :

1. Un fichier regroupant les données générales et données climatiques:
 - Données générales : Pays, altitude, latitude et longitude de la station météo,
 - Données climatiques : Températures maximale et minimale, humidités relatives moyenne et maximale, vitesse du vent et durée d'insolation. Les données météorologiques utilisées sont des moyennes mensuelles calculées sur l'année considérée.
2. Un fichier de données pluviométriques. Les données pluviométriques sont des cumuls mensuels sur l'année considérée.
3. Un fichier sur le système de culture : nom et date de plantation de la culture, valeur de Kc et durée de chacune des 4 phases de développement de la culture qui sont la phase initiale, la phase de croissance, la phase de mi-saison et la phase d'arrière-saison.
4. Un fichier de données générales sur le sol.

III. Les produits

A partir d'une combinaison de données générales, de données météorologiques et de données sur le système de culture définie par l'utilisateur, CROPWAT crée des tableaux et des graphiques donnant l'évapotranspiration de référence, les besoins en eau des cultures par mois ou par décade (ET_c), la précipitation efficace (P_{eff}), le déficit en eau ($ET_c - P_{eff}$), etc.

Exemples de fichiers de sortie en Annexe I.

4.10.2 Résultats et discussion

4.10.2.1 Estimation de la demande climatique

L'évapotranspiration de référence (ET_o) rassemble tous les contrôles climatiques de l'évapotranspiration. Elle exprime la force évaporatoire de l'atmosphère dans un site donné et à une période donnée de l'année. Elle ne prend en compte ni les caractéristiques de la plante ni celles du sol.

Pour le calcul d'ET_o, le logiciel utilise la formule de Penman-Monteith :

$$ET_o = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34u_2)}$$

Où

ET _o	Evapotranspiration de référence (mm jour ⁻¹)
R _n	Rayonnement net à la surface de la culture (MJ m ⁻² Jour ⁻¹)
G	Densité de flux de chaleur dans le sol (MJ m ⁻² Jour ⁻¹)
T	Température journalière moyenne de l'air à une hauteur de 2 m (°C)
u ₂	Vitesse du vent à une hauteur de 2 m (m s ⁻¹)
e _s	Pression de vapeur saturante (kPa)
e _a	Pression de vapeur réelle (kPa)
e _s - e _a	Déficit de pression de vapeur saturante (kPa)
Δ	Pente de la courbe de pression de vapeur saturante (kPa °C ⁻¹)
γ	Constante psychrométrique (kPa °C ⁻¹)

Les données³ climatiques utilisées sont reportées en Annexe I.

Pour les différents sites nous avons les résultats suivants :

³ Source : Direction Nationale de la Météorologie

I. Sikasso

TABLEAU 4.12 : EVAPOTRANSPIRATION DE REFERENCE MOYENNE (MM/JOUR) A SIKASSO

	Janv.	Fév.	Mars	Avr	Mai	Juin	juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
2000	5	6	6	6,4	5,8	4,8	4,3	3,9	4,2	4,5	4,7	4,3
2001	4,9	6,1	6,1	6,2	6,2	5,1	4,3	3,9	4,1	4,6	4,5	4,4
2002	5	5,6	5,9	5,7	6,2	5,1	4,3	4	4,1	4,5	4,7	5
2003	5	5,5	6	6,3	6,1	4,7	4,2	3,8	4	4,5	4,5	4,5
2004	5,1	5,4	6	5,7	5,7	5,1	4,2	4	4,1	4,7	4,6	4,4
2005	5,3	6	5,9	6,1	5,6	4,8	4,2	3,8	4,1	4,5	4,4	4,6
2006	5,2	6,4	6,3	6,2	5,6	4,8	4,3	3,9	4	4,3	4,4	4,6
Moy	5,1	5,9	6	6,1	5,9	4,9	4,3	3,9	4,1	4,5	4,5	4,5

II. Kita

TABLEAU 4.14 : EVAPOTRANSPIRATION DE REFERENCE MOYENNE (MM/JOUR) A KITA.

	Janv.	Fév.	Mars	Avr	Mai	Juin	juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
2000	5,42	5,61	5,92	5,96	5,95	5,04	4,41	3,97	4,21	4,23	4,16	3,4
2001	3,96	4,58	4,82	5,31	5,74	4,98	4,31	4,01	4,2	4,36	4,21	3,91
2002	4,24	4,39	5,32	6,1	5,85	5,41	4,32	3,91	4,16	4,38	3,73	3,58
2003	3,86	4,06	4,81	5,5	5,53	4,79	4,16	3,86	4,05	4,2	3,98	3,47
2004	3,66	4,36	5,46	5,73	5,82	5,18	4,29	3,97	4,18	4,36	4,21	3,9
2005	4,22	4,75	5,49	5,81	5,75	5,14	4,38	4,02	4,22	4,48	4,31	4,07
2006	4,25	4,74	5,5	5,76	5,76	5,2	4,51	4,09	4,24	4,46	4,27	3,89
Moy	4,2	4,6	5,3	5,7	5,8	5,1	4,3	4	4,2	4,4	4,1	3,7

III. Ségou

TABLEAU 4.15 : EVAPOTRANSPIRATION DE REFERENCE MOYENNE (MM/JOUR) A SEGOU

	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
2000	4,9	5,47	5,62	6,11	5,89	5,54	4,88	4,41	4,57	4,71	5	4,47
2001	5,02	5,83	6,01	6,47	6,62	5,69	4,82	4,52	4,65	5,06	5,4	5,98
2002	6,31	6,36	6,9	6,98	7,08	6,75	5,44	4,73	4,9	4,91	5,1	5,64
2003	4,81	5,8	6,47	6,63	7,44	6,04	4,77	4,34	4,45	4,97	5,04	3,84
2004	4,87	5,6	6,85	6,27	6,68	5,7	4,73	4,53	4,69	5,06	5,37	5,86
2005	5,7	6,32	6,47	6,12	7,81	6,23	5,14	4,67	4,84	4,94	4,83	6,75
2006	5,52	6,54	7,37	6,65	6,86	6,79	5,65	4,58	4,58	4,72	4,9	4,77
Moy	5,3	6	6,5	6,5	6,9	6,1	5,1	4,5	4,7	4,9	5,1	5,3

IV. Mopti

TABLEAU 4.16 : EVAPOTRANSPIRATION DE REFERENCE MOYENNE (MM/JOUR) A MOPTI.

	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
2000	6,8	7,72	7,99	8,94	7,86	7,97	6,48	5,19	5,05	6,01	6,76	5,45
2001	6,33	7,58	7,97	9,14	8,81	7,23	5,73	5,06	6,06	5,89	5,76	6,33
2002	6,3	7,69	9,39	10,07	10,27	9,27	8,05	6,24	7,13	5,33	6,42	6,33
2003	6,67	9,23	10,47	9,95	10,32	7,7	6,02	5,08	6,04	6,06	6,41	6,19
2004	6,27	7,46	9,46	9,46	9,48	8,64	6,21	5,73	6,13	7,01	6,3	6,53
Moy	6,5	7,9	9,1	9,5	9,3	8,2	6,5	5,5	6,1	6,1	6,3	6,2

L'évapotranspiration de référence (ET_o) fluctue selon les mois et les saisons comme l'indique les graphiques ci-dessus qui présentent une variation moyenne de ET_o mensuelle déterminée sur la période 2000 - 2006. L'allure des courbes indique un besoin en eau maximal en avril et mai, minimal en août et septembre.

Les valeurs obtenues montrent que l'évapotranspiration de référence varie en fonction des sites d'étude et augmente du sud au nord. Les valeurs les plus élevées s'observent à Mopti (9,1 ; 9,5 ; 9,3 mm/jour) et les plus faibles à Sikasso (3,9 ; 4,1 mm/jour).

4.10.2.2 Données pluviométriques

Les cultures sont pluviales. Les seuls apports hydriques dont bénéficie la plante proviennent directement des eaux de pluie.

I. Sikasso

La saison des pluies dure 6 à 7 mois. Les mois les plus arrosés sont juillet et Août.

Années	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Pluviométrie annuelle	1092	1106	848	1242	1299	1078	1143

L'écartype des pluviométries annuelles de 2000 à 2006 est de 144 mm. La moyenne est de 1115 mm.

II. Kita

La saison des pluies dure 5 à 6 mois. Les mois les plus arrosés sont juillet et Août.

Années	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Pluviométrie annuelle	783	845	933	1006	830	709	705

L'écartype des pluviométries annuelles de la période d'étude est de 111 mm. La moyenne est de 830 mm.

III. Ségou

La saison des pluies dure 5 mois. Les pluies diminuent significativement à partir de septembre.

Années	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Pluviométrie annuelle	610	694	505	618	564	556	620

L'écartype des pluviométries annuelles de la période d'étude est de 60.2 mm. La moyenne est de 595 mm.

IV. Mopti

La saison des pluies dure 4 à 5 mois. Les pluies diminuent à partir de septembre.

Années	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Pluviométrie annuelle	414	518	242	619	457	390	460

L'écartype des pluviométries annuelles de la période d'étude est de 116 mm. La moyenne est de 443 mm.

La totalité des précipitations n'est pas disponible pour les cultures. Une partie est perdue par ruissellement et percolation en profondeur. La part des précipitations effectivement utilisée par les plantes constitue les précipitations efficaces (Peff).

Les précipitations efficaces sont calculées par le logiciel en utilisant l'équation de l'USDA – SCS (US Department of Agriculture – Soil Conservation Service) :

$$P_{eff} = \frac{P_{mois} * (125 - 0.2 * P_{mois})}{125} \text{ pour } P_{mois} \leq 250 \text{ mm}$$

$$P_{eff} = 125 + 0.1 * P_{mois} \text{ pour } P_{mois} > 250 \text{ mm}$$

Les données utilisées sont des cumuls mensuels.

Les données pluviométriques sont reportées en Annexe.

4.10.2.3 Evolution des superficies cultivées de 2000 à 2006

I. Sikasso

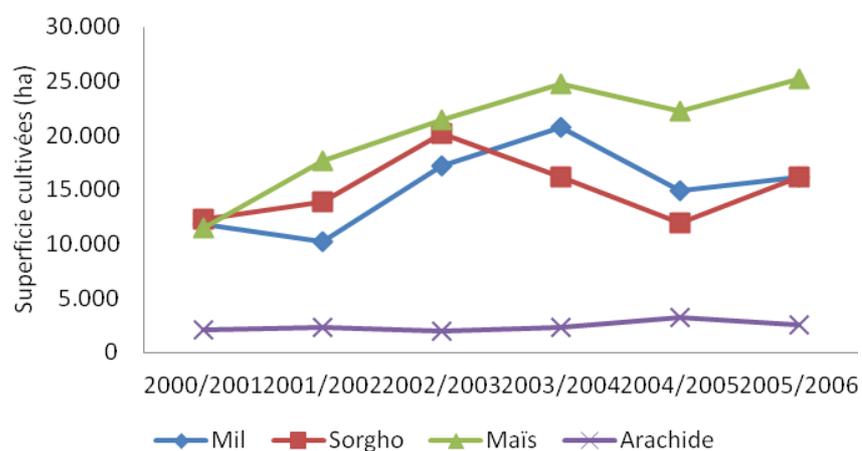


FIGURE 4.15. EVOLUTION DES SUPERFICIES DES DIFFERENTES CULTURES A SIKASSO

L'analyse de ces évolutions permet de relever que le maïs est en nette progression. Sa superficie a dépassé le double de 2000 à 2006 (de 11464 à 25209 ha). Par contre le mil et le sorgho fluctuent entre 10000 et 20000 ha. L'arachide, la moins cultivée, occupe une superficie quasiment constante d'environ 2000 ha.

⁴ Source : Cellule de Planification et de Statistique/Ministère de l'Agriculture

II. Kita

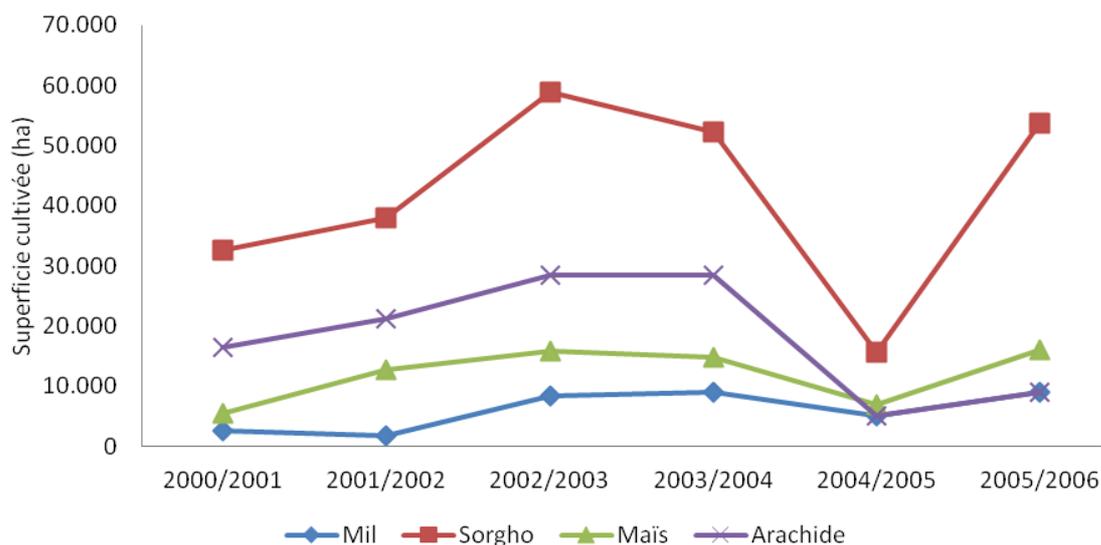


FIGURE 4.16 : EVOLUTION DES SUPERFICIES DES DIFFERENTES CULTURES A KITA

La culture principale est le sorgho. Sa superficie connaît une augmentation de 2000 à 2006, malgré quelques fluctuations interannuelles.

La culture de l'arachide accuse par contre une nette régression. Sa superficie a diminué environ de moitié de 2000 à 2006 (de 16 457 à 8 947 ha).

Les superficies de mil et de maïs, les moins cultivés, augmentent modérément.

Signalons que le cercle a connu une baisse généralisée sur la totalité des superficies cultivées à la campagne 2004/2005.

Campagnes	2000/2001	2001/2002	2002/2003	2003/2004	2004/2005	2005/2006
Superficies totales cultivées (ha)	59 046	76 326	113 703	105 132	33 690	89 471

III. Ségou

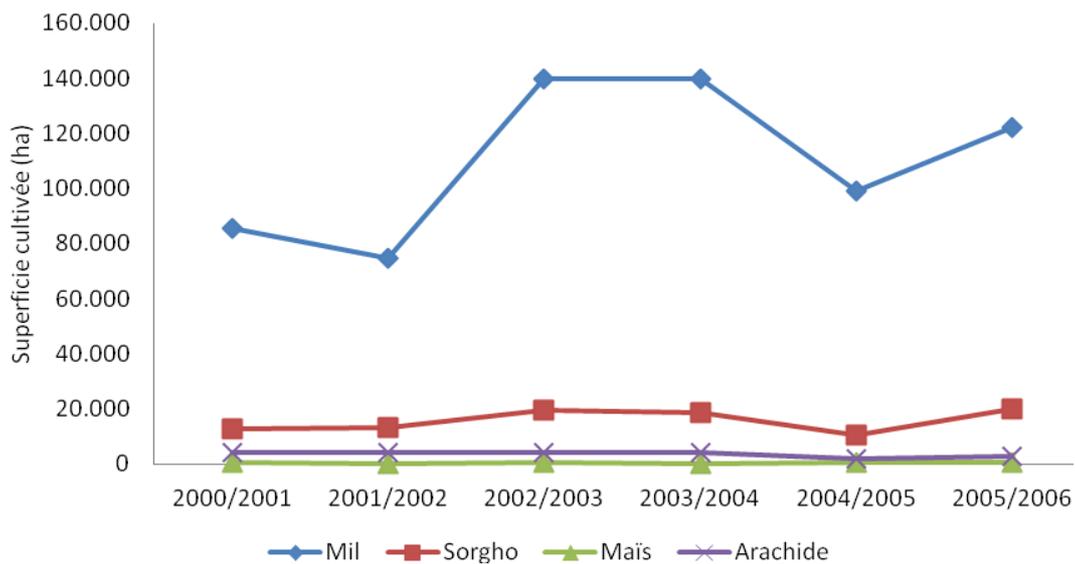


FIGURE 4.17. EVOLUTION DES SUPERFICIES DES DIFFERENTES CULTURES A SEGOU

Le mil est la principale culture. Malgré des baisses durant les campagnes 2001/2002 et 2004/2005, les superficies cultivées ont connu une progression de 2000 à 2006 (de 85346 à 121928 ha).

Les superficies de sorgho et de maïs restent stables, tandis que celle de l'arachide régresse.

IV. Mopti

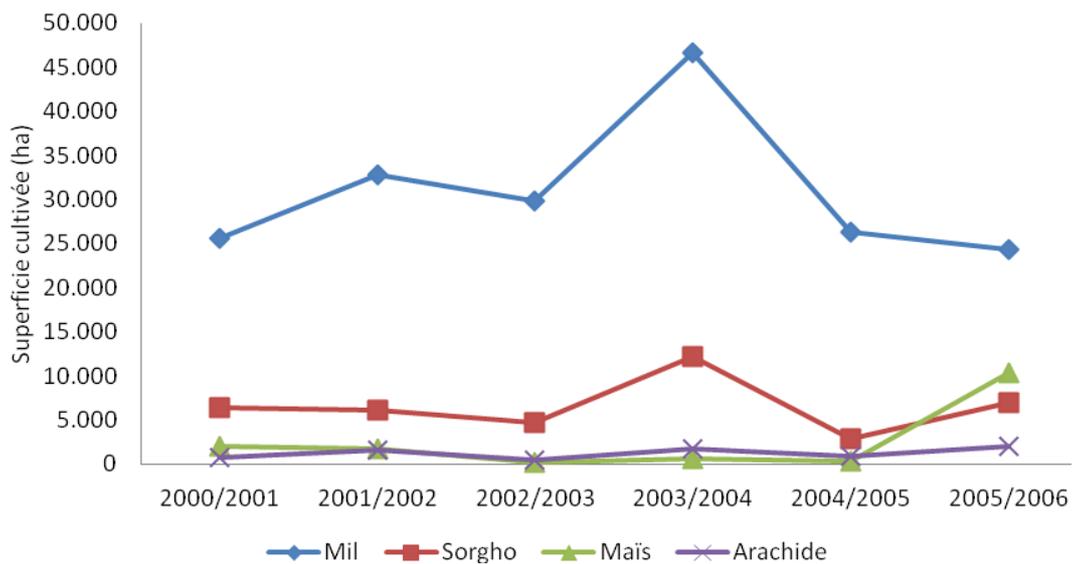


FIGURE 4.18 : EVOLUTION DES SUPERFICIES DES DIFFERENTES CULTURES A MOPTI

Le mil, le sorgho et l'arachide restent stables malgré un pic en 2003/2004. Le mil demeure cependant, de loin, le plus cultivé.

La superficie cultivée de maïs passe de 950 à 10418 ha de la campagne 2004/2005 à la campagne 2005/2006.

4.10.2.4 Détermination des besoins en eau des cultures

La quantité d'eau nécessaire pour compenser les pertes par évapotranspiration depuis un champ cultivé est définie comme les besoins en eau des cultures.

Les besoins en eau de la culture sont généralement assimilés à l'évapotranspiration de la culture dans des conditions standard (ET_c).

ET_c peut être calculée à partir de données climatiques. Le logiciel utilise la méthode de Penman-Monteith pour l'estimation de l'Évapotranspiration de référence (ET₀).

Les ratios $\frac{ET_c}{ET_0}$ (appelés Coefficients culturaux, K_c), déterminés expérimentalement, sont utilisés pour

lier ET_c à ET₀, ainsi nous pouvons exprimer l'évapotranspiration de la culture par : $ET_c = K_c \times ET_0$.

On peut apprécier le niveau de satisfaction des besoins en eau de la plante en confrontant l'ET_c à la P_{eff} (précipitation efficace). Thevenet G. et Couvreur F. (1978) propose la différence $ET_c - P_{eff}$ comme un indicateur de l'état de sécheresse.

Les besoins en eau des différentes cultures pour l'année 2000 par site sont reportés en Annexe I.

I. Sikasso

Le tableau 4.16 révèle une précipitation efficace toujours supérieure à l'évapotranspiration de la culture (ETc) : théoriquement la précipitation efficace compense les pertes dues à l'évapotranspiration.

On note cependant dans le tableau des déficits de précipitations ($ET_c - P_{eff}$) non nuls. Ceci résulte

d'une mauvaise répartition de la pluviométrie qui ne couvre pas suffisamment certaines phases de développement de la plante.

Ces déficits se situent généralement en juillet et août et affectent les phases de mi-saison et début d'arrière-saison des cultures.

Voir en annexe : besoins en eau par décade et par phase de développement (années 2000 et 2002).

TABLEAU 4.16. BESOINS EN EAU (ETc), PRECIPITATIONS EFFICACES (PEFF) ET DEFICIT DE PRECIPITATIONS PAR AN ET PAR CULTURE A SIKASSO.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Sorgho							
ETc	360,7	363,6	349,3	345,9	365,1	351,7	354,7
Peff	508,7	578,8	473,1	597,7	545,5	549,8	513,9
Déficit de précipitations	0	0	8,2	0	0	0	0
Mil							
ETc	306,9	311,8	315,2	295,9	310,2	298,4	295,2
Peff	447,2	494,8	406,2	512,7	458,9	471,8	431,7
Déficit de précipitations	0	0	4,2	0	0	0	0
Maïs							
ETc	408,8	412,5	418,8	393,4	414,2	399,3	402,2
Peff	508,7	578,8	490	597,7	545,5	549,8	515,6
Déficit de précipitations	5,4	0	38,9	1,4	0	0,1	3,1
Arachide							
ETc	452,5	453,2	457,9	433,3	454,1	439,4	441,7
Peff	527,2	595,3	504,8	613,3	555,6	561,7	531,5
Déficit de précipitations	10,4	0	32,5	0	3,7	0	0

II. Kita

De façon générale, on note comme précédemment $P_{eff} > ET_c$.

Les déficits non nuls révèlent une mauvaise répartition des précipitations. Les phases de développement affectées sont la mi-saison et le début d'arrière-saison pour les cultures du maïs et de l'arachide, principalement en 2000, 2005 et 2006.

