

03/0239

1. The first part of the document is a list of the names of the persons who were present at the meeting.

2. The second part of the document is a list of the names of the persons who were absent from the meeting.

3. The third part of the document is a list of the names of the persons who were present at the meeting.

4. The fourth part of the document is a list of the names of the persons who were absent from the meeting.

5. The fifth part of the document is a list of the names of the persons who were present at the meeting.

6. The sixth part of the document is a list of the names of the persons who were absent from the meeting.

7. The seventh part of the document is a list of the names of the persons who were present at the meeting.

8. The eighth part of the document is a list of the names of the persons who were absent from the meeting.

9. The ninth part of the document is a list of the names of the persons who were present at the meeting.

10. The tenth part of the document is a list of the names of the persons who were absent from the meeting.

11. The eleventh part of the document is a list of the names of the persons who were present at the meeting.

12. The twelfth part of the document is a list of the names of the persons who were absent from the meeting.

13. The thirteenth part of the document is a list of the names of the persons who were present at the meeting.

14. The fourteenth part of the document is a list of the names of the persons who were absent from the meeting.

15. The fifteenth part of the document is a list of the names of the persons who were present at the meeting.

16. The sixteenth part of the document is a list of the names of the persons who were absent from the meeting.

17. The seventeenth part of the document is a list of the names of the persons who were present at the meeting.

18. The eighteenth part of the document is a list of the names of the persons who were absent from the meeting.

19. The nineteenth part of the document is a list of the names of the persons who were present at the meeting.

20. The twentieth part of the document is a list of the names of the persons who were absent from the meeting.

21. The twenty-first part of the document is a list of the names of the persons who were present at the meeting.

22. The twenty-second part of the document is a list of the names of the persons who were absent from the meeting.

23. The twenty-third part of the document is a list of the names of the persons who were present at the meeting.

24. The twenty-fourth part of the document is a list of the names of the persons who were absent from the meeting.

25. The twenty-fifth part of the document is a list of the names of the persons who were present at the meeting.

26. The twenty-sixth part of the document is a list of the names of the persons who were absent from the meeting.

27. The twenty-seventh part of the document is a list of the names of the persons who were present at the meeting.

28. The twenty-eighth part of the document is a list of the names of the persons who were absent from the meeting.

29. The twenty-ninth part of the document is a list of the names of the persons who were present at the meeting.

30. The thirtieth part of the document is a list of the names of the persons who were absent from the meeting.

03/0239

REPUBLIQUE DU MALI  
Un Peuple-Un But-Une Foi  
\*\*\*\*\*

MINISTERE DE L'EQUIPEMENT DE  
L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE  
DE L'ENVIRONNEMENT ET DE  
L'URBANISME  
\*\*\*\*\*

MINISTERE DE L'EDUCATION  
\*\*\*\*\*

CONVENTION CADRE DES NATIONS UNIES  
SUR LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

## COMMUNICATION INITIALE DU MALI

CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE ET TECHNOLOGIQUE

Septembre 2000



## PREFACE

«La terre ne nous a pas été léguée par nos ancêtres, elle nous a été prêtée par nos enfants». Cette formule imagée pose le problème de l'avenir de notre planète et nous interpelle sur l'état dans lequel nous laisserons «notre boule bleue» aux générations futures.

Les responsables politiques d'aujourd'hui, plus que tous les autres acteurs de la vie sociale, doivent aussi être conscients de la nécessité d'engager des actions énergétiques visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre. C'est dans le souci de répondre à cette préoccupation que la Convention Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique (CCNUCC) a été adoptée en 1992 à Rio de Janeiro au Brésil.

Le Mali, convaincu de l'importance de cet outil juridique international de coopération en matière de préservation du climat, l'a ratifiée le 28 décembre 1994. Ceci est le témoignage de la volonté politique de notre pays à contribuer à l'effort international de protection de l'environnement mondial.

Parmi les obligations de la Convention Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique, auxquelles, les pays Parties doivent satisfaire, figure l'élaboration d'une Communication nationale. C'est dans cette optique, que le Mali avec l'appui de ses partenaires au développement en particulier le PNUD, a élaboré sa Communication nationale. Sans être exhaustive, la Communication nationale présente les politiques et mesures destinées à intégrer les considérations liées aux changements climatiques dans le cadre d'un développement durable tout en suscitant un intérêt réel pour les problèmes liés aux changements climatiques.