Voir en annexe : besoins en eau par décade et par phase de développement (années 2000 et 2005).

TABLEAU 4.17. BESOINS EN EAU (ETC), PRECIPITATIONS EFFICACES (PEFF) ET DEFICIT DE PRECIPITATIONS PAR AN ET PAR CULTURE A KITA.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Sorgho							
ETc	343,3	359,5	360,0	342,8	359,5	341,6	367,8
Peff	498,1	497,8	531,9	550,9	500,4	421,9	418,8
Déficit de précipitations	0,3	0	0	0	0	8,1	9,6
Mil							
ETc	301,7	306,4	309,8	293,9	307,5	300,1	303,9
Peff	446,2	433,0	464,2	482,5	436,8	367,8	374,1
Déficit de précipitations	0,4	0	0	0	0	1,2	1,7
Maïs							
ETc	413,4	409,8	409,9	391,7	409,5	413,2	416,2
Peff	505,2	497,8	531,9	550,9	500,4	437,9	420,6
Déficit de précipitations	13,6	1,3	0,4	0	4,8	32,8	37,3
Arachide							
ETc	454	451,7	452,3	432,5	451,6	457,4	463,7
Peff	507,5	508	542,8	564,7	510,6	452,1	429,1
Déficit de précipitations	30,1	11,2	3,8	3,9	12,8	51,5	52,7

III. Ségou

En 2001, 2003 et 2004 il y a des déficits et les précipitations efficaces sont supérieures à l'évapotranspiration des cultures ($P_{eff} > ET_c$). Une mauvaise répartition de la pluie crée des déficits, en général faibles pour le sorgho et le mil et plus importants pour le maïs et l'arachide où toutes les phases de développement sont plus ou moins affectées.

En 2002, 2005 et 2006 les précipitations efficaces sont inférieures à l'évapotranspiration des cultures ($P_{eff} < ET_c$). Les précipitations sont insuffisantes pour couvrir les besoins en eau des cultures. Toutes les phases de développement des plantes sont plus ou moins affectées.

TABLEAU 4.18. BESOINS EN EAU (ETC), PRECIPITATIONS EFFICACES (PEFF) ET DEFICIT DE PRECIPITATIONS PAR AN ET PAR CULTURE A SEGOU.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Sorgho							
ETc	385,9	392,2	409,2	378,1	391,6	419,1	406,1
Peff	380,2	441,3	340	433,9	408,1	368	387,8
Déficit de précipitations	28,3	37,6	93,1	3,6	31,8	56,8	42
Mil							
ETc	341,9	354,2	361,1	341,1	350,1	365	351,7
Peff	348,5	402,1	305,6	393,8	375,3	346,5	382,9
Déficit de précipitations	10	21,7	82,6	4,1	7,5	37,2	11,6
Maïs							
ETc	314,3	321,8	329,4	315,2	318,7	327,7	324,5
Peff	309,9	356	260,1	325,9	330,1	317	339,6
Déficit de précipitations	19,8	34,8	88,3	13,6	25,5	37,9	22,5
Arachide							
ETc	350,1	361,1	365,8	332,3	357,2	364,5	352,9
Peff	311,3	353,2	257,6	357,7	326,8	314,4	356,1
Déficit de précipitations	43,3	32,7	109,5	23,2	37,8	59,6	29,1

IV. Mopti

Partout $P_{eff} < ET_c$. Le déficit est dû à l'insuffisance de pluies. Les demandes d'eau ne sont pas entièrement satisfaites pour les différentes phases de développement.

TABLEAU 4.19. BESOINS EN EAU (ETC), PRECIPITATIONS EFFICACES (PEFF) ET DEFICIT DE PRECIPITATIONS PAR AN ET PAR CULTURE A MOPTI.

	2000	2001	2002	2003	2004
Sorgho					
ETc	312,6	353,2	420,2	374,9	398
Peff	246,7	312	156,1	361,9	301,4
Déficit de précipitations	69,8	42,5	259,8	33,7	91,3
Mil					
ETc	309,8	347,1	414,2	368,1	389,3
Peff	246,3	312	156,1	361,9	301,4
Déficit de précipitations	65,9	42,4	256,3	33,6	82,7
Maïs					
ETc	360,8	388,2	482	425,8	450,6
Peff	246,3	318,3	156,1	361,9	301,4
Déficit de précipitations	116,8	89,4	321,4	81,9	143,9
Arachide					
ETc	388,2	420,2	507,6	438,7	465,7
Peff	241,8	315,8	154	360,3	298
Déficit de précipitations	148,3	111,2	356,9	99,9	171

4.10.2.5 Calcul des rendements

La baisse de rendement due au stress hydrique est exprimée en pourcentage du maximum de production réalisable dans la zone dans des conditions optimales. Elle peut être calculée pour une phase du cycle de la culture ou pour l'ensemble de la période de développement.

Le logiciel donne une approximation de ce que serait le rendement de la culture si le facteur limitant la croissance de la plante est l'eau.

La baisse du rendement est exprimée par l'équation suivante:

$$1 - \frac{Y_a}{Y_{max}} = K_y \left(1 - \frac{ET_{c\ aj}}{ET_c} \right)$$

Où:

Y_a = Rendement réalisable dans les conditions réelles

Y_{max} = Rendement maximum de la culture si l'ensemble des besoins de la culture en eau sont satisfaits.

K_y = Facteur de réponse du rendement

K_y est un coefficient empirique de réponse des rendements à l'eau (Doorenbos et Kassam, 1980).

$ET_{c\ aj}$ = Évapotranspiration de la culture dans des conditions non standard

ET_c = Évapotranspiration de la culture dans des conditions standard

Les données utilisées sont les données climatiques, pluviométriques, culturales et les données sur le sol.

I. Sikasso

TABLEAU 4.20: CALCUL DE LA BAISSÉ DE RENDEMENT POUR L'ENSEMBLE DE LA PERIODE DE DEVELOPPEMENT DES DIFFERENTES SPECULATIONS DE 2000 A 2006 A SIKASSO.

Année	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Précipitation (mm)	1092	1106	848	1242	1299	1078	1143
Sorgho							
Baisse du rendement (%)	1	1	1,9	0,9	5	1	1,3
Date de semis	01-juin	01-juin	01-juin	01-juin	01-juin	01-juin	15-juin
Mil							
Baisse du rendement (%)	1,7	1,7	3,5	0,5	9,2	1,8	4
Date de semis	01-juin	01-juin	01-juin	01-juin	01-juin	01-juin	26-juin
Maïs							
Baisse du rendement (%)	1,2	1,2	2,1	1	5,1	1,2	0,2
Date de semis	01-juin	01-juin	01-juin	01-juin	01-juin	01-juin	17-juin
Arachide							
Baisse du rendement (%)	1,5	1	1,1	0,7	3,9	1	0,3
Date de semis	20-mai	01-juin	07-juin	01-juin	01-juin	01-juin	17-juin

Au cours des différentes années, les paramètres climatiques restent environ constants. Le seul facteur qui varie est la pluviométrie. Les valeurs de diminution de rendement trouvées sont faibles. Les variations de la pluviométrie n'influencent que très faiblement le rendement.

II. Kita

TABLEAU 4.21 : CALCUL DE LA BAISSÉ DE RENDEMENT POUR L'ENSEMBLE DE LA PERIODE DE DEVELOPPEMENT DES DIFFERENTES SPECULATIONS DE 2000 A 2006 A KITA.

Année	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Précipitation (mm)	783	845	933	1006	830	709	705
Sorgho							
Baisse du rendement (%)	1,2	3,4	1,7	1	1,7	2,1	7,7
Date de semis	01-juin	01-juin	01-juin	01-juin	01-juin	01-juin	10-juin
Mil							
Baisse du rendement (%)	1.4	6,7	3	1,8	3	3,2	7,2
Date de semis	15-juin	01-juin	01-juin	01-juin	01-juin	01-juin	25-juin
Maïs							
Baisse du rendement (%)	1,3	3,5	1,9	1,2	1,9	1,5	4,3
Date de semis	01-juin	01-juin	01-juin	01-juin	01-juin	01-juin	15-juin
Arachide							
Baisse du rendement (%)	1,2	2,9	1,6	1	1,6	1,2	6,8
Date de semis	01-juin						

De 2000 à 2005, les diminutions de rendement sont faibles. L'année 2006, ayant la plus faible pluviométrie, a une diminution plus importante de rendement pour toutes les cultures. L'apport en eau est le facteur principal influant sur le rendement.

III. Ségou

TABLEAU 4.22 : CALCUL DE LA BAISSÉ DE RENDEMENT POUR L'ENSEMBLE DE LA PERIODE DE DEVELOPPEMENT DES DIFFERENTES SPECULATIONS DE 2000 A 2006 A SEGOU.

Année	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Précipitation (mm)	610	694	505	618	564	556	620
Sorgho							
Baisse du rendement (%)	7,0	2,0	14,1	5,9	3,2	16,8	15,1
Date de semis	01-juin	01-juin	30-juin	01-juin	01-juin	01-juin	10-juin
Mil							
Baisse du rendement (%)	12,6	3,6	18	11,2	6,5	11,4	6,5
Date de semis	01-juin	01-juin	25-juin	01-juin	01-juin	15-juin	25-juin
Maïs							
Baisse du rendement (%)	11	3,4	19,4	8,9	5,2	5,4	6,6
Date de semis	01-juin	01-juin	30-juin	01-juin	01-juin	20-juin	25-juin
Arachide							
Baisse du rendement (%)	10,9	3,1	17,2	10	5,8	7,4	3,2
Date de semis	01-juin	01-juin	01-juillet	01-juin	01-juin	20-juin	30-juin

Le climat est plus sec. Une variation de pluviométrie entre deux années peut entraîner des différences significatives de rendement.

IV. Mopti

TABLEAU 4.23 : CALCUL DE LA BAISSÉ DE RENDEMENT POUR L'ENSEMBLE DE LA PERIODE DE DEVELOPPEMENT DES DIFFERENTES SPECULATIONS DE 2000 A 2006 A MOPTI.

Année	2000	2001	2002	2003	2004
Précipitation (mm)	414	518	242	619	457
Sorgho					
Baisse du rendement (%)	19,9	11,9	57,3	3,6	18,1
Date de semis	01-juillet	01-juin	30-juillet	01-juin	10-juin
Mil					
Baisse du rendement (%)	19,1	9,9	64,2	5,1	13,6
Date de semis	01-juillet	05-juin	30-juillet	01-juin	15-juin
Maïs					
Baisse du rendement (%)	26,7	12,8	80,9	4,1	20,9
Date de semis	01-juillet	01-juin	30-juillet	01-juin	10-juin
Arachide					
Baisse du rendement (%)	22,6	8,4	48,4	2,6	12,2
Date de semis	01-juillet	10-juin	30-juillet	10-juin	20-juin

Le climat est encore plus sec. Les baisses de rendement sont plus élevées et varient d'une année à l'autre en fonction de la variation de précipitation. Avec 242 mm de pluie en 2002, la baisse de rendement constaté montre que le facteur le plus important influant sur le rendement est l'eau.

4.10.2.6 Conclusion

Le modèle CROPWAT 8 nous a permis d'évaluer les besoins en eau des principales cultures pratiquées dans les cercles de Sikasso, Kita, Ségou et Mopti.

Les résultats montrent que l'eau est le facteur le plus important influant sur le rendement des cultures.

Les déficits des besoins en eau des cultures sont diversement ressentis de Sikasso à Mopti :

- A Sikasso et Kita, la pluie efficace est toujours supérieure à l'évapotranspiration des cultures. Une mauvaise répartition de la pluie créant des déficits par moment n'influence que très faiblement le rendement.
- A Ségou, la variation de la pluviométrie peut d'une année à l'autre, créer des baisses de rendement importantes.
- A Mopti où la pluviométrie peut descendre jusqu'à 242 mm/an, l'insuffisance et la mauvaise répartition de la pluie créent des baisses de rendement pouvant compromettre la récolte.

Toutefois, les résultats obtenus sont comptables des données disponibles.

Les données de terrain plus précises font souvent défaut (paramètres du sol, valeurs de Kc des cultures propres à chaque site). Nous avons, dans ces cas, choisi les valeurs par défaut proposées par la FAO.

Nous avons utilisé le "LE GUIDE PRATIQUE DE SEMIS POUR DIFFERENTES ZONES AGRICOLES DU PAYS" de la Direction Nationale de la Météorologie pour le choix des dates de semis et des variétés de céréale cultivées.

4.10.3 Evaluation des rendements sur les sites du projet prioritaire du PANA

Les sites retenus pour la mise en œuvre du projet prioritaire du PANA sont les communes de SANDARE, MASSANTOLA, CINZANA, M'PESSOBA, MONDORO et TABOYE.

Dans les régions sahélo-soudaniennes dominées par la culture des céréales pluviales, les rendements sont irréguliers et souvent faibles. La cause principale de cette fluctuation est l'insuffisance et la mauvaise répartition des pluies créant par moment et par endroit des déficits hydriques.

Cette étude évalue l'impact du déficit hydrique sur le rendement des cultures en année normale (1971-2000) et aux horizons 2020 et 2050.

La baisse de rendement due au stress hydrique est exprimée en pourcentage du maximum de production réalisable dans la zone concernée dans des conditions optimales.

Le logiciel CROPWAT donne une estimation de ce que serait la baisse de rendement si le facteur limitant la croissance de la plante est l'eau.

Les données utilisées pour le calcul sont les données climatiques, pluviométriques, culturales et les données sur le sol.

Les données climatiques et pluviométriques sont considérées sur trois époques : l'année normale⁵ (1971-2000) et les horizons 2020 et 2050⁶.

Les sites d'étude ne possèdent pas de station météorologique. Nous utiliserons les données des stations météorologiques les plus proches. Ainsi :

Site	Station Météo
Mpessoba	Koutiala
Sandaré	Nioro
Mondoro	Douentza
Cinzana	Ségou
Taboye	Gao
Massantola	Bamako

Pour chacun des sites la culture sélectionnée pour l'étude est la culture principale pratiquée.

A défaut de données mesurées sur terrain, les données sur le sol sont celles par défaut, proposées par la FAO.

Les données utilisées sont reportées en annexe III.

⁵ Source : Météorologie Nationale

⁶ Source : CNRST/SCN : Etude de Scénario Climatique, 2010

I. MPESSOBA

TABLEAU 4.24: BAISSÉ DE RENDEMENT (%) DU SORGHO, DE L'ANNEE NORMALE (71-00) AUX HORIZONS 2020 ET 2050 A MPESSOBA

Année	Année normale (71 - 00)	Horizon 2020	Horizon 2050
Température moyenne	27,6	28,4	29,4
Précipitation (mm)	852,2	823,4	789,5
Baisse de rendement(%)	1,6	2,2	2,9

II. SANDARE

Le climat est de type sahélien. La pluviométrie varie de 300 à 700 mm/an. Les températures maximales atteignent 40 à 45°C.

Il existe deux saisons : l'hivernage et la saison sèche.

Les sols sont argileux, sablonneux et limoneux.

Les cultures sont de type pluvial. La principale culture est celle du sorgho (4 000 ha). On y trouve également du mil (450 ha), du maïs (300 ha), de l'arachide (850 ha), etc.

TABLEAU 4.25 : BAISSÉ DE RENDEMENT (%) DU SORGHO A SANDARE, DE L'ANNEE NORMALE (71-00) AUX HORIZONS 2020 ET 2050.

Année	Année normale (71 - 00)	Horizon 2020	Horizon 2050
Température moyenne	28,9	29,7	30,7
Précipitation (mm)	405,3	391,7	353,2
Baisse de rendement(%)	10,7	21,7	29,9

III. MONDORO

La commune de MONDORO est située en zone sahélienne. Elle se caractérise par un climat aride avec deux saisons : une saison pluvieuse de trois mois (juin, juillet et août) et une saison sèche le reste de l'année. La température maximale peut aller jusqu'à 45°C à l'ombre.

La moyenne pluviométrique tourne autour de 200 à 400 mm.

Les sols sont argilo-limoneux et sablonneux.

Les cultures pratiquées sont le mil, le riz de bas-fonds, le niébé, l'arachide, etc.

TABLEAU 4.26 : BAISSÉ DE RENDEMENT (%) DU MIL A MONDORO, DE L'ANNEE NORMALE (71-00) AUX HORIZONS 2020 ET 2050.

Année	Année normale (71 - 00)	Horizon 2020	Horizon 2050
Température moyenne	29,1	30,0	31,0
Précipitation (mm)	403,1	389,3	361,8
Baisse de rendement(%)	26,7	30,6	33,1

IV. CINZANA

La commune de CINZANA est située en zone sahélienne où alterne une saison sèche de novembre à mai et une saison pluvieuse de juin à octobre.

La moyenne annuelle des précipitations est de 600 à 750 mm.

La température moyenne oscille entre 28 et 33° C avec des pointes de 39-40°C.

Les spéculations principales sont le mil et le sorgho.

TABLEAU 4.28: BAISSÉ DE RENDEMENT (%) DU MIL A CINZANA, DE L'ANNEE NORMALE (71-00) AUX HORIZONS 2020 ET 2050.

Année	Année normale (71 - 00)	Horizon 2020	Horizon 2050
Température moyenne	28,8	29,7	30,6
Précipitation (mm)	617,1	593,9	551,0
Baisse de rendement(%)	3,7	4,7	5,9

V. TABOYE

La commune de Taboye est située dans la zone Sahélienne. Le climat est de type aride avec deux saisons principales: une saison des pluies allant de juillet à octobre et une saison sèche le reste de l'année.

La pluviométrie moyenne annuelle dépasse rarement 200 mm/an.

L'agriculture se pratique dans la vallée du fleuve Niger. Les cultures concernent essentiellement le riz de submersion et le sorgho de décrue.

TABLEAU 4.29 : BAISSÉ DE RENDEMENT (%) DU SORGHO A TABOYE, DE L'ANNEE NORMALE (71-00) AUX HORIZONS 2020 ET 2050.

Année	Année normale (71 - 00)	Horizon 2020	Horizon 2050
Température moyenne	30,4	31,3	32,4
Précipitation (mm)	187,3	179	164,3
Baisse de rendement(%)	32,3	34,2	36,7

VI. MASSANTOLA

TABLEAU 4.30 : BAISSÉ DE RENDEMENT (%) DU SORGHO A MASSANTOLA, DE L'ANNEE NORMALE (71-00) AUX HORIZONS 2020 ET 2050.

Année	Année normale (71 - 00)	Horizon 2020	Horizon 2050
Température moyenne	28,2	29,0	29,9
Précipitation (mm)	895	863.2	799.6
Baisse de rendement(%)	1,7	2,1	5.2

VII. Conclusion

De l'année normale (71-00) aux horizons 2020 et 2050, les sites d'étude seront de plus en plus soumis à des hausses de températures moyennes et des diminutions de précipitation annuelle provoquant un stress hydrique important. La conséquence sur la productivité agricole, estimée à partir du logiciel, est une réduction du rendement variant d'un site à l'autre.

Les sites de TABOYE, SANDARE et MONDORO sont particulièrement vulnérables au changement climatique en raison de leur position géographique. Les hausses de température et diminutions de précipitation seront plus accentuées en 2020 et 2050. L'effet du stress hydrique sera plus marquant. On y constatera une baisse de rendement de 21,7 à 34,2% à l'horizon 2020 et une baisse de rendement de 29,9 à 36,7% à l'horizon 2050.

Les sites de MPESSOBA, CINZANA et MASSANTOLA seront moins vulnérables. Ils connaîtront, jusqu'en 2050, une baisse de rendement faible de moins de 10%.

4.11 Mesures et options d'adaptation

4.11.1 Mesures identifiées dans le cadre du PANA

Dans le cadre du PANA, le Mali a proposé un ensemble de 19 fiches de projets prioritaires qui sont présentés par secteur ci-dessous.

RANG	TITRE DU PROJET	SECTEURS
1	1 ^{er} Vulgarisation des variétés améliorées et adaptées aux conditions climatiques des principales cultures vivrières (mil, sorgho, maïs et riz).	AGRICULTURE – ELEVAGE – PECHE - DIVERSIFICATION
2	2 ^{ème} Vulgarisation des espèces animales et végétales les mieux adaptées aux conditions climatiques.	
3	6 ^{ème} Utilisation des informations météorologiques pour améliorer la production agricole et contribuer à la sécurité alimentaire	
4	4^{ème} Aménagements aquacoles au Mali	
5	3 ^{ème} Promotion des activités génératrices de revenus et développement des mutuelles	
6	5 ^{ème} Promotion des banques de céréales	
7	7^{ème} Aménagement de bas-fonds	
8	14 ^{ème} Développement des actions CES/DRS et de compostage.	
9	15 ^{ème} Développement des cultures fourragères	
10	17 ^{ème} Promotion des Banques à Aliments pour Bétail	
11	11 ^{ème} Captage des eaux de ruissellement et restauration des points d'eau (marigot, marres et lacs)	RESSOURCES EN EAU
12	8 ^{ème} Réalisation de forages équipés de pompes solaires ou à éoliennes	ENERGIE
13	19 ^{ème} Mise en place d'un système d'information sur les risques de maladies liées aux changements climatiques	
14	18 ^{er} Promotion de l'huile de pourghère	
15	10 ^{ème} Contribution à la levée des barrières pour la promotion des applications de l'énergie solaire au Mali	FORMATION SENSIBILISATION
16	9 ^{ème} Valorisation énergétique du typha australis	
17	16 ^{ème} Elaboration d'un paquet technologique de formation des populations aux pratiques simples d'adaptation aux changements climatiques	
18	12 ^{ème} Sensibilisation, réglementation et organisation des populations pour la préservation des ressources naturelles (élaboration de conventions locales de reboisement et agroforesterie).	
19	13 ^{ème} Lutte contre les feux de brousse	

Officiellement, seul le projet le plus prioritaire a reçu un financement du Fonds des Pays les Moins Avancés par le canal du FEM. Ce projet concerne le «Renforcement des capacités d'adaptation et de résilience aux changements climatiques dans le secteur agricole au Mali». Son montant est de 2,5 Millions de Dollars US.

Spécifiquement, dans le cadre de la prévention et la gestion des catastrophes naturelles les mesures suivantes sont envisagées :

- Evaluation des risques liés aux aléas naturels (inondation pour débiter) pour les principales zones à risques du territoire et mise en place d'un Système d'information géographique pour la Gestion des Risques et des catastrophes (d'inondation pour le début)
- Elaboration du Document de Politique et de Stratégie Nationales pour la Réduction et la Gestion des Risques et des Catastrophes (R/GRC).
- Elaboration d'un Document de Plan d'Action et appui à la mise en œuvre du Plan d'Action

D'autres projets concourent en synergie pour l'atteinte des objectifs de ce projet. Ce sont entre autres les projets du tableau ci-dessous.

PAYS/ORGANISMES	TITRE DU PROJET	MONTANT (\$US)
Organisation Internationale pour les Migrations	Action pratique, recherche empirique, recommandations politiques pour prendre en compte les implications du changement climatique sur la migration et la sécurité humaine	2.250.000
OXFAM	Renforcement des capacités d'adaptation des bénéficiaires du Programme coton afin de réduire la vulnérabilité des moyens de subsistance des petits exploitants face aux changements climatiques	950.000
SIDA (SUEDE)/ (DNM)	Data collection tools for climate change integration in national statistics	2.080.000
INTERCOOPERATION SUISSE	Projet intégré Agriculture Elevage pour la sécurité alimentaire	700.000
GTZ	Renforcement de la politique nationale et stratégies d'adaptation au changement climatique	1.100.000
SUEDE	Fonds d'Adaptation pour le Réseau Climat (Société Civile)	3.000.000

Par ailleurs dans le cadre de la mise en œuvre du Programme de Développement Economique et Social (PDES) du gouvernement et de la Loi d'Orientation Agricole (LOA), le Programme d'Action de la Gestion Intégrée des Ressources en Eau (PAGIRE), plusieurs activités en cours ou programmées concourent aux objectifs d'adaptation du Mali prévus dans le cadre du PANA. La réalisation de ces activités contribuera à améliorer l'état de l'environnement et permettra en même temps à la mise en œuvre d'autres conventions comme la «Convention sur la Biodiversité» et la «Convention de Lutte contre la Désertification».

Aussi, certaines bonnes pratiques qui sont en cours ou planifiées concourent également à l'adaptation des populations locales aux effets des changements climatiques. Certaines de ces bonnes pratiques sont présentées à travers les projets ci-dessous. Beaucoup d'entre elles mériteraient d'être amplifiées ou répliquées dans d'autres localités similaires du pays.

4.11.2 Exemples de projets ou de bonnes pratiques en matière d'adaptation en cours ou planifiés qu'il faut promouvoir ou amplifier

4.11.2.1 Le Projet d'assistance agro météorologique au monde rural :

Ce Projet n'est plus à présenter ni au Mali ni à l'extérieur à cause de son succès comme mesure d'adaptation appropriée. Il a permis aux paysans de sa zone d'intervention d'augmenter les rendements des cultures, de réduire les pertes en semences et en temps de travail des paysans. Cette expérience qui est un cas de réussite en matière d'adaptation à la forte variabilité spatio temporelle de la pluviométrie mérite d'être soutenue et amplifiée. C'est ainsi que cette extension est en cours à travers plusieurs initiatives nationale des services de l'Etat comme des ONG et autres partenaires. Parmi ces cas, on peut citer les projets financés en partie par les fonds PMA (dans le cadre de la mise en œuvre du PANA) et mis en œuvre par la Direction nationale de l'Agriculture avec l'accompagnement du PNUD et de la FAO.

Quant à l'Opération d'ensemencement des nuages, elle a aussi fait ses preuves selon toutes les évaluations effectuées. Elle s'est révélée être une bonne méthode d'adaptation spatio- temporelle contre la très forte variabilité climatique. Elle mérite aussi d'être soutenue.

4.11.2.2 Le Projet OUAN

I. Motivations

- Le déficit pluviométrique généralisé à cause de la pluviosité qui est insuffisante et irrégulière ce qui compromet les cultures ;
- le taux d'évaporation généralement élevé pendant la période de croissance des cultures ;
- la faible capacité d'absorption (en très peu de temps) des sols en eaux de ruissellement des pluies (généralement torrentielles) tombée en si peu de temps ; et cela engendre des ruissellements superficiels importants ;
- la nécessité d'utiliser le plus efficacement le peu d'eau disponible.

II. Pression

- surexploitation des ressources forestières ;
- surpâturage ;
- agriculture extensive

III. Options d'adaptation

La technique du contour trenching vise à :

- Réduire l'érosion hydrique ;
- Augmenter l'infiltration des eaux de pluie ;
- Capturer et stocker l'eau de ruissellement ;
- Conserver et améliorer la fertilité des sols ;
- Protéger la zone en aval du terrain aménagé contre les inondations

Pour permettre une fixation des cordons pierreux, les digues des tranchées et permettre aux femmes de tirer un revenu sur le site :

- 2.395 plants de Henné (*Lawsonia inermis*) ont été plantés le long des cordons pierreux ;
- Aux abords des remblais des tranchées : 922 plants de Baobab, 7 plants de Moringa (*Moringa pterygosperma*), de 13 plants de Néré (*Parkia biglobosa*), ont été plantés ;
- Sur les digues et aux bords supérieurs des fosses vers les superficies de culture, 1000 plants de Pourghère (*Jatropha curcas*) ont été mis en place.



4.11.2.3 Le Projet TKLM

1. Motivation

- Faible pluviométrie (300-600 mm) et sa mauvaise répartition dans le temps et dans l'espace (la pluviométrie est concentrée sur seulement trois à quatre mois dans l'année) ;

- La région de Kayes, située dans le Sahel, à l'extrême Ouest du pays, est confrontée à la désertification et aux problèmes d'eau ;

2. Pression

- Surexploitation des ressources naturelles ;
- Surpâturage ;
- Climatique.

3. Objectifs

Ce programme a pour objectif d'accompagner les acteurs locaux dans une démarche globale et intégrée de la gestion de leurs ressources naturelles sur le bassin versant Térékolé-Kolimbiné-Lac Magui (TKLM).

Les 3 objectifs principaux du programme sont:

- La gouvernance locale avec la maîtrise de la décision et de l'action dans le contexte malien caractérisé par la décentralisation ;
- La gestion intégrée des ressources en eau et des ressources qui en dépendent ;
- L'amélioration de la sécurité alimentaire en région de Kayes

4. Sécurisation du potentiel agro-sylvo-pastorale

- 7 seuils maçonnés
- 2 diguettes filtrantes
- 4 puits pastoraux
- 6 ha reboisés
- 2500 m de haies vives en pourghère.

5. Diffusion des acquis et capitalisation

- 1 base de données réalisée
- 18 cartes thématiques ;
- 3 émissions radio ;
- 2 posters
- 2 plaquettes réalisées.

4.11.2.4 Le projet du Barrage de Taoussa (en cours de construction)

I. Motivation

Les populations durement frappées par :

- la destruction des pâturages ;
- la perte des terres agricoles et
- la réduction des zones halieutiques sous l'effet de l'érosion hydrique et de l'érosion éolienne.

II. Pression

- ensablement du fleuve Niger ;
- diminution du débit d'étiage ;
- forte évaporation.
- Surpâturage ;
- Climatique (insuffisance des crues) ;
- Surexploitation des ressources halieutiques.

III. Mesures d'adaptation

- L'ouvrage va réguler le régime du fleuve avec des débits d'étiage à l'aval minimum de 75 m³ par an garantis pour la République du Niger. Ce qui permettra de développer des périmètres irrigués ;
- La construction de cet ouvrage assurera également la continuité du transport fluvial et routier par la création d'une jonction entre le trafic fluvial de Tombouctou à Taoussa et une route de Taoussa à Gao, sur 130 km ;
- Un port de pêche sera implanté en vue de développer ce secteur qui concerne, à ce jour, plus de 30 000 personnes. Actuellement, le potentiel de pêche se limite seulement à 50 kg par habitant avec une production annuelle moyenne de 8 000 tonnes ;

Il faut, à ce propos, noter que les effets bénéfiques du barrage de Taoussa toucheront directement, à terme, environ 2 millions de personnes. Le taux d'activité de la population passera de 42% à 87%. Le revenu annuel moyen par habitant dans la zone du projet atteindra 1000 dollars (500 000fcfa environ) contre moins de 200 (100 000fcfa) actuellement.

La production céréalière (riz, sorgho, blé) va décupler pour passer de 46 670 à 468 163 tonnes. La submersion contrôlée bénéficiera à 84 000 ha avec un rythme d'aménagement de 2 800 ha/an. Les périmètres irrigués s'étendront sur 45 000 ha avec un rythme d'aménagement de 700 ha/ an pendant les 5 premières années, 1 300 ha/ an les 10 années suivantes et 1900 ha/ an les 15 dernières années ;

Le projet vise également à améliorer la production des aliments bétail. Il est ainsi prévu un accroissement significatif des périmètres fourragers (bourgou : *echinocloa stagnina*), soit environ 1000 ha/ an. Cette augmentation aura une incidence sur la taille du cheptel, qui progressera de 3% par an. Les bovins passeraient de 395. 000 actuellement à 790. 000 UBT (un UBT correspond à une

bête de 450 kg qui paît sur 1ha). Les ovins caprins de 1,9 million à 2,375 millions UBT et les exportations de 17. 000 à 80. 000 UBT/an ;

La productivité de la pêche progressera de 40 à 50 kg/ ha avec une production qui passerait de 8. 000 à 13. 000 tonnes/ an. De 3000, le nombre de pêcheurs se hissera à 4500 tandis que le volume de la commercialisation des produits de pêche passera de 4000 à 7800 tonnes/an ;

Le barrage fournira de l'électricité grâce à l'installation d'une centrale hydroélectrique qui produira 90 des 135 GWh de la demande locale. Celle-ci et la centrale du barrage de kandadji au Niger, formeront un embryon de réseau interconnecté entre les deux pays. Ce grand projet est destiné, à terme, à atteindre l'autosuffisance alimentaire et vaincre la pauvreté rurale dans les trois régions du Mali.

4.11.2.5 Le projet de réhabilitation du Système Faguibine :

Le système Faguibine est formé de plusieurs lacs dont l'alimentation en eau est faite à partir de la crue du fleuve Niger à travers des chenaux. Suite à l'ensablement lié aux changements climatiques et à la baisse du niveau de pluviométrie, les chenaux se sont bouchés d'une part et le déficit pluviométrie d'autre part ne permet pas de crue importante. Le lac Faguibine s'est alors considérablement rétrécis compromettant su coup les moyens de subsistance et les activités de développement liées au lac.

Le Projet de réhabilitation du Système Faguibine vise à restaurer les chenaux et à faire des aménagements pour permettre les activités de développement qui étaient liées à la fonctionnalité du système.

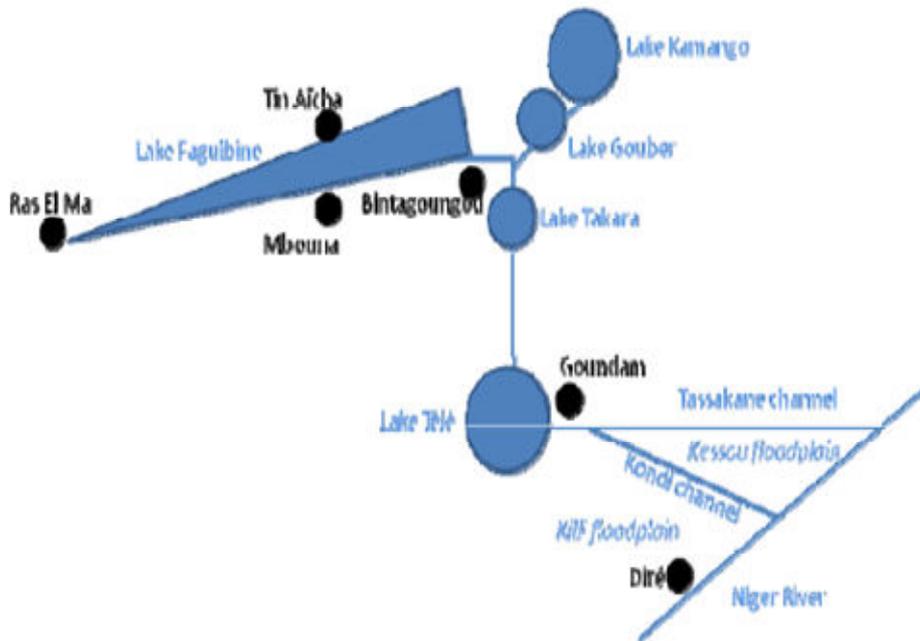


FIGURE 4.20 : SCHEMA DE FONCTIONNEMENT DU SYSTEME FAGUIBINE

Les images ci-dessous illustrent la réduction des superficies inondées entre 1975 (photo à gauche au dessus) et 2006 (photo à droite en bas)

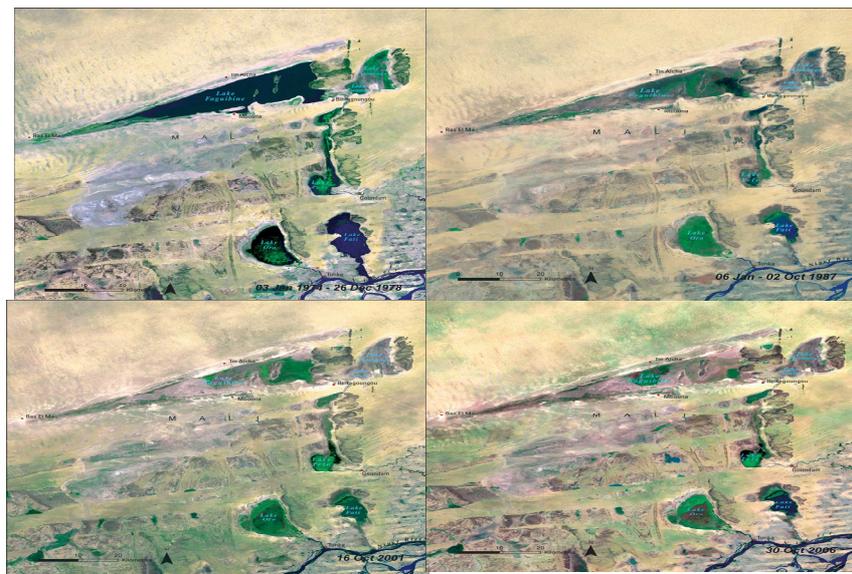


FIGURE 4.21: ILLUSTRATION DE LA REDUCTION DES SUPERFICIES INONDEES SUITE A L'ENSABLEMENT DES CHENAUx NATURELS D'ALIMENTATION DES DIFFERENTS LACS

4.11.2.6 Le Projet du Système de Riziculture Intensive (SRI) de Tombouctou

La méthode introduite en 2007 dans la région de Tombouctou avec un seul volontaire, a convaincu en trois saisons 300 adhérents.

Le SRI est un exemple de relance locale de développement agricole qui marche. SRI est une méthodologie pour augmenter la productivité des cultures de riz irriguée en changeant la gestion des plantes, du sol, de l'eau et des nutriments. Les pratiques de SRI conduisent à des plantes ainsi qu'un sol plus sain et plus productif car elles privilégient une pousse des racines plus importante et encouragent l'abondance et la diversité des organismes du sol.

Le SRI est une méthode destinée à augmenter la productivité de la culture du riz irrigué en changeant la gestion des plants, du sol, de l'eau et des nutriments tout en réduisant les intrants externes. Elle est basée sur des principes comme le repiquage d'un seul plant par poquet, le repiquage des plants au stade de deux feuilles (âgée de 8-12 jours), un écartement de 25 cm ou plus entre les plants, la plantation en ligne, l'application minimale de l'eau pendant la période de croissance végétative en maintenant le sol humide, mais bien drainé et aéré, le sarclage qui se pratique 4 fois tous les 7 à 10 jours à l'aide d'une sarceuse mécanique simple et le plus important des principes : l'application de la fumure organique (fumier, compost ou paillis) qui permet de réduire ou d'exclure l'utilisation des engrais chimiques.

Avec SRI, les fermiers augmentent normalement leurs récoltes de 50% à 100% parce que la population des plantes est largement réduite avec SRI, le coût des graines est réduit de 80-90%, et parce que les rizières ne sont pas continuellement inondées, il y a une économie d'eau de 25 à 50%. Néanmoins, cette cessation d'inondation veut dire qu'un désherbage plus important est nécessaire. Si ceci est exécuté avec un outillage qui gazéifie le sol comme une binette rotative, ce coût a l'avantage d'augmenter la production des récoltes.

4.11.2.7 Les Projets de Gestion Durable des Terre (GDT) :

L'utilisation rationnelle des terres qui s'appuie sur les axes d'intervention de la GDT permet d'une part de réduire leur vulnérabilité (y compris face aux changements climatiques) contre la dégradation mais aussi d'atténuer les impacts négatifs des changements climatiques par l'amélioration de la productivité et la réhabilitation des terres dégradées (y compris suite aux changements climatiques).

Ainsi, en général les techniques de GDT sont des techniques d'adaptation aux Changements climatiques.

Exemples de techniques de GDT appliquées au Mali comme techniques d'adaptation et/ou d'atténuation aux changements.

I. Culture suivant les courbes de niveau



II. Promotion des techniques culturales CES /DRS comme le ZAI



III. Captage des eaux de pluies



IV. Fixation des dunes de sable



V. Promouvoir le reboisement et la gestion foncière durable des terres



CHAPITRE 5 BESOINS EN RENFORCEMENT DES CAPACITES

Sur la base des concertations auprès des différents acteurs, des expériences vécues et des études réalisées dans le domaine des changements climatiques au Mali notamment dans le cadre de la Communication Nationale Initiale (CNI), de l’auto évaluation de la CNI, du Programme d’Action

National d’Adaptation aux Changements Climatiques (PANA), de l’évaluation des besoins de renforcement de capacité, de l’identification des besoins en matière de transfert de technologie, des études du NCAP, les besoins suivants ont été identifiés.

TABLEAU 5.1: SYNTHÈSE DES BESOINS DE RENFORCEMENT DES CAPACITÉS INDIVIDUELS

Faiblesses /scontraintes	Besoins de renforcement des capacités	Actions prioritaires
Faible participation des citoyens aussi bien au niveau national qu’au niveau régional dans les actions de mise en œuvre de la Convention	○ Augmentation de la sensibilisation, de la compréhension et la compétence des citoyens à tous les niveaux sur effets des changements climatiques;	<ul style="list-style-type: none"> - Sensibiliser et responsabiliser tous les acteurs, tant au niveau central qu’au niveau des régions ; - élaboration au niveau décentralisé de stratégies de communications locales ; - élaborer des politiques et stratégies locales (plans de développement, régionaux, et communaux) en adéquation avec les orientations nationales - améliorer et intensifier les programmes de sensibilisation du public ; - mettre au point et produire du matériel pour la sensibilisation du public ; - organiser des sessions de formation sur les évaluations des impacts des changements climatiques sur les différents secteurs socio-économiques du pays ainsi que sur les mesures d’adaptation pour y faire face,

TABLEAU 5.2: BESOINS DE RENFORCEMENT DES CAPACITES POUR LA MOBILISATION DES RESSOURCES FINANCIERES

Faiblesses/ contraintes	Besoins de renforcement des capacités	Actions prioritaires
<p>Faible niveau de financement des projets portant sur les changements climatiques, notamment dans le domaine de la recherche et les priorités identifiées dans le cadre du PANA;</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Mobilisation des ressources en faveur des projets portant sur les changements climatiques notamment dans le domaine de la recherche ; ○ Maîtrise des mécanismes et des procédures de financement des partenaires multi et bilatéraux ; ○ Maîtrise des outils et mécanisme du marché du carbone 	<ul style="list-style-type: none"> - Former les acteurs régionaux sur l'élaboration des projets et procédures de financement des partenaires de bi et multilatéraux ; - Mettre en place le Fonds National pour l'Environnement et ses mécanismes d'alimentation et de financement ; - Formation des cadres dans le domaine planification - Mise en place d'un groupe d'experts ; - organisation de sessions de formation
<p>Insuffisance des moyens financiers nécessaires pour le fonctionnement du point focal national, d'un éventuel comité de pilotage et des structures décentralisées de la mise en oeuvre de la Convention</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Accroissement des allocations au point focal 	<ul style="list-style-type: none"> - Inscription sur le budget d'une contribution au fonctionnement des points focaux CC ; - Recherche de soutiens financiers additionnels auprès des partenaires

TABLEAU 5.3: BESOINS DE RENFORCEMENT DES CAPACITES TECHNIQUES DES INSTITUTIONS CHANGEES DE LA GESTION DES QUESTIONS RELATIVES AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Faiblesses/contraintes	Besoins de renforcement des capacités	Actions prioritaires
Méconnaissance des phénomènes liés aux changements climatiques au Mali	○ accroître les performances des institutions de recherche scientifique et de recherche – développement dans divers domaines liés aux changements climatiques.	○ Stimuler des programmes de recherche visant à renforcer la place des énergies renouvelables au Mali et à développer des filières agricoles en conditions difficiles. ○ Assurer la formation des chercheurs des institutions

TABLEAU 5.4 : BESOINS DE RENFORCEMENT DES CAPACITES TECHNIQUES

Faiblesses / contraintes	Besoins de renforcement des capacités	Actions prioritaires
Faible expertise dans le domaine des changements climatiques	○ Renforcer les capacités des institutions de recherche scientifique et de recherche – développement dans divers domaines liés aux changements climatiques ;	○ Stimuler des programmes de recherche visant à renforcer la place des énergies Renouvelables au Mali et à développer des filières agricoles en conditions difficiles ; ○ Octroyer de bourses d'études et de perfectionnement pour la formation spécialisée ; ○ Former les cadres techniques à détermination des coefficients d'émission adaptés au contexte national;
Insuffisance et/ou manque de données dans plusieurs domaines liés aux changements climatiques à la fois aux national, régional et local	○ Acquisition de données fiables à l'élaboration des scénarii de Changements Climatiques. sur les changements climatiques.	- Doter de dispositifs adéquats de collecte et d'archivage (bases de données non informatisées) des données, - Doter de mécanisme de analyse et de communication pour la plupart des services producteurs de données ; - Renforcement du réseau de collecte de données ;
Insuffisance de l'expertise nationale en matière d'inventaire des gaz à effet de		- Organisation de séminaires de formation sur la méthodologie de préparation des inventaires de GES à l'attention ;

<p>serre ;</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Instaurer aux niveaux régional et local d'un système permanent de collecte, d'analyse ; d'observation et de suivi de l'évolution des paramètres permettant d'évaluer les inventaires de GES et les impacts du CC par l'Etat ; - Mettre en place un réseau d'information sur les données du SAP dans les différentes Régions
<p>Insuffisance de formations scientifiques sur certains aspects de vulnérabilité, d'adaptation et d'atténuation ;</p>	<p>○ Développement de compétences techniques pour mener à bien des évaluations de la vulnérabilité</p>	<ul style="list-style-type: none"> - renforcer et intensifier les formations sur les évaluations de la vulnérabilité et des mesures d'adaptation ; - former les acteurs sur les modèles et des outils nécessaires à l'analyse des mesures et l'élaboration des scénarii d'atténuation ; - Diffusion du Programme d'Action National d'adaptation aux effets néfastes des CC (PANA);
<p>Insuffisance de diffusion de la communication nationale initiale du niveau national vers le niveau local.</p>	<p>○ Appropriation de la communication nationale initiale par les acteurs, notamment la société civile et les acteurs régionaux ;</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Organisation de séminaires d'information et de diffusion de la CNI - Traduire les supports dans les différentes langues nationales et organiser de vastes campagnes de sensibilisation dans les radios de proximité et à la Télévision nationale.