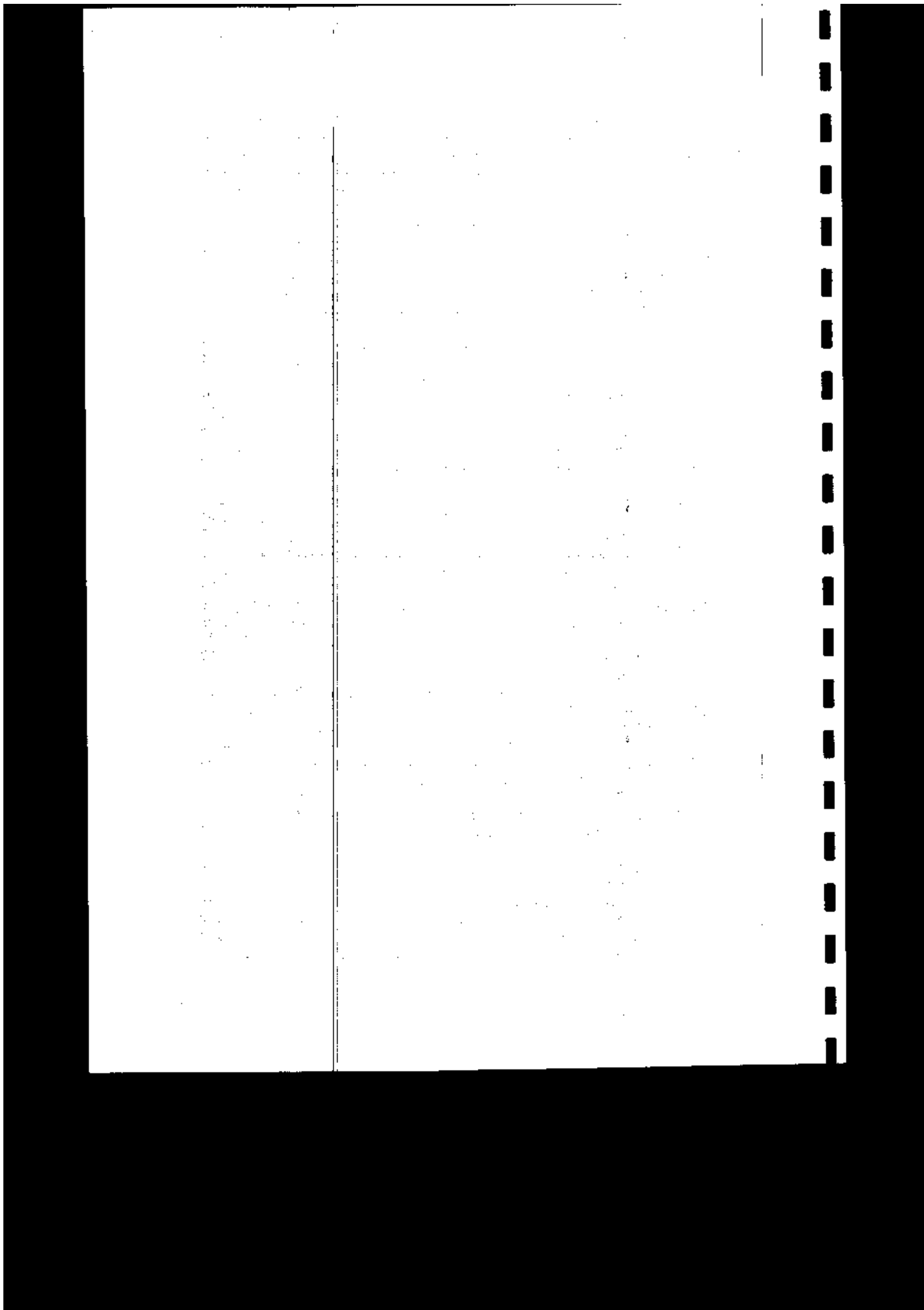
L'élaboration de la Communication nationale est une œuvre continue dont la présente n'est qu'une initiative. Comme toute œuvre, elle reste perfectible et le cadre de concertation et de coordination qu'elle a permis d'initier devrait se poursuivre en vue de sa mise à jour.