TABLEAU 5.5 : BESOINS DE RENFORCEMENT DES CAPACITES SYSTEMIQUE

Faiblesse/contraintes	Besoins de renforcement des capacités	Actions prioritaires
Faible coordination des actions dans le domaine des changements climatiques	Mise en synergie des interventions des ONG, des services techniques, et du secteur privé ;	<ul style="list-style-type: none"> - Créer un Comité National sur le Climat et ses démembrements délocalisés comme cadres de concertation pour les différents acteurs - Mise en place d'un cadre de concertation opérationnel entre les différents acteurs au niveau régional. - Désignation de points focaux Changement Climatique au niveau régional;
incivisme de la population pour l'application des textes réglementaires	vulgarisation des textes législatifs et réglementaires	<ul style="list-style-type: none"> - Séminaires de sensibilisation pour l'application des textes législatifs et réglementaires pour la protection de l'environnement par les services techniques - Généraliser le programme environnemental et de changements climatiques dans le curriculum de l'Enseignement Fondamental
Difficulté d'accès aux technologies propres à cause de leur coût, notamment les techniques d'utilisation des énergies de substitution et des énergies renouvelables	Maîtrise des opportunités du Protocole de Kyoto	<ul style="list-style-type: none"> - Mener des activités de promotion et de vulgarisation - Former les artisans locaux à la fabrication de certaines technologies propres - Activités de recherche adaptative - lever des barrières institutionnelles et réglementaires

La synthèse des besoins a été formulée dans les recommandations suivantes :

RECOMMANDATIONS:

- Le renforcement de l'information et de la sensibilisation de tous les acteurs sur le contenu de la Convention cadre des Nations Unies sur les Changements climatiques ;
- L'information de tous les acteurs sur le processus de mise en œuvre de la Convention au sur le plan international et particulièrement au Mali ainsi que sur toutes les activités qui ont été menées dans ce sens ;
- La création de points focaux locaux (régions administrative) sur les changements climatiques ;
- La création du Comité National sur le Climat et ses démembrements délocalisés comme cadres de concertation pour les différents acteurs ;

- La formation des acteurs nationaux aux différents aspects des changements climatiques notamment à la mobilisation des ressources financières disponibles au plan international au titre de la mise en œuvre de la Convention;
- Le renforcement des structures nationales d'observation systématique et de collecte de données pouvant servir aux études sur les changements climatiques;
- La recherche de financement et de coopération techniques et scientifiques pour faire face aux enjeux d'adaptation aux changements climatiques et d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre.

ANNEXES

A INVENTAIRES DE GES : MODULE ENERGIE

a) Les combustibles fossiles

PRODUITS	SECTEURS	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Bois de feu (000 tonnes)	Ménages	5 050,80	5 172,97	5 307,50	5 427,69	5 585,21	5 758,17	5 915,01	6 071,68	6 190,82
	Collec+Infor	18,73	19,92	20,28	22,82	26,97	32,25	35,34	38,07	41,37
	Industrie	6,17	6,76	7,08	6,80	6,74	5,97	6,56	5,98	5,30
TOTAL BOIS DE FEU		5 075,71	5 199,65	5 334,86	5 457,31	5 618,91	5 796,39	5 956,92	6 115,73	6 237,50
Charbon de bois (000 tonnes)	Ménages	64,87	68,64	70,01	75,29	83,01	87,44	93,99	100,90	105,43
	Collec+Infor	2,93	3,48	3,83	4,91	6,55	8,36	9,12	10,23	10,97
	Industrie	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total charbon		67,80	72,12	73,84	80,20	89,56	95,80	103,11	111,13	116,40
Equivalent bois du char. (000 tonnes)	Ménages	454,09	480,48	490,07	527,03	581,07	612,08	657,93	706,3	738,01
	Collec+Infor	20,51	24,36	26,81	34,37	45,85	58,52	63,84	71,61	76,79
	Industrie	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL équivalent bois		474,6	504,84	516,88	561,4	626,92	670,6	721,77	777,91	814,8

Source: CCL/SED H.Konandji: L'évolution de la demande de bois-énergie au Mali, Bamako 1998

		Consommation bois énergie (x 1000 tonnes)								
		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Ménages		5 550,30	5 701,50	5 846,58	6 007,42	6 224,38	6 431,46	6 638,74	6 848,61	7 002,63
Collect. + Inform.		41,29	46,71	49,77	60,63	77,40	96,62	105,56	116,84	125,84
Industrie		6,17	6,76	7,08	6,80	6,74	5,97	6,56	5,98	5,30
Total		5 597,77	5 754,97	5 903,43	6 074,85	6 308,53	6 534,05	6 750,86	6 971,43	7 133,78

		Consommation Bois Energie (x 1000 tonnes)											
		1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Ménages		6431,458	6638,735	6848,607	7002,633	7165,709	7943,873	7871,406	7615,592	8152,104	10419,823	11153,890	11708,052
Collect.+Inf.		96,618	105,565	116,839	125,842	128,773	99,299	98,393	95,195	101,901	130,248	139,424	152,326
Industrie		5,970	6,565	5,980	5,300	5,423	8,186	8,111	7,847	8,400	10,737	11,493	12,097
Total		6534,045	6750,864	6971,426	7133,775	7299,905	8051,358	7977,909	7718,634	8262,406	10560,808	11304,808	11872,475
Remarques sur ce tableau :													
Le total de 1999 est calculé à partir de la consommation totale Bois énergie de 1998 et de la croissance annuelle globale 97-98 de 2,33%.													
<i>Exemple :</i>		<i>Cons. Totale Bois énergie 1999 en T = Cons. Bois énergie 1998 en T x (1 + Evolution globale 97-98 de 2,33%)</i>											
Les consommations sectorielles de 1999 sont calculées à partir de la Cons. Totale de 1999 et des proportions sectorielles respectives de 1998.													
<i>Exemple :</i>		<i>Cons. Bois éner. Ménages 1999 en T = Cons. Bois éner. 1999 en T x Proportion Ménage 1998 de 98,162 %</i>											
Les totaux de 2000, 2002 et 2004 sont calculés sur la base du bilans énergétiques respectifs													
<i>Exemple :</i>		<i>Cons. Bois énergie 2000 en T = (Cons. Energ. Tradit. 2000 en tep) x 42,6216 GJ/tep) / (PC de 15,5 GJ/T)</i>											
Les totaux de 2001, 2003 et 2005 sont calculés sur la base des bilans énergétiques (2000, 2002 et 2004) et de leur évolution													
annuelle moyenne (entre 00 et 02 ; entre 02 et 04).													

	<i>Exemple :</i> $Cons. Bois \acute{e}nergie\ 2001\ en\ T = Cons. Bois \acute{e}nergie\ 2000\ en\ tonnes \times (1 + Evolution\ Bilan\ \acute{e}nerg\acute{e}tique\ entre\ 2000\ et\ 2002)$											
	Les consommations sectorielles de 2000 à 2005 sont calculées à partir de la Cons. Tot. de l'année correspondant et des											
	proportions moyennes sectorielles.											
	<i>Exemple :</i> $Cons. Bois \acute{e}nerg. M\acute{e}nages\ 2000 = Cons. Tot. Bois \acute{e}nerg. 2000\ en\ T \times Proportion\ Moyenne\ M\acute{e}nages\ de\ 98,665\%$											
Taux d'évolution du Bois énergie												
	90-91	91-92	92-93	93-94	94-95	95-96	96-97	97-98	98-99	99-00	00-01	
Ménages	2,72%	2,54%	2,75%	3,61%	3,33%	3,22%	3,16%	2,25%	2,33%	10,86%	-0,91%	
Collect.+Inf.	13,12%	6,55%	21,82%	27,66%	24,83%	9,26%	10,68%	7,71%	2,33%	-22,89%	-0,91%	
Industrie	9,55%	4,85%	-4,08%	-0,76%	-11,48%	9,96%	-8,91%	-11,37%	2,33%	50,94%	-0,91%	

01-02	02-03	03-04	04-05	Moyenne
-3,25%	7,04%	27,82%	7,04%	4,97%
-3,25%	7,04%	27,82%	7,04%	9,25%
-3,25%	7,04%	27,82%	7,04%	5,25%

	90-91	91-92	92-93	93-94	04-95	95-96	96-97	97-98	Moyenne
Ménages	2,72%	2,54%	2,75%	3,61%	3,33%	3,22%	3,16%	2,25%	2,95%
Collect. + Inform.	13,12%	6,55%	21,82%	27,66%	24,83%	9,26%	10,68%	7,71%	15,20%
Industrie	9,55%	4,85%	-4,08%	-0,76%	-11,48%	9,96%	-8,91%	-11,37%	-1,53%
Evolution globale	2,81%	2,58%	2,90%	3,85%	3,57%	3,32%	3,27%	2,33%	3,08%

BILANS ENERGETIQUES (Source : DNE, 2004)											
	Consommation (x 1000 tep)						Proportions par énergie				
	1992	1995	2000	2002	2004		1992	1995	2000	2002	2004
Energies traditionnelles	1627,40	2354,00	2928,00	2807,00	3840,60		88,85%	88,89%	86,72%	84,82%	86,86%
Produits pétroliers	179,47	270,91	407,66	424,00	534,23		9,80%	10,23%	12,07%	12,81%	12,08%
Electricité	24,66	23,34	40,64	78,43	46,52		1,35%	0,88%	1,20%	2,37%	1,05%
Total	1831,53	2648,25	3376,30	3309,43	4421,35						
							Evolution				
PC moyen des produits pétroliers :		44,16	GJ/T				92-95	95-00	00-02	02-04	Moyenne
Pouvoir calorifique du bois :		15,5	GJ/T	Energies tradition.			5,49%	1,91%	-0,91%	7,04%	3,38%
Conversion	1 tep =	42,6216	GJ								

b) Les hydrocarbures

	Importations Hydrocarbures (tonnes)											
	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Essence	69 414	66 559	61 320	62 166	66 382	79 570	91 980	96 888	86 515	90 596	83 345	76 984
Super	3 504	13 797	22 514	22 913	26 794	14 805	9 176	10 136	8 305	12 585	20 605	25 209
Gasoil	118 901	144 022	182 162	202 310	225 956	241 531	276 049	277 904	216 066	239 820	354 970	411 881
DDO	46 112	51 947	64 707	68 197	76 202	82 873	97 037	55 338	110 879	121 411	40 307	34 609
Fuel Oil	5 080	6 811	5 633	490	271	7 193	1 900	1 673	108	182	656	1 764
JET Av	16 855	15 656	21 600	29 377	32 209	24 191	24 640	21 150	20 317	19 731	23 876	20 245
Pétrole	30 040	34 051	42 220	53 790	50 191	43 600	44 285	44 648	28 762	35 498	31 315	32 183
GPL	1 747	1 936	2 252	2 262	2 938	2 621	3 740	2 740	3 179	3 428	3 757	4 119
L'importation GPL de 2005 est une estimation à partir de l'import GPL de 2004 et de la moyenne des taux de croissance annuel entre 1995 et 2004, de 9,61%.												
<i>Exemple :</i>	<i>Import GPL en T = Import GPL 2004 en T x (1 + Moyenne Taux annuel de 9,61%).</i>											
Lubrifiants (3% PP)	8697	9985	12005	13177	14340	14813	16352	15232	14129	15595	16652	446 490

c) L'électricité

Transformation

En litres	DDO ou GO	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Total réseau interconnecté		14 139 400	23 007 600	30 677 264	37 419 193	47 698 543	60 102 399
Total Centres Isolés	DDO+GO	9 288 861	8 531 636	13 060 836	15 988 700	15 664 354	14 900 766
dont	DDO	21 393 856	28 984 947	40 444 510	48 863 464	8 724 276	11 319 428
et	GO	2 034 405	2 554 289	3 293 590	4 544 429	6 940 078	3 581 338
Total EDM	DDO+GO	23 428 261	31 539 236	43 738 100	53 407 893	63 362 897	75 003 165

Production d'électricité

INDUSTRIES MINIERES (EXTRACTIVES)						
<i>(fonctionnelles en 2000)</i>						
SOCIETES	Nombre	Capacite	Puissance	Energie	Consomm.	Consomm.
	Groupes	installée	de pointe	produite	combustibles	spécifique
		(kW)	(kW)	(kWh)	(l)	(l/kWh)
MORILA	5	29 000	15 500	114 000 000	30 000 000	0,263
SEMOS	19	20 000	10 340	88 365 498	23 623 111	0,267
SYAMA	18	27 000	20 000	66 540 000	18 258 780	0,274
YATELA	4	7 300		63 072 000	16 922 114	0,268

Tableaux de résultats des calculs des émissions de gaz à effet de serre pour différentes années

RESULTATS 2000

TABLE 1 SECTORAL REPORT FOR ENERGY							
(Sheet 1 of 3)							
SECTORAL REPORT FOR NATIONAL GREENHOUSE GAS INVENTORIES							
(Gg)							
GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	NMVOC	SO ₂ ⁽¹⁾
Total Energy	1514,92	34,74	0,47	21,04	596,86	75,73	0,00
A Fuel Combustion Activities (Sectoral Approach)	1514,92	34,74	0,47	21,04	596,86	75,73	0,00
1 Energy Industries	397,85	0,02	0,00	1,09	0,08	0,03	0,00
c Manufacture of Solid Fuels and Other Energy Industries							
2 Manufacturing Industries and Construction	242,95	0,01	0,00	0,66	0,03	0,02	0,00

GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	NMVOC	SO ₂ ⁽¹⁾
Total Energy	1514,92	34,74	0,47	21,04	596,86	75,73	0,00
Equivalence	1	21	310				
Equivalent CO2	1514,92	729,54	145,7				

TABLE 1 SECTORAL REPORT FOR ENERGY							
(Sheet 2 of 3)							
SECTORAL REPORT FOR NATIONAL GREENHOUSE GAS INVENTORIES							
(Gg)							
GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES	CO₂	CH₄	N₂O	NO_x	CO	NMVOC	SO₂
3 Transport	672,46	0,11	0,01	6,68	8,22	7,32	0,00
a Civil Aviation	30,92	0,00	0,00	0,13	0,04	0,02	
b Road Transportation	614,74	0,11	0,01	6,08	7,81	7,23	
c Railways	18,55	0,00	0,00	0,30	0,25	0,05	
d Navigation	8,25	0,00	0,00	0,17	0,11	0,02	
e Other (please specify)	0,00						
Pipeline Transport	0,00						
4 Other Sectors	201,66	34,61	0,46	12,61	588,52	68,36	0,00
a Commercial/Institutional	0,45	0,56	0,01	0,20	10,46	1,01	
b Residential	145,73	34,05	0,45	11,64	577,43	67,22	
c Agriculture/Forestry/Fishing	55,47	0,00	0,00	0,77	0,63	0,13	
5 Other (please specify)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
B Fugitive Emissions from Fuels	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1 Solid Fuels	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
a Coal Mining		0,00					
b Solid Fuel Transformation							
c Other (please specify)							
2 Oil and Natural Gas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
a Oil		0,00		0,00	0,00	0,00	0,00
b Natural Gas		0,00					
c Venting and Flaring		0,00					

TABLE 1 SECTORAL REPORT FOR ENERGY							
(Sheet 3 of 3)							
SECTORAL REPORT FOR NATIONAL GREENHOUSE GAS INVENTORIES							
(Gg)							
GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	NMVOC	SO ₂
Memo Items ⁽¹⁾							
International Bunkers	45	0	0	0	0	0	0
Aviation	45	0	0	0	0	0	0
Marine	0	0	0	0	0	0	0
CO₂ Emissions from Biomass	1 253 979						
(1) Please do not include in energy totals.							

TABLE 1 SECTORAL REPORT FOR ENERGY							
(Sheet 1 of 3)							
SECTORAL REPORT FOR NATIONAL GREENHOUSE GAS INVENTORIES							
(Gg)							
GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	NMVOC	SO ₂ ⁽¹⁾
Total Energy	1564,54	33,33	0,45	21,05	573,82	73,80	0,00
A Fuel Combustion Activities (Sectoral Approach)	1564,54	33,33	0,45	21,05	573,82	73,80	0,00
1 Energy Industries	408,69	0,02	0,00	1,11	0,08	0,03	0,00
c Manufacture of Solid Fuels and Other Energy Industries							
2 Manufacturing Industries and Construction	231,97	0,02	0,00	0,67	0,69	0,03	0,00
(1) Please provide links from Worksheet 1-4 for each sector where applicable.							

GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	NMVOC	SO ₂ ⁽¹⁾
Total Energy	1564,54	33,33	0,45	21,05	573,82	73,80	0,00
Equivalence	1	21	310				
A Fuel Combustion Activities (Sectoral Approach)	1564,54	699,93	139,5				

TABLE 1 SECTORAL REPORT FOR ENERGY							
(Sheet 2 of 3)							
SECTORAL REPORT FOR NATIONAL GREENHOUSE GAS INVENTORIES							
(Gg)							
GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	NMVOC	SO ₂
3 Transport	717,03	0,12	0,01	7,12	8,80	8,20	0,00

a Civil Aviation	27,04	0,00	0,00	0,11	0,04	0,02	
b Road Transportation	662,46	0,12	0,01	6,52	8,38	8,10	
c Railways	19,06	0,00	0,00	0,31	0,26	0,05	
d Navigation	8,47	0,00	0,00	0,17	0,12	0,02	
4 Other Sectors	206,85	33,18	0,44	12,15	564,25	65,55	0,00
a Commercial/Institutional	0,47	0,53	0,01	0,19	10,03	0,97	
b Residential	149,39	32,64	0,43	11,17	553,57	64,45	
c Agriculture/Forestry/Fishing	56,98	0,00	0,00	0,79	0,65	0,13	

TABLE 1 SECTORAL REPORT FOR ENERGY							
(Sheet 3 of 3)							
SECTORAL REPORT FOR NATIONAL GREENHOUSE GAS INVENTORIES							
(Gg)							
GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES	CO₂	CH₄	N₂O	NO_x	CO	NMVOC	SO₂
Memo Items ⁽¹⁾							
International Bunkers	39,72	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Aviation	39,72	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Marine	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CO₂ Emissions from Biomass	1 202 158						
(1) Please do not include in energy totals.							

TABLE 1 SECTORAL REPORT FOR ENERGY							
(Sheet 1 of 3)							
SECTORAL REPORT FOR NATIONAL GREENHOUSE GAS INVENTORIES							
(Gg)							
GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES	CO₂	CH₄	N₂O	NO_x	CO	NMVOC	SO₂⁽¹⁾
Total Energy	1 608	46	1	26	782	98	0
A Fuel Combustion Activities (Sectoral Approach)	1 608	46	1	26	782	98	0
1 Energy Industries	443	0	0	1	0	0	0
2 Manufacturing Industries and Construction	246	0	0	1	1	0	0
(1) Please provide links from Worksheet 1-4 for each sector where applicable.							

GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES	CO₂	CH₄	N₂O	NO_x	CO	NMVOC	SO₂⁽¹⁾
Total Energy	1 608	46	1	26	782	98	0
Equivalence	1	21	310				
A Fuel Combustion Activities (Sectoral Approach)	1 608	966	310				

TABLE 1 SECTORAL REPORT FOR ENERGY							
(Sheet 2 of 3)							
SECTORAL REPORT FOR NATIONAL GREENHOUSE GAS INVENTORIES							
(Gg)							
GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	NMVOC	SO ₂
3 Transport	734	0	0	7	9	8	0
a Civil Aviation	25	0	0	0	0	0	
b Road Transportation	679	0	0	7	9	8	
c Railways	21	0	0	0	0	0	
d Navigation	9	0	0	0	0	0	
4 Other Sectors	184	45	1	16	772	90	0
a Commercial/Institutional	1	1	0	0	14	1	
b Residential	122	45	1	15	757	88	
c Agriculture/Forestry/Fishing	62	0	0	1	1	0	

TABLE 1 SECTORAL REPORT FOR ENERGY							
(Sheet 3 of 3)							
SECTORAL REPORT FOR NATIONAL GREENHOUSE GAS INVENTORIES							
(Gg)							
GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	NMVOC	SO ₂
Memo Items ⁽¹⁾							
International Bunkers	37	0	0	0	0	0	0
Aviation	37	0	0	0	0	0	0
Marine	0	0	0	0	0	0	0
CO₂ Emissions from Biomass	1 644 819						
(1) Please do not include in energy totals.							

TABLE 1 SECTORAL REPORT FOR ENERGY							
(Sheet 1 of 3)							
SECTORAL REPORT FOR NATIONAL GREENHOUSE GAS INVENTORIES							
(Gg)							
GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	NMVOC	SO ₂ ⁽¹⁾
Total Energy	1 871,08	51,20	0,69	29,15	879,40	109,09	0,00
A Fuel Combustion Activities (Sectoral Approach)	1 871,08	51,20	0,69	29,15	879,40	109,09	0,00
1 Energy Industries	547,58	0,02	0,00	1,49	0,11	0,04	0,00
c Manufacture of Solid Fuels and Other Energy Industries							
2 Manufacturing Industries and Construction	309,38	0,02	0,00	0,89	1,06	0,05	0,00
(1) Please provide links from Worksheet 1-4 for each sector where applicable.							

GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	NMVOC	SO ₂ ⁽¹⁾
Total Energy	1 871,08	51,20	0,69	29,15	879,40	109,09	0,00
Equivalence	1	21	310				
A Fuel Combustion Activities (Sectoral Approach)	1 871,08	1075,2	213,9				

TABLE 1 SECTORAL REPORT FOR ENERGY							
(Sheet 2 of 3)							
SECTORAL REPORT FOR NATIONAL GREENHOUSE GAS INVENTORIES							
(Gg)							
GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	NMVOC	SO ₂
3 Transport	823,72	0,12	0,01	8,38	10,30	8,21	0,00
a Civil Aviation	25,88	0,00	0,00	0,11	0,04	0,02	
b Road Transportation	760,96	0,12	0,01	7,62	9,76	8,09	
c Railways	25,53	0,00	0,00	0,42	0,35	0,07	
d Navigation	11,35	0,00	0,00	0,23	0,15	0,03	
4 Other Sectors	190,40	51,03	0,67	18,38	867,93	100,80	0,00
a Commercial/Institutional	0,71	0,85	0,01	0,30	16,05	1,55	
b Residential	113,34	50,17	0,66	17,02	851,01	99,07	
c Agriculture/Forestry/Fishing	76,35	0,01	0,00	1,06	0,87	0,17	

TABLE 1 SECTORAL REPORT FOR ENERGY							
(Sheet 3 of 3)							
SECTORAL REPORT FOR NATIONAL GREENHOUSE GAS INVENTORIES							
(Gg)							
GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	NMVOC	SO ₂
Memo Items ⁽¹⁾							
International Bunkers	38,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Aviation	38,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Marine	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CO₂ Emissions from Biomass	1 848 185						
(1) Please do not include in energy totals.							

2000

GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	NMVOC	SO ₂ ⁽¹⁾
Total Energy	1514,92	34,74	0,47	21,04	596,86	75,73	0,00
Equivalence	1	21	310				
Equivalent CO2	1514,92	729,54	145,7				

2002

GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES	CO₂	CH₄	N₂O	NO_x	CO	NMVOC	SO₂⁽¹⁾
Total Energy	1564,54	33,33	0,45	21,05	573,82	73,80	0,00
Equivalence	1	21	310				
A Fuel Combustion Activities (Sectoral Approach)	1564,54	699,93	139,5				

2004

GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES	CO₂	CH₄	N₂O	NO_x	CO	NMVOC	SO₂⁽¹⁾
Total Energy	1 608	46	1	26	782	98	0
Equivalence	1	21	310				
A Fuel Combustion Activities (Sectoral Approach)	1 608	966	310				

2006

GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES	CO₂	CH₄	N₂O	NO_x	CO	NMVOC	SO₂⁽¹⁾
Total Energy	1 871,08	51,20	0,69	29,15	879,40	109,09	0,00
Equivalence	1	21	310				
A Fuel Combustion Activities (Sectoral Approach)	1 871,08	1075,2	213,9				

B INVENTAIRES DE GES : MODULE PROCÉDES INDUSTRIELS

TABLEAU B1: EMISSIONS DE CO2 A PARTIR DE LA PRODUCTION DE CHAUX (ANNEE 2004)

MODULE	INDUSTRIAL PROCESSES			
SUBMODULE	PRODUCTION OF LIME			
WORKSHEET	2-2			
SHEET	1 OF 1 CO ₂ EMISSIONS			
COUNTRY	Mali			
YEAR	2004			
	A	B	C	D
Lime Type	Quantity of Lime Produced (t)	Emission Factor (t CO ₂ /t quicklime or dolomitic lime produced)	CO ₂ Emitted (t)	CO ₂ Emitted (Gg)
			C = (A x B)	D = C/1000
Quicklime	2216214	0,79	1 750 809,06	1 750,81
			Total (Gg):	1 750,81
Source: Usine céramique du Mali (UCEMA): production de 2004				
NB: Le facteur d'émission utilisé est celui des directives du GIEC par défaut (version 1996 révisée)				

TABLEAU B2: EMISSIONS DE CO2 A PARTIR DE LA PRODUCTION DE CHAUX (ANNEE 2005)

MODULE	INDUSTRIAL PROCESSES			
SUBMODULE	PRODUCTION OF LIME			
WORKSHEET	2-2			
SHEET	1 OF 1 CO ₂ EMISSIONS			
COUNTRY	Mali			
YEAR	2005			
Lime Type	A Quantity of Lime Produced (t)	B Emission Factor (t CO ₂ /t quicklime or dolomitic lime produced)	C CO ₂ Emitted (t)	D CO ₂ Emitted (Gg)
			C = (A x B)	D = C/1000
Quicklime	8100000	0,79	6 399 000,00	6 399,00
			Total (Gg):	6 399,00
Source: Usine céramique du Mali (UCEMA): production de 2005				
NB: Le facteur d'émission utilisé est celui des directives du GIEC par défaut (version 1996 révisée)				

TABLEAU B3: EMISSIONS ANNUELLES DE CO₂ ET SO₂ A PARTIR DE LA PRODUCTION DE CIMENT ET A PARTIR DE 2015

MODULE	INDUSTRIAL PROCESSES		
SUBMODULE	CEMENT PRODUCTION		
WORKSHEET	2-1A		
SHEET	1 OF 2 CO ₂ EMISSIONS		
COUNTRY	Mali		
YEAR	2012		
STEP 1			
A	B	C	D
Quantity of Cement Produced (t)	Emission Factor (t CO ₂ /t cement produced)	CO ₂ Emitted (t) C = (A x B)	CO ₂ Emitted (Gg) D = C/1000
1950000	0,4985	972 075,00	972,08
source: Quotidien national "Essor"; N°16724 du 30 Juin 2010 : Quantité dec ciment que produiront les 3 unités de production de ciment en cours d'installations au Mali à partir de 2015			
NB: Le facteur d'émission utilisé (0,3) est celui du GIEC par défaut du Guide IPCC (version 1996 révisée)			

MODULE	INDUSTRIAL PROCESSES		
SUBMODULE	CEMENT PRODUCTION		
WORKSHEET	2-1		
SHEET	2 OF 2 SO ₂ EMISSIONS		
COUNTRY	Mali		
YEAR	2015		
STEP 2			
A	B	C	D
Quantity of Cement Produced (t)	Emission Factor (kg SO ₂ /t cement produced)	SO ₂ Emitted (kg)	SO ₂ Emitted (Gg)
		C = (A x B)	D = C/1 000 000
1950000	0,3	585 000,00	0,59
<p>source: Quotidien national "Essor"; N°16724 du 30 Juin 2010 : Quantité dec ciment que produiront les 3 unités de production de ciment en cours d'installations au Mali à partir de 2015</p> <p>Nb: Le facteur d'émission utilisé (0,3) est celui du GIEC par défaut du Guide IPCC (version 1996 révisée)</p>			

C INVENTAIRES DE GES : MODULE AGRICULTURE

TABLEAU C1: COMPLEXE COTON (FORMULE NPKSB 14-18-6-1) : 14% D'AZOTE

Localités	Quantités (tonnes)	Contenu en azote (tonnes)
Dioïla	4660	652,4
Fana	2180	305,2
OHVN Bamako	358	50,12
OHVN Dialakoroba	153	21,42
OHVN Ouélessebougou	205	28,7
OHVN SiraKORO Mégétana	307	42,98
Bougouni	3928	549,92
Koumantou	2996	419,44
Kignan	3158	442,12
Sikasso	4007	560,98
Koutiala	10340	1447,6
Karangana	4353	609,42
Kimparana	1176	164,64
Kita	1562	218,68
TOTAL	39383	5513,62

Source: GIE approvisionnement en intrants et appareil de traitement

TABLEAU C2: UREE PERLEE (46% D'AZOTE)

Localités	Quantités (tonnes)	Contenu en azote (tonnes)
Dioïla	1126	517,96
Fana	527	242,42
OHVN Bamako	210	96,6
OHVN Dialakoroba	90	41,4
OHVN Ouélessebougou	120	55,2
OHVN Sirakoro Mégétana	180	82,8
Bougouni	2029	933,34
Koumantou	1547	711,62
Kignan	1631	750,26
Sikasso	2069	951,74
Koutiala	2631	1210,26
Karangana	1107	509,22
Kimparana	229	105,34
Kita	232	106,72
TOTAL	13798	6347,08

Source: GIE approvisionnement en intrants et appareil de traitement

TABLEAU C3: COMPLEXE COTON (FORMULE NPK) : 18% D'AZOTE

Localités	Quantités (tonnes)	Contenu en azote (tonnes)
Dioïla	1126	202,68
Fana	527	94,86
OHVN Bamako	210	37,8
OHVN Dialakoroba	90	16,2
OHVN Ouélessebougou	120	21,6
OHVN Sirakoro Mégétana	180	32,4
Bougouni	2029	365,22
Koumantou	1547	278,46
Kignan	1631	293,58
Sikasso	2069	372,42
Koutiala	2631	473,58
Karangana	1107	199,26
Kimparana	299	53,82
Kita	232	41,76
TOTAL	13798	2483,64

Source: GIE approvisionnement en intrants et appareil de traitement

TABLEAU C4: EVOLUTION DES SUPERFICIES CULTIVEES EN RIZ (EN HECTARES) DE 1995-1996 A 2001-2002

	Zone de Production	1995-1996	1996-1997	1997-1998	1998-1999	1999-2000	2000-2001
Maîtrise totale	ON	47015	54165	53840	53341	55107	58889
	OPIB	1726	2314	2247	2188	2112	2062
	ODRS	750	800	816	805	658	674
	PPIV Kayes	38	135	28	99	37	110
	PPIV Tombouctou	5384	6317	8002	8315	9817	10565
	PPIV Gao	221	340	335	159	88	218
	Total		55134	64071	65268	64907	67819
Submersion contrôlée	ORS	20091	13733	28579	25781	25368	27681
	ORM	13525	29341	14469	16506	15297	17064
	REGION MOPTI	809	1385	1324	1324	1516	1820
	Total		34425	44459	44372	43611	42181
Bas-fonds	CMDT (bafond)	37335	44645	57095	59306	62754	69559
Submersion libre	Pluvial	nd	170977	158902	154738	150273	157809

TABLEAU C5: EMISSION DE METHANE EN RIZICULTURE CAMPAGNE 1995-1996

	Emission 1995-1996				
	A(m ² x 10 ⁻⁹)	B	C	D(g/m ²)	E (CH4 Emission (Gg))
Aréation Simple	0.55134	0.5	2	20	11.0268
Submersion libre	nd	0.8	2	20	
Submersion contrôlée	0.34425	0.4	2	20	5.508
Basfond	0.37335	0.8	2	20	11.9472
TOTAL					28.482

TABLEAU C6: EMISSION DE METHANE EN RIZICULTURE CAMPAGNE 1996-1997

	Emission 1996-1997				
	A(m ² x 10 ⁻⁹)	B	C	D(g/m ²)	E(CH4 Emission (Gg))
Aréation Simple	0.64071	0.5	2	20	12.8142
Submersion libre	1.70977	0.8	2	20	54.71264
Submersion contrôlée	0.44459	0.4	2	20	7.11344
Basfond	0.44645	0.8	2	20	14.2864
TOTAL					88.92668

TABLEAU C7: EMISSION DE METHANE EN RIZICULTURE CAMPAGNE 1997-1998

	Emission 1997-1998				
	A(m ² x 10 ⁻⁹)	B	C	D(g/m ²)	E(CH ₄ Emission (Gg))
Aréation Simple	0.65268	0.5	2	20	13.0536
Submersion libre	1.58982	0.8	2	20	50.87424
Submersion contrôlée	0.44372	0.4	2	20	7.09952
Basfond	0.57695	0.8	2	20	18.4624
TOTAL					89.48976

TABLEAU C8: EMISSION DE METHANE EN RIZICULTURE CAMPAGNE 1998-1999

	Emission 1998-1999				
	A(m ² x 10 ⁻⁹)	B	C	D(g/m ²)	E(CH ₄ Emission (Gg))
Aération Simple	0.64907	0.5	2	20	12.9814
Submersion libre	1.54738	0.8	2	20	49.51616
Submersion contrôlée	0.43611	0.4	2	20	6.97776
Basfond	0.59306	0.8	2	20	18.97792
TOTAL					88.45324

TABLEAU C9 : EMISSION DE METHANE EN RIZICULTURE CAMPAGNE 1999-2000

	Emission 1999-2000				
	A(m ² x 10 ⁻⁹)	B	C	D(g/m ²)	E(CH4 Emission (Gg))
Aération Simple	0.67819	0.5	2	20	13.5638
Submersion libre	1.50273	0.8	2	20	48.08736
Submersion contrôlée	0.42181	0.4	2	20	6.74896
Basfond	0.62754	0.8	2	20	20.08128
TOTAL					88.4814

TABLEAU C10: EMISSION DE METHANE EN RIZICULTURE CAMPAGNE 2000-2001

	Emission 2000-2001				
	A(m ² x 10 ⁻⁹)	B	C	D(g/m ²)	E(CH4 Emission (Gg))
Aération Simple	0.72518	0.5	2	20	14.5036
Submersion libre	1.57809	0.8	2	20	50.49888
Submersion contrôlée	0.46565	0.4	2	20	7.4504
Basfond	0.69559	0.8	2	20	22.25888
TOTAL					94.71176

		SUBMODULE	METHANE EMISSION FROM FLOODED RICE FIELD				
		WORKSHEET	4-2				
		SHEET	1 OF 1				
		COUNTRY	0				
		YEAR	2020				
			A	B	C	D	E
Water Management Regime			Harvested Area	Scaling Factor for Methane Emissions	Correction Factor for Organic Amendment	Seasonally Integrated Emission Factor for Continuously Flooded Rice without Organic Amendment	CH ₄ Emissions
			m ² *1/1000000000			(g/m ²)	(Gg)
							E = (A x B x C x D)/100
Irrigated	Continuously Flooded		4,76	1	2	20	1,90
	Intermittently Flooded	Single Aeration		0,5	2	20	0,00
		Multiple Aeration		0	2	20	0,00
Rainfed	Flood Prone			0,8	2	20	0,00
	Drought Prone			0,4	2	20	0,00
Deep Water	Water Depth 50-100 cm			0,8	2	20	0,00
	Water Depth > 100 cm						0,00
Totals		4,76					1,90

		MODULE	AGRICULTURE				
		SUBMODULE	METHANE EMISSIONS FROM FLOODED RICE FIELDS				
		WORKSHEET	4-2				
		SHEET	1 OF 1				
		COUNTRY	0				
		YEAR	2050				
			A	B	C	D	E
Water Management Regime			Harvested Area	Scaling Factor for Methane Emissions	Correction Factor for Organic Amendment	Seasonally Integrated Emission Factor for Continuously Flooded Rice without Organic Amendment	CH ₄ Emissions
			m ² *1/1000000000			(g/m ²)	(Gg)
							E = (A x B x C x D)/100
Irrigated	Continuously Flooded		13,64	1	2	20	5,46
	Intermittently Flooded	Single Aeration		0,5	2	20	0,00
		Multiple Aeration		0	2	20	0,00
Rainfed	Flood Prone			0,8	2	20	0,00
	Drought Prone			0,4	2	20	0,00
Deep Water	Water Depth 50-100 cm			0,8	2	20	0,00
	Water Depth > 100 cm						0,00
Totals			13,64				5,46

	MODULE	AGRICULTURE						
	SUBMODULE	PRESCRIBED BURNING OF SAVANNAS						
	WORKSHEET	4-3						
	SHEET	1 OF 3						
	COUNTRY	MALI						
	YEAR	2000						
STEP 1				STEP 2				
A	B	C	D	E	F	G	H	
Area Burned by Category (specify)	Biomass Density of Savanna	Total Biomass Exposed to Burning	Fraction Actually Burned	Quantity Actually Burned	Fraction of Living Biomass Burned	Quantity of Living Biomass Burned	Quantity of Dead Biomass Burned	
(k ha)	(t dm/ha)	(Gg dm)		(Gg dm)		(Gg dm)	(Gg dm)	
		$C = (A \times B)$		$E = (C \times D)$		$G = (E \times F)$	$H = (E - G)$	
9191	1,5	13 786,50	0,95	13 097,18	0,2	2 619,44		
							10 477,74	
Documentation box:								
NB. Les fractions utilisées dans cette feuille sont les valeurs par défaut de l'IPCC version 1996 révisée (tableau 4,12 des directives)								

	MODULE	AGRICULTURE		
	SUBMODULE	PRESCRIBED BURNING OF SAVANNAS		
	WORKSHEET	4-3		
	SHEET	2 OF 3		
	COUNTRY	MALI		
	YEAR	2000		
STEP 3				
	I	J	K	L
	Fraction Oxidised of living and dead biomass	Total Biomass Oxidised	Carbon Fraction of Living & Dead Biomass	Total Carbon Released
		(Gg dm)		(Gg C)
		<i>Living: J = (G x I)</i> <i>Dead: J = (H x I)</i>		<i>L = (J x K)</i>
Dead	1	10 477,74	0,4	4 191,10
Total				4 191,10
Documentation box:				
NB: Les fractions utilisées dans cette feuilles sont les valeurs par défaut du guide IPCC version 1996 révisée				

		MODULE	AGRICULTURE				
		SUBMODULE	PRESCRIBED BURNING OF SAVANNAS				
		WORKSHEET	4-3				
		SHEET	3 OF 3				
		COUNTRY	MALI				
		YEAR	2000				
STEP 4					STEP 5		
L	M	N	O	P	Q	R	
Total Carbon Released	Nitrogen-Carbon Ratio	Total Nitrogen Content	Emissions Ratio	Emissions	Conversion Ratio	Emissions from Savanna Burning	
(Gg C)		(Gg N)		(Gg C or Gg N)		(Gg)	
		$N = (L \times M)$		$P = (L \times O)$		$R = (P \times Q)$	
			0,004	16,76	16/12	CH_4	22,35
			0,06	251,47	28/12	CO	586,75
4 191,10	0,006	25,15		$P = (N \times O)$		$R = (P \times Q)$	
			0,007	0,18	44/28	N_2O	0,28
			0,121	3,04	46/14	NO_x	10,00
Documentation box:							
NB: Les fractions utilisés dans cette fiche sont par défaut celles des directives de l'IPCC version 1996 révisée							

D EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE DANS LE SECTEUR DE L'AGRICULTURE : BRULAGE DES RESIDUS AGRICOLES

Année 2000								
Module:			Agriculture					
Sous module:			Combustion des résidus agricoles					
Tableau			6/6					
Feuille			11/12					
Etape1			Etape 2			Etape 3		
A	B	C	D	E	F	G	H	
Céréales	Production annuelle (Gg de récolte)	Rapport résidus-production	quantités de résidus (Gg de biomasse)	Teneur en matière sèche	Quantités de résidus secs (Gg de ms)	Fraction incinérées dans les champs	Fraction de la biomasse oxydée (efficacité de combustion)	Biomasse Totale incinérée (Gg de ms)
			C=(A*B)		E=(C*D)			H=(E*F*G)
mil	818,905	1,4	1146,47	0,4	458,59	0,33	0,9	136,20
sorgho	688,83	1,4	964,36	0,4	385,74	0,33	0,9	114,57
maïs	619,896	1	619,90	0,4	247,96	0,33	0,9	73,6
fonio	31,244	1,4	43,74	0,83	36,31	0,25	0,9	8,17
riz	727,14	1,4	1018,00	0,83	844,94	0,25	0,9	190,11
blé	7,585	1,3	9,86	0,83	8,18	0,25	0,9	1,84
canne à sucre	291,327	0,2	58,27	0,5	29,13	0,2	0,9	5,24
coton	459,792	1,4	643,71	0,5	321,85	0,95	0,9	275,19
Total			4504,30		2332,70			804,96

Module	Agriculture			
Sous-module:	Combustion des résidus agricoles			
Tableau	6/6			
Feuille	12/12			
Etape 4			Etape 5	
	I	J	K	L
Céréales	Fraction de	Total de carbone	Rapport	Azote
	carbone des	émis (Gg C)	Carbone	Total d'Azote emis
	résidus			(Gg N)
		J=(H*I)		L=(J*K)
mil	0,45	61,29	0,016	0,98
sorgho	0,45	51,55	0,02	1,03
maïs	0,45	33,14	0,02	0,66
fonio	0,45	3,68	0,02	0,07
riz	0,4144	78,78	0,014	1,10
blé	0,4853	0,89	0,012	0,01
canne à sucre	0,4072	2,14	0,015	0,03
coton	0,45	123,83	0,015	1,86
Total		355,30		5,75

Module:		Agriculture			
Sous module:		Combustion des résidus agricoles			
Tableau		6/6			
Feuille		12/12			
Etape 6					
	M	N	O	P	
	Rapport	Emission de gaz	Facteurs de	Emission de gaz à l'état de	
	d'émission	à l'état de trace	conversion	trace par incinération sur le	
		(Gg C ou Gg N)		terrain de déchets agricoles	
				(Gg)	
		N=(J*M)		P=(N*O)	
CH4	0,005	1,31	1,333	1,75	
CO	0,1	26,23	2,333	61,18	
		N=(L*M)		P=(N*O)	
N2O	0,006	0,01	1,5714	0,01	
Nox	0,12	0,12	3,285	0,41	

E INVENTAIRES DE GES : MODULE UTCUTF

		MODULE	LAND USE CHANGE AND FORESTRY				
		SUBMODULE	CHANGES IN FOREST AND OTHER WOODY BIOMASS STOCKS				
		WORKSHEET	5-1				
		SHEET	1 OF 3				
		COUNTRY	MALI				
		YEAR	2000				
			STEP 1				
			A	B	C	D	E
			Area of Forest/Biomass Stocks (kha)	Annual Growth Rate (t dm/ha) ⁴	Annual Biomass Increment (kt dm)	Carbon Fraction of Dry Matter	Total Carbon Uptake Increment (kt C)
					C=(A x B)		E=(C x D)
Tropical	Plantations ¹	<i>Anacardiers, Tecks, Neems, Gmelina</i>	65	2,11	136,79	0,45	61,56
		<i>Zone bioclimatique sahélienne (24% de la superficie du pays)</i>	29787,3	0,3	8 936,19	0,45	4 021,29
	Formations naturelles ²	<i>Zone bioclimatique soudanienne (19% de la superficie du pays)</i>	23 581,60	0,65	15 328,04	0,45	6 897,62
		<i>Zone bioclimatique guinéenne (6%</i>	7 446,83	0,975	7 260,66	0,45	3 267,30

		de la superficie du pays)					
		Zone bioclimatique saharienne (51 % de la superficie du pays avec la région de Gao)	63 298	0,13	8 228,74	0,45	3 702,93
	Arbres hors forêts 3	Arbres champêtres et jachères de moins de 10 ans	15 700	0,845	13 266,50	0,45	5 969,93
			A	B			
Non-Forest Trees (specify type)			Number of Trees (1000s of trees)	Annual Growth Rate (kt dm/1000 trees)			
					0,00		0,00
					0,00		0,00
						Total	23 920,61
Documentation box:							
Parties are encouraged to provide relevant information used in the calculation and on data sources in this documentation box.							
Source Mali: DNEF/Projet Inventaire des Ressources ligneuse, 1992							
1 source: G.Konaté et M Gakou (DNCN, Mali)							
2 source : Etude FOSA , 2001 (DNCN, Mali)							
3 source: DNRFFH, 1995, Mali							

MODULE	LAND USE CHANGE AND FORESTRY								
SUBMODULE	CHANGES IN FOREST AND OTHER WOODY BIOMASS STOCKS								
WORKSHEET	5-1								
SHEET	2 OF 3								
COUNTRY	MALI								
YEAR	2000								
STEP 2									
	F	G	H	I	J	K	L	M	
Harvest Categories (specify)	Commercial Harvest (if applicable)	Biomass Conversion/Expansion Ratio (if applicable)	Total Biomass Removed in Commercial Harvest	Total Traditional Fuelwood Consumed	Total Other Wood Use	Total Biomass Consumption	Wood Removed From Forest Clearing	Total Biomass Consumption From Stocks	
	(1000 m ³ roundwood)	(t dm/m ³)	(kt dm)	(kt dm)	(kt dm)	(kt dm)	(kt dm)	(kt dm)	
			H = (F x G)	FAO data		K = (H + I + J)	(From column M, Worksheet 5-2, sheet 3)	M = K - L	
Bois énergie				99,1		99,10			
Bois d'œuvre	28619	0,5	14 309,50			14 309,50			
Bois de service	2302	0,5	1 151,00			1 151,00			
Totals	30921,00		15 460,50	99,10	0,00	15 559,60	2 125,19	13 434,41	
Documentation box:									
Parties are encouraged to provide relevant information used in the calculation and on data sources in this documentation box.									
Selon la Direction Nationale de la Conservation de la Nature (DNCN), les quantités pour les différents types de bois pour les cinq dernières années sont:									
Bois Energie: 373,633 m3									
Bois d'œuvre:	Bois de service:	Ces valeurs ont été divisées par 5 pour avoir celle de 2000.							
204,418 m3	16,261 m3								

MODULE	LAND USE AND FORESTRY		
SUBMODULE	CHANGES IN FOREST AND OTHER		
	WOODY BIOMASS STOCKS		
WORKSHEET	5-1		
SHEET	3 OF 3		
COUNTRY	MALI		
YEAR	2000		
STEP 3		STEP 4	
N	O	P	Q
Carbon Fraction	Annual Carbon Release	Net Annual Carbon Uptake (+) or Release (-)	Convert to CO ₂ Annual Emission (-) or Removal (+)
	(kt C)	(kt C)	(Gg CO ₂)
	$O = (M \times N)$	$P = (E - O)$	$Q = (P \times [44/12])$
0,45	6 045,48	17 875,13	65 542,15
Documentation box:			
Parties are encouraged to provide relevant information used in the calculation and on data sources in this documentation box.			

	MODULE	LAND-USE CHANGE AND FORESTRY				
	SUBMODULE	FOREST AND GRASSLAND CONVERSION - CO₂ FROM BIOMASS				
	WORKSHEET	5-2				
	SHEET	1 OF 5 BIOMASS CLEARED				
	COUNTRY	MALI				
	YEAR	2000				
				STEP 1		
		A	B	C	D	E
Vegetation types		Area Converted Annually ¹	Biomass Before Conversion	Biomass After Conversion	Net Change in Biomass Density	Annual Loss of Biomass
		(kha)	(t dm/ha)	(t dm/ha)	(t dm/ha)	(kt dm)
					D = (B - C)	E = (A x D)
Tropical Savanna/Grasslands		562,22	35	3,5	31,50	17 709,93
Subtotals¹		562,22			31,50	17 709,93
Documentation box:						
1: source DNCN/Mali: moyenne des superficies converties en 1995; 2000 et 2007						

	MODULE	LAND-USE CHANGE AND FORESTRY					
	SUBMODULE	FOREST AND GRASSLAND CONVERSION - CO₂ FROM BIOMASS					
	WORKSHEET	5-2					
	SHEET	2 OF 5 CARBON RELEASED BY ON-SITE BURNING					
	COUNTRY	MALI					
	YEAR	2000					
		STEP 2					
		F	G	H	I	J	K
	Vegetation types	Fraction of Biomass Burned on Site	Quantity of Biomass Burned on Site	Fraction of Biomass Oxidised on Site	Quantity of Biomass Oxidised on Site	Carbon Fraction of Above-ground Biomass (burned on site)	Quantity of Carbon Released (from biomass burned)
			(kt dm)		(kt dm)		(kt C)
			$G = (E \times F)$		$I = (G \times H)$		$K = (I \times J)$
	Tropical Savanna/Grasslands	0,35	6 198,48	0,9	5 578,63	0,5	2 789,31
						Subtotal	2 789,31

	MODULE	LAND-USE CHANGE AND FORESTRY						
	SUBMODULE	FOREST AND GRASSLAND CONVERSION - CO ₂ FROM BIOMASS						
	WORKSHEET	5-2						
	SHEET	3 OF 5 CARBON RELEASED BY OFF-SITE BURNING						
	COUNTRY	MALI						
	YEAR	2000						
		STEP 3						STEP 4
		L	M	N	O	P	Q	R
Vegetation types		Fraction of Biomass Burned off Site	Quantity of Biomass Burned off Site	Fraction of Biomass Oxidised off Site	Quantity of Biomass Oxidised off Site	Carbon Fraction of Above-ground Biomass (burned off site)	Quantity of Carbon Released (from biomass burned off site)	Total Carbon Released (from on and off site burning)
			(kt dm)		(kt dm)		(kt C)	(kt C)
			$M = (E \times L)$		$O = (M \times N)$		$Q = (O \times P)$	$R = (K + Q)$
Tropical								
Savanna/Grasslands		0,12	2 125,19	0,9	1 912,67	0,45	860,70	3 650,02
		Subtotals	2 125,19				860,70	3 650,02
Documentation box:								
Parties are encouraged to provide relevant information used in the calculation and on data sources in this documentation box.								

	SUBMODULE	FOREST AND GRASSLAND CONVERSION - CO₂ FROM BIOMASS								
	WORKSHEET	5-2								
	SHEET	4 OF 5 CARBON RELEASED BY DECAY OF BIOMASS								
	COUNTRY	MALI								
	YEAR	2000								
STEP 5										
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Vegetation types	Average Area Converted (10 Year Average)	Biomass Before Conversion	Biomass After Conversion	Net Change in Biomass Density	Average Annual Loss of Biomass	Fraction Left to Decay	Quantity of Biomass Left to Decay	Carbon Fraction in Above-ground Biomass	Carbon Released from Decay of Above-ground Biomass
		(kha)	(t dm/ha)	(t dm/ha)	(t dm/ha)	(kt dm)		(kt dm)		(kt C)
					D = (B-C)	E = (A x D)		G = (E x F)		I = (G x H)
	Tropical									
	Savanna/Grasslands	562,22	35	3,5	31,50	17 709,93	0,2	3 541,99	0,5	1 770,99
									Subtotal	1 770,99
	Documentation box:									
	Parties are encouraged to provide relevant information used in the calculation and on data sources in this documentation box.									

		MODULE	LAND-USE CHANGE AND FORESTRY			
		SUBMODULE	ON-SITE BURNING OF FORESTS - NON-CO₂ TRACE GASES FROM BURNING BIOMASS			
		WORKSHEET	5-3			

		SHEET	1 OF 1 NON-CO₂ GAS EMISSIONS					
		COUNTRY	MALI					
		YEAR	2000					
STEP 1			STEP 2					
A	B	C		D	E	F	G	
Quantity of Carbon Released	Nitrogen-Carbon Ratio	Total Nitrogen Released		Trace Gas Emissions Ratios	Trace Gas Emissions	Conversion Ratio	Trace Gas Emissions from Burning of Cleared Forests	
(kt C)		(kt N)			(kt C)		(Gg CH ₄ , CO)	
(From column K, sheet 2 of Worksheet 5-2)		C = (A x B)			E = (A x D)		G = (E x F)	
			CH ₄	0,012	33,47	16/12	44,63	
			CO	0,06	167,36	28/12	390,50	
					(kt N)		(Gg N ₂ O, NO _x)	
2 789,31	0,01	27,89			E = (C x D)		G = (E x F)	
			N ₂ O	0,007	0,20	44/28	0,31	
			NO _x	0,121	3,38	46/14	11,09	
Documentation box:								
Parties are encouraged to provide relevant information used in the calculation and on data sources in this documentation box.								

MODULE	LAND-USE CHANGE AND FORESTRY		
SUBMODULE	FOREST AND GRASSLAND CONVERSION - CO₂ FROM BIOMASS		
WORKSHEET	5-2		
	5 OF 5 SUMMARY AND CONVERSION TO CO₂		
COUNTRY	MALI		
YEAR	2000		
STEP 6			
A	B	C	D
Immediate Release	Delayed Emissions	Total Annual Carbon	Total Annual CO ₂
From Burning	From Decay	Release	Release
(kt C)	(kt C)	(kt C)	(Gg CO ₂)
	(10-year average)		
		$C = A + B$	$D = C \times (44/12)$
3 650,02	1 770,99	5 421,01	19 877,04
Documentation box:			
Parties are encouraged to provide relevant information used in the calculation and on data sources in this documentation box.			

	MODULE	LAND-USE CHANGE AND FORESTRY				
	SUBMODULE	ABANDONMENT OF MANAGED LANDS				
	WORKSHEET	5-4				
	SHEET	1 OF 3 CARBON UPTAKE BY ABOVEGROUND REGROWTH - FIRST 20 YEARS				
	COUNTRY	MALI				
	YEAR	2000				
		STEP 1				
		A	B	C	D	E
	Vegetation types	20-Year Total Area Abandoned and Regrowing	Annual Rate of Aboveground Biomass Growth	Annual Aboveground Biomass Growth	Carbon Fraction of Aboveground Biomass	Annual Carbon Uptake in Aboveground Biomass
		(kha)	(t dm/ha)	(kt dm)		(kt C)
				$C = (A \times B)$		$E = (C \times D)$
	Tropical Savanna/Grasslands	0	0,61	0,00	0,5	0,00
	Other			0,00		0,00
					Subtotal	0,00
	NB : Au Mali il n'existe pas de jachères de 20 ans.					

	MODULE	LAND-USE CHANGE AND FORESTRY				
	SUBMODULE	ABANDONMENT OF MANAGED LANDS				
	WORKSHEET	5-4				
	SHEET	2 OF 3 CARBON UPTAKE BY ABOVEGROUND REGROWTH - > 20 YEARS				
	COUNTRY	MALI				
	YEAR	2000				
		STEP 2				
		G	H	I	J	K
	Vegetation types	Total Area Abandoned for more than Twenty Years	Annual Rate of Aboveground Biomass Growth	Annual Aboveground Biomass Growth	Carbon Fraction of Aboveground Biomass	Annual Carbon Uptake in Aboveground Biomass
		(kha)	(t dm/ha)	(kt dm)		(kt C)
				$I = (G \times H)$		$K = (I \times J)$
	Tropical Savanna/Grasslands 1	32529	0,61	19 842,69	0,5	9 921,35
					Subtotal	9 921,35
	Documentation box:					
	1 : Source DNCN/Mali: Etude FOSA,2001					

MODULE	LAND-USE CHANGE AND FORESTRY
SUBMODULE	ABANDONMENT OF MANAGED LANDS
WORKSHEET	5-4
SHEET	3 OF 3 TOTAL CO₂ REMOVALS FROM ABANDONED LANDS
COUNTRY	MALI
YEAR	2000
STEP 3	
L	M
Total Carbon Uptake from Abandoned Lands	Total Carbon Dioxide Uptake
(kt C)	(Gg CO ₂)
$L = (E + K)$	$M = (L \times (44/12))$
9 921,35	36 378,27
Documentation box:	
Parties are encouraged to provide relevant information used in the calculation and on data sources in this documentation box.	

		MODULE	LAND-USE CHANGE AND FORESTRY				
		SUBMODULE	SOIL CARBON FOR AGRICULTURALLY IMPACTED LANDS				
		WORKSHEET	5-5A (SUPPLEMENTAL)				
		SHEET	1 OF 1				
		COUNTRY	MALI				
		YEAR	2000				
A	B	C		D	E	F	G
Land-use/ Management Systems	Soil type	Soil Carbon under Native Vegetation (Mg C/ha)		Base Factor	Tillage Factor	Input Factors	Soil Carbon in Agriculturally Impacted Lands (Mg C/ha)
							$G = (C \times D \times E \times F)$
Agriculture	High Activity Soils		60,00	0,80	0,90	0,90	38,88
	Low Activity Soils		40,00	0,80	0,90	0,90	25,92
	Sandy		4,00	0,80	0,90	0,90	2,59
	Wetland (Aquic)		60,00	1,10	0,90	0,90	53,46

	MODULE	LAND-USE CHANGE AND FORESTRY					
	SUBMODULE	CHANGE IN SOIL CARBON FOR MINERAL SOILS					
	WORKSHEET	5-5					
	SHEET	1 OF 4					
	COUNTRY	MALI					
	YEAR	2000					
STEPS 1 AND 2					STEP 3		
A	B	C	D	E	F	G	H
Land-use/ Management Systems	Soil type	Soil Carbon (t) (Mg C/ha)	Land Area (t-20) (Mha)	Land Area (t) (Mha)	Soil Carbon (t-20) (Tg)	Soil Carbon (t) (Tg)	Net change in Soil Carbon in Mineral Soils (Tg per 20 yr)
					F = (C x D)	G = (C x E)	H = (G - F)
Agriculture	High activity soils	60	0,99	2,08	59,40	124,80	65,40
	Low activity soils	40	0,42	0,84	16,80	33,60	16,80
	Sandy	4	0,04	0,05	0,16	0,20	0,04
	Wetland (Aquic)	60	0,19	0,31	11,40	18,60	7,20
	Totals		1,64	3,28			89,44

MODULE	LAND-USE CHANGE AND FORESTRY		
SUBMODULE	CARBON EMISSIONS FROM INTENSIVELY-MANAGED ORGANIC SOILS		
WORKSHEET	5-5		
SHEET	2 OF 4		
COUNTRY	MALI		
YEAR	2000		
	STEP 4		
	A	B	C
Agricultural Use of Organic Soils	Land Area	Annual Loss Rate (Mg C/ha/yr)	Net Carbon Loss from Organic Soils
	(ha)	(Default)	(Mg/yr)
			C = (A x B)
Tropical			
Upland crops	0	20	0,00
Pasture/Forest	0	5	0,00
		Total	0,00
NB : Ce tableau est inutile dans le cas du Mali (voir directives IPCC version 1996 révisée)			

MODULE	LAND-USE CHANGE AND FORESTRY		
SUBMODULE	CARBON EMISSIONS FROM LIMING OF AGRICULTURAL SOILS		
WORKSHEET	5-5		
SHEET	3 OF 4		
COUNTRY	MALI		
YEAR	2000		
STEP 5			
	A	B	C
Type of lime	Total Annual Amount of Lime	Carbon Conversion Factor	Carbon Emissions from Liming
	(Mg)		(Mg C)
			C = (A x B)
Limestone Ca(CO ₃)	0	0,12	0,00
Dolomite CaMg(CO ₃) ₂	0	0,122	0,00
		Total	0,00
Documentation box:			
NB: Ce tableau est inutile dans le cas du Mali où on n'utilise ni de chaux ni de dolomite dans l'agriculture			

MODULE	LAND-USE CHANGE AND FORESTRY			
SUBMODULE	CALCULATION OF TOTAL CO ₂ -C EMISSIONS FROM AGRICULTURALLY-IMPACTED SOILS			
WORKSHEET	5-5			
SHEET	4 OF 4			
COUNTRY	MALI			
YEAR	2000			
STEP 6				
	A	B	C	D
Source	Worksheet values	Unit Conversion Factor	Total Annual Carbon Emissions (Gg) C = (A x B)	Convert to Total Annual CO ₂ Emission (Gg/yr) D= C x (44/12)
Total Net Change in Soil Carbon in Mineral Soils	89,44	-50	-4 472,00	-16 397,33
Total Net Carbon Loss from Organic Soils	0,00	0,001	0,00	0,00
Carbon Emissions from Liming	0,00	0,001	0,00	0,00
			Total	-16 397,33
Documentation box:				
Parties are encouraged to provide relevant information used in the calculation and on data sources in this documentation box.				

F INVENTAIRES DE GES : MODULE DECHETS

MODULE		WASTE		
SUBMODULE		QUANTITY OF MSW DISPOSED OF IN SOLID WASTE DISPOSAL SITES		
WORKSHEET		USING COUNTRY DATA		
SHEET		6-1A (SUPPLEMENTAL)		
COUNTRY		1 OF 1		
YEAR		Mali		
		2000		
A	B	C	D	E
Population whose Waste goes to SWDSs (Urban or Total) (persons)	MSW Generation Rate (kg/capita/day)	Annual Amount of MSW Generated (Gg MSW)	Fraction of MSW Disposed to SWDSs (Urban or Total)	Total Annual MSW Disposed to SWDSs (Gg MSW)
		$C = (A \times B \times 365) / 1\,000\,000$		$E = (C \times D)$
1 090 221	0,3	119,38	40%	47,75
2 171 561	0,2	205,05	40%	63,41
Total				111,16
Bamako: 1090221 personnes; Autres grandes villes: 2 171 561 personnes				
Source : DNSI , RGP 1998 PR 2001 (population du Mali)				

	MODULE	WASTE										
	SUBMODULE	METHANE EMISSIONS FROM SOLID WASTE DISPOSAL SITES										
	WORKSHEET	6-1										
	SHEET	1 OF 1										
	COUNTRY	Mali										
	YEAR	2000										
STEP 1	STEP 2	STEP 3						STEP 4				
A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N
Total Annual MSW Disposed to SWDSs (Gg MSW) from E of table 6-1A	Methane Correction Factor (MCF)	Fraction of DOC in MSW	Fraction of DOC which Actually Degrades	Fraction of Carbon Released as Methane	Conversion Ratio	Potential Methane Generation Rate per Unit of Waste (Gg CH ₄ /Gg MSW)	Realised (Country-specific) Methane Generation Rate per Unit of Waste (Gg CH ₄ /Gg MSW)	Gross Annual Methane Generation (Gg CH ₄)	Recovered Methane per Year (Gg CH ₄)	Net Annual Methane Generation (Gg CH ₄)	One Minus Methane Oxidation Correction Factor	Net Annual Methane Emissions (Gg CH ₄)
						$G = (C \times D \times E \times F)$	$H = (B \times G)$	$J = (H \times A)$		$L = (J - K)$		$N = (L \times M)$
111,16	0,6	0,3	0,77	0,5	16/12	0,15	0,09	10,27	0	10,27	1	10,27
Documentation box:												
NB: Les valeurs des fractions utilisées sont celles par défaut des Directives du GIEC version 1996 révisée												

	MODULE	WASTE	
	SUBMODULE	METHANE CORRECTION FACTOR	
	WORKSHEET	6-1C (SUPPLEMENTAL)	
	SHEET	1 OF 1	
	COUNTRY	Mali	
	YEAR	2000	
	W	X	Y
Type of Site	Proportion of Waste (by weight) for Each Type of SWDSs	Methane Correction Factor (MCF)	Weighted Average MCF for Each Type of SWDS
			$Y = W \times X$
Managed		1,0	0,00
Unmanaged - deep (≥ 5 m waste)		0,8	0,00
Unmanaged - shallow (< 5m waste)	1	0,4	0,400
Total	1	0,4	0,40

MODULE	WASTE				
SUBMODULE	METHANE EMISSIONS FROM DOMESTIC AND COMMERCIAL WASTEWATER AND SLUDGE				
	TREATMENT				
WORKSHEET	6-2				
SHEET	1 OF 4 ESTIMATION OF ORGANIC WASTEWATER AND SLUDGE				
COUNTRY	Mali				
YEAR	2000				
STEP 1					
A	B	C	D	E	F
Region or City	Population ¹ (1,000 persons)	Degradable ² Organic Component (kg BOD/1000 persons/yr)	Fraction of Degradable Organic Component Removed as Sludge	Total Domestic/Commercial Organic Wastewater (kg BOD/yr)	Total Domestic/Commercial Organic Sludge (kg BOD/yr)
				$E = [B \times C \times (1-D)]$	$F = (B \times C \times D)$
Bamako	1 090	13505	0	14 720 450,00	0,00
			Total:	14 720 450,00	0,00
Documentation box:					
Parties are encouraged to provide relevant information used in calculation in this documentation box.					
1 Source : DNSI RGPH 1998 PR 2001					
2 Source: Directive CIEC version 1996 révisée					

MODULE	WASTE				
SUBMODULE	METHANE EMISSIONS FROM DOMESTIC AND COMMERCIAL WASTEWATER TREATMENT				
WORKSHEET	6-2				
SHEET	2 OF 4 ESTIMATION OF EMISSION FACTOR FOR WASTEWATER HANDLING SYSTEMS				
COUNTRY	Mali				
YEAR	2000				
STEP 2					
A	B	C	D	E	F
Wastewater Handling System	Fraction of Wastewater Treated by the Handling System	Methane Conversion Factor for the Handling System	Product	Maximum ¹ Methane Producing Capacity (kg CH ₄ /kg BOD)	Emission Factor for Domestic/Commercial Wastewater (kg CH ₄ /kg BOD)
			D = (B x C)		F = (D x E)
systeme d'égout peu fonctionnel	5%	60%	0,03	0,25	0,0075
		Aggregate MCF:	0,03	0,25	0,01
Documentation box:					
Parties are encouraged to provide relevant information used in calculation in this documentation box.					
1 Source: Directive CIEC version 1996 révisée					

MODULE	WASTE							
SUBMODULE	INDIRECT NITROUS OXIDE EMISSIONS FROM HUMAN SEWAGE							
WORKSHEET	6-4							
SHEET	1 OF 1							
COUNTRY	Mali							
YEAR	2000							
	A	B	C	D	E	F	G	H
	Per Capita Protein Consumption (Protein in kg/person/yr)	Population ¹ (number)	Fraction of ² Nitrogen in Protein $Frac_{NPR}$ (kg N/kg protein)	Amount of sewage N produced (kg N/yr)	Amount of sewage N applied to soils as sewage sludge (kg N/yr)	Net amount of sewage N produced (kg N/yr)	Emission factor ² EF_6 (kg N ₂ O-N/kg sewage-N produced)	Total Annual N ₂ O Emissions (Gg N ₂ O/yr)
				$D = A \times B \times C$		$F = D - E$		$H = (F \times G) \times (44/28) / 1\,000\,000$
Total	10	10 524 600	0,16	16 839 360	0	16839360	0,01	0,26
Documentation box:								
Parties are encouraged to provide relevant information used in calculation in this documentation box.								
1 Source : DNS RGPH 1998 PR 2001 (population du Mali)								
2 Source: Directive CIEC version 1996 révisée								

COUNTRY	Mali									
YEAR	2000									
MODULE	WASTE									
SUBMODULE	WASTE INCINERATION (OPTIONAL)									
WORKSHEET	6-5									
SHEET	1 of 1									
GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES	ACTIVITY DATA Amount of incinerated wastes (Gg)	Carbon content (fraction) (dimensionless)	Fraction of fossil carbon ² (fraction) (dimensionless)	Combustion Efficiency (fraction) (dimensionless)	EMISSION FACTOR			EMISSIONS¹		
					CO ₂ (Gg CO ₂ /Gg waste)	CH ₄ (kg CH ₄ /Gg waste)	N ₂ O (kg N ₂ O/Gg waste)	CO ₂ (Gg)	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)
					E = B * C * D * 44/12	E	F	G = A * D	H = A * E * 10 ⁻⁶	I = A * F * 10 ⁻⁶
<i>Municipal</i>	1 090,20	0,20	0,20	0,30	0,04	0,00	0,00	47,97	0,00	0,00
<i>Clinical Waste</i>	0,05	0,10	0,05	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total Waste Incineration	1 090,25				0,05			47,97	0,00	0,00
Municipal Solid Waste (MSW) includes household waste, yard/garden waste, commercial/market waste and organic industrial solid waste. MSW should not include inorganic industrial waste such as construction or demolition materials.										
¹ Emissions from those waste incineration activities from which energy is recovered should be reported under the Energy sector										
² Consistent with the <i>IPCC Guidelines</i> , only CO ₂ emissions resulting from the incineration of carbon in waste of fossil origin should be included in emissions estimates (cf. also GPG2000, Section 5.3).										
Documentation box:										
NB:1°) Masse volumique des déchets solides (dans des conditions similaires au cas du Mali): 410Kg/m ³ (source Alouemine et al, 2006: Thèse de doctorat -Université de Limoge labo Science de l'eau et de l'Environnement)										
2°) Les valeurs des fractions en contenues en carbone et éléments fossiles des deux types de déchets sont obtenues par jugement d'expert,										
3°) Vues les conditions d' humidité et de température de dépôt des déchets ainsi que les profondeur des dépôts, les conditions d'émissions e CH ₄ et N ₂ O sont peu réunies. C'est pourquoi nous avonsnégligé les émissions de ces deux gaz,										

MODULE	WASTE				
SUBMODULE	METHANE EMISSIONS FROM DOMESTIC AND COMMERCIAL WASTEWATER TREATMENT				
WORKSHEET	6-2				
SHEET	3 OF 4 ESTIMATION OF EMISSION FACTOR FOR SLUDGE HANDLING SYSTEMS				
COUNTRY	Mali				
YEAR	2000				
STEP 3					
A	B	C	D	E	F
Sludge Handling System	Fraction of Sludge Treated by the Handling System	Methane ¹ Conversion Factor for the Handling System	Product	Maximum ¹ Methane Producing Capacity (kg CH ₄ /kg BOD)	Emission Factor for Domestic/Commercial Sludge (kg CH ₄ /kg BOD)
			$D = (B \times C)$		$F = (D \times E)$
systeme d'égout peu fonctionnel	0	0,6	0,00	0,25	0
		Aggregate MCF:	0,00	0,25	0,00
Documentation box:					
Parties are encouraged to provide relevant information used in calculation in this documentation box.					
1 Source: Directive CIEC version 1996 révisée					

Données climatiques

Pays : Mali					Station : Sikasso		
Altitude : 375 m			Latitude : 11,35 °N		Longitude : 5,68 °O		
Mois	Temp Min	Temp Max	Humidité	Vent	Insolation	Ray.	ETo
	°C	°C	%	m/s	heures	MJ/m ² /jour	mm/jour
Janvier	20,2	33,6	42	1,6	8,5	19,5	5,00
Février	17,3	33,6	25	2,0	8,6	21,0	6,01
Mars	22,8	37,1	27	1,6	7,7	21,0	5,99
Avril	25,9	37,5	50	2,1	7,3	20,8	6,35
Mai	23,8	34,9	61	2,1	7,8	21,2	5,81
Juin	22,3	32,0	72	1,8	7,4	20,3	4,82
Juillet	21,6	30,0	76	1,7	6,5	19,0	4,27
Août	21,2	29,7	79	1,2	5,7	18,1	3,87
Septembre	21,3	30,8	76	1,4	6,4	19,0	4,15
Octobre	21,8	32,9	68	1,1	7,8	20,1	4,45
Novembre	19,3	34,5	47	1,2	8,6	19,9	4,71
Décembre	16,5	32,8	35	1,1	8,5	19,0	4,25
Moyenne	21,2	33,3	55	1,6	7,6	19,9	4,97

Données pluviométriques

Station : Sikasso	Méthode précipitations eff. : <i>Méthode USDA S.C.</i>	
Mois	Pluie	Pluie eff.
	(mm)	(mm)
Janvier	12,9	12,6
Février	0,0	0,0
Mars	0,8	0,8
Avril	66,6	59,5
Mai	130,3	103,1
Juin	138,5	107,8
Juillet	178,5	127,5
Août	344,9	159,5
Septembre	137,2	107,1
Octobre	57,4	52,1
Novembre	25,1	24,1
Décembre	0,0	0,0
Total	1092,2	754,2

Données sur la culture

Culture : SORGHUM (grain)		Date de plantation : 10/06		Récolte : 07/10	
Valeurs Kc	0.30		1.00		0.55
Phases (jours)	initiale	croissance	mi-saison	arrière-saison	total
	20	35	35	30	120
Profondeur des racines	0.30		1.40		
Epuisement admissible	0.60		0.50	0.80	
Réponse du rendement	0.20	0.40	0.55	0.20	0.90

Propriétés du sol

Type de sol : Medium (loam)		
Eau disponible totale	140.0	mm/mètre
Taux d'infiltration maximum de l'eau de pluie	40	mm/jour
Profondeur maximum d'enracinement	900	centimètres
Epuisement de la teneur en eau initiale	100	%
Eau disponible initiale	0.0	mm/mètre

Besoins en eau des cultures

Station ETo : Sikasso				Culture : SORGHO			
Station pluie : Sikasso				Date de semis : 01/06/2000			
Mois	Décade	Phase	Kc	ETc	ETc	Pluie eff.	Déficit
			coeff	mm/jour	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Juin	1	Initiation	0,30	1,55	15,5	35,0	0,0
Juin	2	Initiation	0,30	1,45	14,5	35,2	0,0
Juin	3	Croissance	0,40	1,85	18,5	37,7	0,0
Juillet	1	Croissance	0,58	2,58	25,8	39,9	0,0
Juillet	2	Croissance	0,76	3,24	32,4	42,0	0,0
Juillet	3	Mi-saison	0,91	3,77	41,5	45,7	0,0
Août	1	Mi-saison	0,93	3,72	37,2	52,3	0,0
Août	2	Mi-saison	0,93	3,59	35,9	57,2	0,0
Août	3	Mi-saison	0,93	3,68	40,5	50,0	0,0
Septembre	1	Arr-saison	0,89	3,60	36,0	41,6	0,0
Septembre	2	Arr-saison	0,75	3,10	31,0	35,8	0,0
Septembre	3	Arr-saison	0,60	2,55	25,5	29,7	0,0
Octobre	1	Arr-saison	0,51	2,20	6,6	6,8	0,0
					360,7	508,7	0,0

Baisse du rendement

Phase	Initiale	Croissance	Mi-saison	Arrière-saison	Saison	
Baisses de l'ETc	5.2	0	0	0	0.5	%
Facteur Réponse du rendement	0.2	0.4	0.55	0.2	0.9	
Baisse du rendement	1	0	0	0		%
Baisse cumulée du rendement	1	1	1	1	0.4	%

Données climatiques du site de Sikasso

Données climatiques du site de Sikasso 2000

Année 2000						
Mois	Pluie	Temp Min	Temp Max	Humidité	Vent	Insolation
	mm	°C	°C	%	m/s	heures
Janvier	12.9	20.2	33.6	42	1.6	8.5
Février	0	17.3	33.6	25	2	8.6
Mars	0.8	22.8	37.1	27	1.6	7.7
Avril	66.6	25.9	37.5	50	2.1	7.3
Mai	130.3	23.8	34.9	61	2.1	7.8
Juin	138.5	22.3	32	72	1.8	7.4
Juillet	178.5	21.6	30	76	1.7	6.5
Août	344.9	21.2	29.7	79	1.2	5.7
Septembre	137.2	21.3	30.8	76	1.4	6.4
Octobre	57.4	21.8	32.9	68	1.1	7.8
Novembre	25.1	19.3	34.5	47	1.2	8.6
Décembre	0	16.5	32.8	35	1.1	8.5

Données climatiques du site de Sikasso 2001

Année 2001						
Mois	Pluie	Temp Min	Temp Max	Humidité	Vent	Insolation
	mm	°C	°C	%	m/s	heures
Janvier	0	16.4	33.3	27	1.4	8.5
Février	0	18.6	34.5	22	2	8.6
Mars	3.5	23.3	37.6	33	1.7	7.7
Avril	51	25.3	37.4	52	2	7.3
Mai	49.3	24.5	35.8	59	2.4	7.8
Juin	182.8	23.3	32.8	69	1.9	7.4
Juillet	272.7	22.2	30.5	76	1.7	6.5
Août	252.9	22.1	29.8	79	1.3	5.7
Septembre	203.9	21.3	30.9	76	1.2	6.4
Octobre	89.8	22.3	33.7	65	1.1	7.8
Novembre	0.2	19.9	34.4	51	1	8.6
Décembre	0	17.6	34.1	35	1.1	8.5

Données climatiques du site de Sikasso 2002

Année 2002						
Mois	Pluie	Temp Min	Temp Max	Humidité	Vent	Insolation
	mm	°C	°C	%	m/s	heures
Janvier	2.8	18.1	32.2	30	1.6	8.5
Février	0	19.4	35.4	26	1.6	8.6
Mars	0	25.2	38	38	1.5	7.7
Avril	72.3	25.6	36.9	49	1.5	7.3
Mai	30.4	25.9	37.1	56	2	7.8
Juin	123.9	22.6	32.8	67	1.8	7.4
Juillet	205.7	22	30.9	76	1.5	6.5
Août	140.6	21.7	30.4	78	1.4	5.7
Septembre	197.7	21.6	31.4	76	1.2	6.4
Octobre	74.4	22.2	33.5	67	1	7.8
Novembre	0	20.2	35.2	46	1.1	8.6
Décembre	0	17.7	33.4	37	1.6	8.5

Données climatiques du site de Sikasso 2003

Année 2003						
Mois	Pluie	Temp Min	Temp Max	Humidité	Vent	Insolation
	mm	°C	°C	%	m/s	heures
Janvier	0	17.9	32.9	32	1.6	8.5
Février	1	22.4	37.2	30	1.4	8.6
Mars	1.6	24.1	37.9	26	1.5	7.7
Avril	53.2	25.8	38	47	1.9	7.3
Mai	61.3	25.4	36.4	55	1.9	7.8
Juin	260.6	22.6	32	77	1.6	7.4
Juillet	201.6	22	30.3	79	1.4	6.5
Août	345.8	21.6	29.2	81	1.1	5.7
Septembre	215.6	21.3	30.4	79	1	6.4
Octobre	83.1	22.2	33.8	69	1.1	7.8
Novembre	17.9	20.7	34.5	56	1	8.6
Décembre	0	16.8	32.9	39	1.3	8.5

Données climatiques du site de Sikasso 2004

Année 2004						
Mois	Pluie	Temp Min	Temp Max	Humidité	Vent	Insolation
	mm	°C	°C	%	m/s	heures
Janvier	0	17.7	33.3	31	1.6	8.5
Février	35.8	20.9	35.5	29	1.4	8.6
Mars	32.3	23.2	36.7	33	1.6	7.7
Avril	62.4	24.8	35.5	55	1.8	7.3
Mai	108.2	24.2	35	63	2.1	7.8
Juin	83.9	23.1	33.6	67	1.8	7.4
Juillet	324	21.9	30.2	76	1.3	6.5
Août	318.8	21.6	30.3	78	1.4	5.7
Septembre	277.7	21.5	31.3	74	1	6.4
Octobre	32	22.5	34.2	65	1.2	7.8
Novembre	24.1	20.5	34.6	50	1.1	8.6
Décembre	0	20	34.8	41	1	8.5

Données climatiques du site de Sikasso 2005

Année 2005						
Mois	Pluie	Temp Min	Temp Max	Humidité	Vent	Insolation
	mm	°C	°C	%	m/s	heures
Janvier	0	18.3	31.9	31	1.9	8.5
Février	0	23.8	36.2	28	1.8	8.6
Mars	11.2	25.9	38	39	1.5	7.7
Avril	54.5	25.9	37.8	52	1.8	7.3
Mai	103.9	24.2	34.7	63	1.9	7.8
Juin	149.1	23.1	32.2	73	1.6	7.4
Juillet	209.9	22	30.4	79	1.3	6.5
Août	303.3	21.5	29.6	82	1.2	5.7
Septembre	196.6	21.7	31.2	77	1.1	6.4
Octobre	49.7	22	33.6	65	1	7.8
Novembre	0	20.2	35.3	48	0.9	8.6
Décembre	0	18	34.6	35	1.2	8.5

Données climatiques du site de Sikasso 2006

Année 2006						
Mois	Pluie	Temp Min	Temp Max	Humidité	Vent	Insolation
	mm	°C	°C	%	m/s	heures
Janvier	0	18.0	33.3	25	1.7	8.5
Février	0	21.2	35.9	24	2.1	8.6
Mars	7.7	24.6	38.0	27	1.7	7.7
Avril	90.2	26.0	37.3	48	1.9	7.3
Mai	142	24.1	34.7	64	1.9	7.8
Juin	144	22.7	32.5	70	1.5	7.4
Juillet	99	22.2	31.6	74	1.3	6.5
Août	272.3	21.6	30.0	79	1.2	5.7
Septembre	216.6	21.3	31.0	77	1.0	6.4
Octobre	171.3	21.1	33.1	72	0.8	7.8
Novembre	0	18.1	34.2	49	1.0	8.6
Décembre	0	16.0	32.0	37	1.5	8.5

Données climatiques du site de Kita

Données climatiques du site de Kita 2000

Année 2000						
Mois	Pluie	Temp Min	Temp Max	Humidité	Vent	Insolation
	mm	°C	°C	%	m/s	heures
Janvier	0	20.4	34.4	32	1.8	9
Février	0	19	34.3	26	1.6	9.5
Mars	16.7	22.2	38.2	31	1.4	9
Avril	2.6	26.2	40.2	40	1.1	8.8
Mai	8.6	26.9	38.8	53	1.2	8.5
Juin	160.4	23.6	34.3	72	1.1	8.1
Juillet	154.5	23	31.1	76	1.1	7
Août	283.3	21.7	29.8	81	0.9	6.3
Septembre	152.2	22.1	30.9	80	0.9	7.4
Octobre	4.6	21.5	33.4	68	0.6	8.2
Novembre	0.5	18.2	35.7	45	0.7	8.9
Décembre	0	15.8	33.8	36	0.5	8.7

Données climatiques du site de Kita 2001

Année 2001						
Mois	Pluie	Temp Min	Temp Max	Humidité	Vent	Insolation
	mm	°C	°C	%	m/s	heures
Janvier	0	16.2	34.2	26	0.8	9
Février	0	18.7	35.8	20	0.9	9.5
Mars	9.5	22.7	39.7	20	0.7	9
Avril	0	25.9	41.1	25	0.7	8.8
Mai	34.7	26.8	39.8	44	0.9	8.5
Juin	96	23.6	35.2	54	0.7	8.1
Juillet	226.6	22.8	31.1	76	0.8	7
Août	272.5	22.5	30.8	81	0.7	6.3
Septembre	149.7	22.2	31.5	80	0.7	7.4
Octobre	44.3	22.5	34.9	72	0.6	8.2
Novembre	9.9	18.9	36	49	0.7	8.9
Décembre	1.5	17.5	34.1	37	0.8	8.7

Données climatiques du site de Kita 2002

Année 2002						
Mois	Pluie	Temp Min	Temp Max	Humidité	Vent	Insolation
	mm	°C	°C	%	m/s	heures
Janvier	0	18.5	33.4	30	1	9
Février	0	19.9	36.3	29	0.7	9.5
Mars	2	24.2	39.1	31	0.9	9
Avril	6.5	26.2	39.7	32	1.2	8.8
Mai	19.6	27.1	39.9	44	1	8.5
Juin	139	24.7	35.7	61	1.2	8.1
Juillet	210.8	22.4	31.3	77	0.8	7
Août	341.1	21.8	30.3	81	0.5	6.3
Septembre	159.4	22.1	31.9	81	0.5	7.4
Octobre	46.8	22.5	34.9	72	0.6	8.2
Novembre	0	18	36	48	0.3	8.9
Décembre	7.4	17.6	33.3	37	0.6	8.7

Données climatiques du site de Kita 2003

Année 2003						
Mois	Pluie	Temp Min	Temp Max	Humidité	Vent	Insolation
	mm	°C	°C	%	m/s	heures
Janvier	1.2	18.3	32.3	30	0.8	9
Février	0	21.3	37.5	24	0.5	9.5
Mars	0	23.6	39.3	28	0.6	9
Avril	8	26.7	40.8	42	0.7	8.8
Mai	20.6	27	39.9	47	0.7	8.5
Juin	177.6	23.4	34.3	70	0.5	8.1
Juillet	257.6	21.7	31.2	78	0.4	7
Août	261.4	21.7	29.7	84	0.4	6.3
Septembre	149.8	21.6	31	82	0.3	7.4
Octobre	80.3	22.4	33.9	74	0.4	8.2
Novembre	49.2	19.4	34.6	59	0.5	8.9
Décembre	0	17	33.4	39	0.5	8.7

Données climatiques du site de Kita 2004

Année 2004						
Mois	Pluie	Temp Min	Temp Max	Humidité	Vent	Insolation
	mm	°C	°C	%	m/s	heures
Janvier	0	18.5	33.1	33	0.6	9
Février	0	20.7	37	36	0.6	9.5
Mars	7.7	23.6	39.2	28	1	9
Avril	4.4	26.4	40.6	34	0.9	8.8
Mai	32.1	26.8	39.3	46	1	8.5
Juin	130.2	24.1	35	62	1	8.1
Juillet	176.3	22.5	31	77	0.8	7
Août	277.6	22.3	30.5	82	0.7	6.3
Septembre	146.4	22.1	31.7	81	0.6	7.4
Octobre	44.3	22.5	34.9	72	0.6	8.2
Novembre	9.9	18.9	36	49	0.7	8.9
Décembre	1.5	17.5	34.1	37	0.8	8.7

Données climatiques du site de Kita 2005

Année 2005						
Mois	Pluie	Temp Min	Temp Max	Humidité	Vent	Insolation
	mm	°C	°C	%	m/s	heures
Janvier	0	18.7	32.9	30	1	9
Février	0	23.4	36.3	26	0.9	9.5
Mars	18.2	24.6	39.1	28	1	9
Avril	0	26.6	41.4	34	0.9	8.8
Mai	72.8	26.5	38.5	46	1	8.5
Juin	130.9	24.7	34.6	62	1	8.1
Juillet	100.9	23.5	32	77	0.8	7
Août	224.7	22.5	31	82	0.7	6.3
Septembre	140.3	22.6	32.2	81	0.6	7.4
Octobre	21	22.4	36.8	72	0.6	8.2
Novembre	0	20.1	37.3	49	0.7	8.9
Décembre	0	19.5	35.8	37	0.8	8.7

Données climatiques du site de Kita 2006

Année 2006						
Mois	Pluie	Temp Min	Temp Max	Humidité	Vent	Insolation
	mm	°C	°C	%	m/s	heures
Janvier	0	18.7	33.6	30	1	9
Février	0	20.6	37	26	0.9	9.5
Mars	0	24.1	39.7	28	1	9
Avril	9.1	27	40.5	34	0.9	8.8
Mai	36.5	26.5	38.8	46	1	8.5
Juin	77.1	24.4	35.8	62	1	8.1
Juillet	104.2	23.9	33.7	77	0.8	7
Août	282.3	23.4	31.2	82	0.7	6.3
Septembre	126.8	21.9	32.8	81	0.6	7.4
Octobre	68.6	23.6	35.6	72	0.6	8.2
Novembre	0	18.6	36.6	49	0.7	8.9
Décembre	0	17.6	34	37	0.8	8.7

Données climatiques du site de Ségou

Données climatiques du site de Ségou 2000

Année 2000						
Mois	Pluie	Temp Min	Temp Max	Humidité	Vent	Insolation
	mm	°C	°C	%	m/s	heures
Janvier	0	19.8	37.4	45	1.3	9.1
Février	0	17.9	36.8	38	1.5	9.1
Mars	0	22.2	40.8	32	1.1	8.9
Avril	3.6	26.7	42.9	43	1.1	8.4
Mai	89.2	26.7	39.4	54	1.1	8.5
Juin	66.6	24.7	36.9	63	1.2	8.5
Juillet	203.7	23.8	33.9	74	1	8
Août	161	23	32.5	78	0.5	7.5
Septembre	67.9	23.2	34.1	75	0.6	8.1
Octobre	18.4	22.5	37.2	61	0.7	8.8
Novembre	0	20.4	38.3	42	1.2	8.8
Décembre	0	17.1	35.5	39	1.2	8.8

Données climatiques du site de Ségou 2001

Année 2001						
Mois	Pluie	Temp Min	Temp Max	Humidité	Vent	Insolation
	mm	°C	°C	%	m/s	heures
Janvier	0	16.8	35.5	39	1.5	9.1
Février	0	18.1	36.2	32	1.8	9.1
Mars	0	22.5	41.4	30	1.3	8.9
Avril	16.4	25.8	42.3	36	1.4	8.4
Mai	7	27.8	41.4	45	1.5	8.5
Juin	136.7	24.8	36.1	64	1.5	8.5
Juillet	281.7	23.4	32.6	79	1.5	8
Août	128	23.3	32.6	83	1.2	7.5
Septembre	100.4	23.3	33.8	78	1	8.1
Octobre	23.8	23.3	38.3	60	1	8.8
Novembre	0	20.6	38.7	42	1.5	8.8
Décembre	0	19.4	36.9	36	2.2	8.8

Données climatiques du site de Ségou 2002

Année 2002						
Mois	Pluie	Temp Min	Temp Max	Humidité	Vent	Insolation
	mm	°C	°C	%	m/s	heures
Janvier	0.3	18.8	34	35	2.7	9.1
Février	0	19	36	31	2.2	9.1
Mars	0	24	40.3	28	1.9	8.9
Avril	0	26.8	41.2	35	1.8	8.4
Mai	23.3	28.3	41.2	43	1.9	8.5
Juin	64.1	26.5	38.6	56	2.3	8.5
Juillet	98.8	24.7	35	70	1.8	8
Août	134.3	23.6	33.1	76	1.3	7.5
Septembre	89.4	24.2	35.5	76	1.1	8.1
Octobre	94.5	23.9	36.7	60	0.9	8.8
Novembre	0	20.7	37.8	41	1.3	8.8
Décembre	0	19	34.7	39	2.2	8.8

Données climatiques du site de Ségou 2003

Année 2003						
Mois	Pluie	Temp Min	Temp Max	Humidité	Vent	Insolation
	mm	°C	°C	%	m/s	heures
Janvier	0.1	17.9	32.8	46	1.7	9.1
Février	0	20.7	38.5	32	1.6	9.1
Mars	0	23.8	40.4	28	1.6	8.9
Avril	0	27.5	42.3	38	1.5	8.4
Mai	19.4	28.5	41.9	47	2.2	8.5
Juin	83	25.8	36.8	62	1.8	8.5
Juillet	184.6	23.2	33	80	1.1	8
Août	188.3	23	31.1	85	0.8	7.5
Septembre	135	23.3	32.6	83	0.8	8.1
Octobre	7.8	24.4	37.4	67	1	8.8
Novembre	0	22	37.3	50	1.3	8.8
Décembre	0	17.3	34	41	1.5	1.5

Données climatiques du site de Ségou 2004

Année 2004						
Mois	Pluie	Temp Min	Temp Max	Humidité	Vent	Insolation
	mm	°C	°C	%	m/s	heures
Janvier	0	17.8	33.2	36	1.5	9.1
Février	0	20.8	37.7	33	1.5	9.1
Mars	0	23.4	39.7	29	1.9	8.9
Avril	18.6	27.4	40.6	44	1.4	8.4
Mai	3.3	27.8	42.2	45	1.5	8.5
Juin	102	25.5	36.9	66	1.4	8.5
Juillet	193.5	23.5	32.6	78	1	8
Août	157.6	22.8	33.3	80	0.9	7.5
Septembre	87.6	23.3	35.1	76	0.8	8.1
Octobre	1	24	38.7	55	0.9	8.8
Novembre	0	21.6	36.9	41	1.6	8.8
Décembre	0	19.3	39.8	39	1.9	8.8

Données climatiques du site de Ségou 2005

Année 2005						
Mois	Pluie	Temp Min	Temp Max	Humidité	Vent	Insolation
	mm	°C	°C	%	m/s	heures
Janvier	0	17.6	34.4	33	2.1	9.1
Février	0	22.4	37.2	35	2.1	9.1
Mars	5.7	25.1	41	37	1.6	8.9
Avril	25.3	26.7	43	37	1.1	8.4
Mai	9.9	27.8	42.4	46	2.5	8.5
Juin	58	26.1	38.5	63	1.9	8.5
Juillet	123.6	24.1	34.9	76	1.5	8
Août	222.8	23.1	33.7	80	1.2	7.5
Septembre	89.6	23.7	34.8	78	1.3	8.1
Octobre	21	23.5	38.7	59	0.8	8.8
Novembre	0	20.4	39.5	41	1	8.8
Décembre	0	19.6	36	37	3	8.8

Données climatiques du site de Ségou 2000

Année 2006						
Mois	Pluie	Temp Min	Temp Max	Humidité	Vent	Insolation
	mm	°C	°C	%	m/s	heures
Janvier	0	16.8	33.2	34	2.1	9.1
Février	0	19.3	36.1	33	2.4	9.1
Mars	0.8	23.1	40.8	28	2.2	8.9
Avril	0	26.6	42.6	38	1.5	8.4
Mai	43.7	26.8	41.6	48	1.8	8.5
Juin	15.6	25.7	39.1	57	2.4	8.5
Juillet	146.6	24.9	37.1	68	1.7	8
Août	258.2	23.3	33.2	83	0.9	7.5
Septembre	129.7	23.2	33.8	81	0.8	8.1
Octobre	25.3	24.1	37.4	68	0.6	8.8
Novembre	0	19.8	38.3	43	1.1	8.8
Décembre	0	16.2	33.9	38	1.5	8.8

Données climatiques du site de Mopti

Données climatiques du site de Mopti 2000

Année 2000						
Mois	Pluie	Temp Min	Temp Max	Humidité	Vent	Insolation
	mm	°C	°C	%	m/s	heures
Janvier	0	18.8	34.6	30	3	8.8
Février	0	16	33.8	17	3.2	9.6
Mars	1	21	38.6	17	2.7	8.8
Avril	0.6	26.2	43.1	24	2.8	8.5
Mai	80.7	26.2	40.4	44	2.7	8.7
Juin	28.8	26.1	38.8	49	3.5	8.1
Juillet	86.8	24.5	35.5	62	3.1	7.9
Août	138.5	23.6	29.3	69	2.6	7.9
Septembre	77.1	24.5	28.2	63	2.2	8.3
Octobre	0	24	36.8	48	2	9
Novembre	0	19.8	36.7	30	2.5	9.4
Décembre	0	15.1	33.2	28	2.1	8.5

Données climatiques du site de Mopti 2001

Année 2001						
Mois	Pluie	Temp Min	Temp Max	Humidité	Vent	Insolation
	mm	°C	°C	%	m/s	heures
Janvier	0	14.1	34.1	22	2.5	8.8
Février	0	16.3	35	17	3	9.6
Mars	0	21.5	40.6	17	2.5	8.8
Avril	0	24.5	41.4	19	3	8.5
Mai	22.9	27.5	42.1	36	3	8.7
Juin	89.6	24.2	37.5	57	3.4	8.1
Juillet	175.5	23.1	34.9	68	2.5	7.9
Août	153	23.5	33.1	75	2	7.9
Septembre	65.4	24.6	33.8	62	3	8.3
Octobre	11.7	23	37.5	49	1.8	9
Novembre	0	19.9	37.1	34	1.8	9.4
Décembre	0	18.2	35.4	27	2.5	8.5

Données climatiques du site de Mopti 2002

Année 2002						
Mois	Pluie	Temp Min	Temp Max	Humidité	Vent	Insolation
	mm	°C	°C	%	m/s	heures
Janvier	0	16.4	32.3	21	2.6	8.8
Février	0	16.7	35	18	3.1	9.6
Mars	0	22.9	39.9	15	3.4	8.8
Avril	0.5	26.1	41.2	22	3.7	8.5
Mai	12.2	28.3	42	33	4.1	8.7
Juin	13.4	26.9	39.8	44	4.4	8.1
Juillet	38.9	25.1	37.6	57	4.8	7.9
Août	77.5	23.8	34.6	67	3.7	7.9
Septembre	41.7	25.2	37.1	59	3.8	8.3
Octobre	58.1	24.5	37.3	50	1.2	9
Novembre	0	21.4	37.2	36	2.3	9.4
Décembre	0.1	17.7	33.9	29	2.7	8.5

Données climatiques du site de Mopti 2003

Année 2003						
Mois	Pluie	Temp Min	Temp Max	Humidité	Vent	Insolation
	mm	°C	°C	%	m/s	heures
Janvier	0.1	16.4	32.6	26	3.1	8.8
Février	0	20.7	37.7	16	3.8	9.6
Mars	0.5	22.6	39.3	15	4.2	8.8
Avril	0	26.5	42.5	23	3.5	8.5
Mai	15	27.8	41.6	35	4.3	8.7
Juin	131	25.8	36.9	56	4.1	8.1
Juillet	221.1	23.5	33.4	71	4.2	7.9
Août	166.7	23.2	31.7	77	3.1	7.9
Septembre	65.4	24.6	33.8	62	3	8.3
Octobre	16.3	24.1	37.3	50	2	9
Novembre	2.8	21.4	36.3	44	2.6	9.4
Décembre	0	15.7	32.6	33	2.9	8.5

Données climatiques du site de Mopti 2004

Année 2004						
Mois	Pluie	Temp Min	Temp Max	Humidité	Vent	Insolation
	mm	°C	°C	%	m/s	heures
Janvier	0.5	16.2	31.8	30	2.9	8.8
Février	0	19.3	36.3	21	2.8	9.6
Mars	0	22.2	37.8	19	3.8	8.8
Avril	2.7	26.7	40.5	29	3.6	8.5
Mai	0.9	27.4	42.4	30	3.3	8.7
Juin	51.5	27	39	49	4.2	8.1
Juillet	143	23.7	34	67	3.7	7.9
Août	207.3	23.6	33.8	72	3.5	7.9
Septembre	37.9	24.2	35.4	65	3.1	8.3
Octobre	12.7	24	38.2	45	2.7	9
Novembre	0	21.2	36.4	36	2.3	9.4
Décembre	0	19.3	35.3	29	2.7	8.5

H DONNEES CLIMATIQUES UTILISEES POUR L'EVALUATION DES RENDEMENTS SUR LES SITES DU PROJET PRIORITAIRE DU PANA

MASSANTOLA

Pluie (mm)

Mois	Normale Pluie de	Pluie estimée à	
	1971 - 2000	2020	2050
Jan	1.9	1.8	1.5
Fév	0.9	0.8	0.7
Mar	3.3	3.0	2.5
Avr	19.8	18.1	15.3
Mai	50.7	47.3	42.1
Jui	115.4	106.2	92.9
Jui	211.3	197.0	170.1
Août	265.3	263.7	253.1
Sep	165.6	160.2	156.5
Oct	58.3	62.5	62.6
Nov	2.4	2.4	2.4
Déc	0.0	0.0	0.0

Température

Normale Température (1971 – 2000) à BAMAKO			Tmax estimée à MASSANTOLA		Tmin estimée à MASSANTOLA	
Mois	Tmax (°C)	Tmin (°C)	2020	2050	2020	2050
Jan	32.4	18.3	33.2	34.2	19.1	20.1
Fév	35.3	20.8	36.2	37.1	21.6	22.5
Mar	37.6	23.9	38.4	39.4	24.7	25.7
Avr	38.9	25.9	39.8	40.9	26.8	27.8
Mai	37.8	25.6	38.6	39.6	26.4	27.4
Jui	34.7	23.5	35.5	36.4	24.3	25.2
Jui	31.5	22.1	32.3	33.2	22.9	23.7
Août	30.7	21.6	31.4	32.2	22.3	23.1
Sep	32.0	21.5	32.7	33.6	22.3	23.2
Oct	34.4	21.8	35.3	36.3	22.7	23.7
Nov	34.8	20.0	35.6	36.6	20.8	21.7
Déc	32.5	18.2	33.3	34.2	19.0	19.9

CINZANA

Pluie (mm)

Normale Pluie à SEGOU		Pluie estimée à CINZANA	
Mois	Normale 1971 - 2000	2020	2050
Jan	1.9	1.8	1.5
Fév	0.0	0.0	0.0
Mar	2.5	2.3	2.0
Avr	7.8	7.2	6.1
Mai	39.9	37.2	33.6
Jui	73.9	68.1	60.9
Jui	169.7	159.0	139.2
Août	193.2	191.8	183.5
Sep	106.0	102.0	100.4
Oct	20.9	23.2	22.4
Nov	1.3	1.3	1.4
Déc	0.0	0.0	0.0

Température

(°C)

Normale Température (1971 – 2000) à SEGOU			Tmax estimée à CINZANA		Tmin estimée à CINZANA	
Mois	Tmax (°C)	Tmin (°C)	2020	2050	2020	2050
Jan	32.4	17.2	33.2	34.1	18.1	19.0
Fév	35.3	19.7	36.1	37.1	20.5	21.4
Mar	38.0	23.0	38.8	39.9	23.8	24.9
Avr	40.1	26.1	41.0	42.1	27.0	28.1
Mai	39.5	27.0	40.3	41.3	27.8	28.8
Jui	36.7	25.3	37.5	38.5	26.1	27.1
Jui	33.1	23.5	33.9	34.8	24.3	25.2
Août	31.5	22.9	32.2	33.0	23.6	24.4
Sep	32.8	22.8	33.5	34.4	23.6	24.5
Oct	35.6	22.8	36.5	37.6	23.7	24.7
Nov	35.9	20.3	36.7	37.7	21.1	22.1
Déc	32.7	17.6	33.6	34.5	18.4	19.3

MPESSOBA

Pluie

Normale Pluie à KOUTIALA		Pluie estimée à MPESSOBA	
Mois	Normale 1971 - 2000	2020	2050
Jan	0.8	0.7	0.7
Fév	1.2	1.1	0.9
Mar	3.9	3.6	3.3
Avr	15.4	14.2	13.1
Mai	65.5	60.9	55.4
Jui	117.7	108.8	98.3
Jui	201.6	189.5	174.8
Août	242.8	241.3	239.4
Sep	156.2	150.9	144.6
Oct	44.8	50.0	56.4
Nov	1.9	2.0	2.2
Déc	0.4	0.4	0.4

Température

Normale Température (1971 – 2000) à KOUTIALA			Tmax estimée à MPESSOBA		Tmin estimée à MPESSOBA	
Mois	Tmax (°C)	Tmin (°C)	2020	2050	2020	2050
Jan	32.3	15.6	33.1	34.1	15.6	17.4
Fév	35.3	18.3	36.1	37.1	18.3	20.1
Mar	37.5	22.6	38.3	39.4	22.6	24.5
Avr	38.5	25.7	39.4	40.5	25.7	27.7
Mai	37.0	25.6	37.8	38.8	25.6	27.4
Jui	33.9	23.5	34.7	35.6	23.5	25.2
Jui	31.1	22.2	31.9	32.8	22.2	23.9
Août	30.1	21.8	30.8	31.6	21.8	23.3
Sep	31.3	21.9	32.0	33.0	21.9	23.6
Oct	34.4	22.1	35.3	36.4	22.1	24.1
Nov	34.9	18.5	35.8	36.8	18.5	20.4
Déc	32.6	15.7	33.4	34.4	15.7	17.5

SANDARE

Pluie

Normale Pluie à NIORO du Sahel		Pluie estimée à SANDARE	
Mois	Normale 1971 - 2000	2020	2050
Jan	0.3	0.3	0.2
Fév	0.0	0.0	0.0
Mar	0.0	0.0	0.0
Avr	2.0	1.8	1.5
Mai	7.0	6.4	5.5
Jui	38.6	34.7	29.9
Jui	109.1	101.2	83.5
Août	140.5	141.6	133.3
Sep	81.8	77.9	75.3
Oct	24.1	25.9	22.2
Nov	1.0	1.0	0.9
Déc	0.9	0.9	0.9

Température

Normale Température (1971 – 2000) à NIORO du Sahel			Tmax estimée à SANDARE		Tmin estimée à SANDARE	
Mois	Tmax (°C)	Tmin (°C)	2020	2050	2020	2050
Jan	31.2	14.3	32.0	33.0	15.1	16.1
Fév	34.4	16.6	35.2	36.2	17.4	18.4
Mar	37.3	20.3	38.1	39.1	21.1	22.1
Avr	40.5	24.5	41.4	42.4	25.4	26.4
Mai	41.6	27.7	42.4	43.4	28.5	29.5
Jui	39.8	27.5	40.6	41.6	28.3	29.3
Jui	35.5	25.2	36.3	37.2	26.0	26.9
Août	33.3	23.9	34.0	34.9	24.6	25.5
Sep	34.9	23.8	35.7	36.6	24.6	25.5
Oct	37.6	22.9	38.5	39.5	23.8	24.8
Nov	35.6	18.5	36.4	37.4	19.3	20.3
Déc	31.8	14.9	32.6	33.6	15.7	16.7

MONDORO

Pluie

Normale Pluie à DOUMENTZA		Pluie estimée à MONDORO	
Mois	Normale 1971 - 2000	2020	2050
Jan	0.1	0.1	0.1
Fév	0.0	0.0	0.0
Mar	0.2	0.2	0.2
Avr	1.9	1.7	1.5
Mai	17.4	15.8	13.6
Jui	50.6	46.3	41.5
Jui	111.8	105.3	94.5
Août	124.3	123.2	116.6
Sep	76.4	72.4	70.3
Oct	20.4	24.3	23.5
Nov	0.0	0.0	0.0
Déc	0.0	0.0	0.0

Température

Normale Température (1971 – 2000) à DOUENTZA			Tmax estimée à MONDORO		Tmin estimée à MONDORO	
Mois	Tmax (°C)	Tmin (°C)	2020	2050	2020	2050
Jan	31.7	15.9	32.6	33.6	16.8	17.8
Fév	34.7	18.3	35.5	36.5	19.2	20.2
Mar	37.7	22.3	38.6	39.7	23.2	24.3
Avr	40.5	26.0	41.4	42.6	26.9	28.1
Mai	40.8	27.4	41.7	42.8	28.3	29.5
Jui	38.6	26.4	39.4	40.4	27.2	28.2
Jui	35.1	24.3	35.9	36.9	25.2	26.2
Août	33.2	23.6	34.0	34.9	24.4	25.3
Sep	34.0	24.2	34.8	35.8	25.0	25.9
Oct	36.4	24.0	37.4	38.6	25.0	26.2
Nov	35.5	20.1	36.5	37.7	21.1	22.2
Déc	32.2	16.6	33.0	34.1	17.5	18.6

TABOYE

Pluie

Normale Pluie à GAO		Pluie estimée à TABOYE	
Mois	Normale 1971 - 2000	2020	2050
Jan	0.0	0.0	0.0
Fév	0.0	0.0	0.0
Mar	0.4	0.4	0.3
Avr	2.5	2.2	2.1
Mai	9.6	8.5	7.0
Jui	19.7	17.6	15.3
Jui	56.0	52.5	47.0
Août	65.7	65.3	62.5
Sep	30.1	28.0	26.3
Oct	3.3	4.5	3.8
Nov	0.0	0.0	0.0
Déc	0.0	0.0	0.0

Température

Normale Température (1971 – 2000) à GAO			Tmax estimée à TABOYE		Tmin estimée à TABOYE	
Mois	Tmax (°C)	Tmin (°C)	2020	2050	2020	2050
Jan	30.4	15.4	31.3	32.3	16.3	17.3
Fév	33.4	17.3	34.3	35.3	18.2	19.2
Mar	37.1	21.4	38.1	39.2	22.4	23.5
Avr	41.1	25.6	42.1	43.3	26.6	27.8
Mai	42.6	29.0	43.6	44.8	30.0	31.2
Jui	41.8	29.6	42.7	43.7	30.5	31.5
Jui	38.8	27.2	39.7	40.8	28.1	29.2
Août	37.5	26.2	38.4	39.3	27.1	28.0
Sep	39.1	26.9	40.0	41.0	27.8	28.8
Oct	39.5	25.5	40.5	41.8	26.5	27.8
Nov	35.5	20.2	36.5	37.7	21.2	22.4
Déc	31.4	16.2	32.3	33.4	17.1	18.2

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Richard G. Allen, Luis S. Pereira, Dirk Raes and Martin Smith, 1998: Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and drainage paper 56.

Doorenbos J. et Kassam A.H., 1987: Réponse des rendements à l'eau. Bulletin de l'irrigation et du drainage No 33, Fao, Rome.

Langlois, F., 2006 : Influence de la variabilité de la pluie sur la production agricole dans le bassin de la Volta : exemple du maïs. Volta Basin Focal Project Report No 1. IRD, Montpellier, France and CPWF, Colombo, Sri Lanka, 51 p.

Ir Olivier, D., 2009 : Guide d'utilisation de Cropwat Win. Faculté des sciences agronomiques de Gembloux, Unité d'hydrologie et hydraulique agricole, Passage des déportés 2, 5030 Gembloux, Belgique.

Kamal, B., 2004 : Besoins en eau des cultures dans le périmètre du TADLA. Département du Génie Rural IAV Hassan II, Rabat, Maroc.

Saidati, B. et Samuel, P., 2006 : Evapotranspiration de référence dans la région aride de Tafilalet au Sud-Est du Maroc. Laboratoire de Radiochimie, Faculté des Sciences Mohamed V. Rabat Agdal BP 1014, Maroc.

Division agro météorologie, 2003 : Guide pratique de semis pour différentes zones agricoles du pays. Direction Nationale de la Météorologie, Mali.

Youba, S. et Aissa, T., 2009 : L'adaptation en zone sahélienne : état des lieux, perspectives et contraintes. Liaison Énergie-Francophonie, n°85. www.global-chance.org/spip.php?article161

Commissariat à la Sécurité Alimentaire, 2006 : Plan de sécurité alimentaire, Commune rurale de SANDARE (2007 – 2011). Projet de Mobilisation des Initiatives en matière de Sécurité Alimentaire au Mali (PROMISAM).

Commissariat à la Sécurité Alimentaire, 2006 : Plan de sécurité alimentaire, Commune rurale de MONDORO (2006 - 2010). Projet de Mobilisation des Initiatives en matière de Sécurité Alimentaire au Mali (PROMISAM).

Commissariat à la Sécurité Alimentaire, 2007 : Plan de sécurité alimentaire, Commune rurale de CINZANA (2007 - 2011). Projet de Mobilisation des Initiatives en matière de Sécurité Alimentaire au Mali (PROMISAM).

Commissariat à la Sécurité Alimentaire, 2005 : Plan de sécurité alimentaire, Commune rurale de TABOYE (2005 - 2009). Projet de Mobilisation des Initiatives en matière de Sécurité Alimentaire au Mali (PROMISAM).

FOREST, F. et CORTIER, B., 1991: Diagnostic hydrique des cultures et la prévision du rendement régional du mil cultivé dans les pays du CILSS. Soil Water Balance in the Sudano-Sahelian Zone (Proceedings of the Niamey Workshop). IAHS Publ. No. 199

Bagayoko A, 1995 : Inventaire sur les émissions au Mali, rapport 147p

CE, 2006 : Profil environnemental du Mali, Rapport final, 111p,

Reseau RIZ : Bulletin Semestriel d'information et de liaison du réseau riz, num 01 Juin 2002 17p,

Tall El Hadj et al, 2002 : Étude: sur la problématique foncière dans les périmètres irrigués au Mali. Doc de travail Uv de Wisconsin, 87 p