Par la même occasion, le Mali lance un vibrant appel à la communauté internationale pour une grande solidarité et une meilleure coopération dans l'effort collectif de préservation du climat. S'il est juste de partager équitablement les avantages de cette préservation, il est également vrai que personne ne pourra se sauver seul. Notre destin aussi commun que lié, dépend de notre habitat : la Terre. Alors préservons-là.



Le Ministre de l'Equipe-  
ment, de l'Aménagement du Territoire,  
de l'Environnement et de l'Urbanisme

**Soumaila CISSE**  
Chevalier de l'Ordre National



## SOMMAIRE

Préface .....	ii
Avant propos .....	v
Liste des sigles .....	vi
Contributeurs .....	x
Résumé .....	xi
<b>Chapitre I : Situation nationale .....</b>	<b>1</b>
1.1. Données nationales .....	1
1.2. Présentation générale .....	1
1.3. Bref aperçu sur l'évolution du climat au Mali .....	2
1.4. Aspects démographiques (population, activités) .....	6
1.4.1. Population et répartition spatiale .....	6
1.4.2. Secteurs d'activité .....	7
1.5. Contexte économique : Evolution de la situation macro-économique .....	8
1.6. Priorités de développement économique et social .....	8
1.7. Principaux secteurs .....	9
1.7.1. Agriculture et développement rural .....	9
1.7.2. Foresterie .....	10
1.7.3. Energie .....	11
1.7.4. Industrie et mines .....	16
1.8. Cadre institutionnel actuel .....	17
1.9. Perspectives de l'économie malienne en rapport avec les CC .....	17
<b>Chapitre II : Inventaire des émissions de GES .....</b>	<b>18</b>
2.1. Inventaire des émissions de GES dans le secteur de l'énergie .....	19
2.1.1. Bilan énergétique du Mali en 1995 .....	19
2.1.2. Structure du bilan .....	22
2.2. Inventaire des émissions de GES dans le secteur des procédés industriels .....	26
2.2.1. Production du ciment et de la chaux .....	26
2.2.2. Utilisation des HFC au Mali .....	27
2.3. Estimation des émissions de GES dans le secteur des Peintures et Solvants .....	28
2.4. Inventaires des émissions de GES dans le secteur de l'Agriculture .....	28
2.4.1. La riziculture .....	30
2.4.2. Feux de brousse .....	32
2.4.3. Résidus agricoles .....	32
2.4.4. Emissions de N <sub>2</sub> O par les sols agricoles et la gestion du fumier .....	32
2.5. Changements d'affectation des terres et foresterie .....	34
2.5.1. Généralités .....	34
2.5.2. Emission et absorption de gaz .....	38
2.6. Estimation des émissions de GES dans le secteur des Déchets .....	41
2.6.1. Déchets solides .....	41
2.6.2. Eaux usées .....	41
2.7. Conclusion générale : synthèse des émissions de gaz à effet de serre au Mali pour l'année 1995 .....	43
<b>Chapitre III : Descriptions des mesures .....</b>	<b>46</b>
3.1. Atténuation .....	46
3.1.1. Energie .....	46
3.1.2. Gestion du transport .....	48
3.1.3. Foresterie .....	50
3.1.4. Agriculture .....	51
3.1.5. Elevage .....	52

3.2. Vulnérabilité/Adaptation .....	52
3.2.1. Impacts sur l'agriculture .....	53
3.2.2. Stratégie d'adaptation dans le secteur de l'agriculture .....	55
3.2.3. Impacts sur les ressources en eau .....	58
3.2.4. Analyse des impacts .....	67
3.3. Les programmes d'actions transversaux (PATN) .....	69
Chapitre IV : Autres informations .....	76
4.1. Difficultés techniques, matérielles et financières rencontrées .....	76
4.2. Propositions de projets sur les changements climatiques .....	76
4.3. Recherche et observation systématique .....	90
4.4. Formation, éducation et sensibilisation du public .....	90
4.5. Mesures institutionnelles .....	91
4.6. Mesures législatives et réglementaires .....	95
Chapitre V : Besoins financiers, technologiques et contraintes .....	96
Références bibliographiques .....	98



## AVANT-PROPOS

Plus de 150 pays de la Communauté Internationale (y compris le Mali) ont 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.

La même année, en Juin, le Mali a signé cette Convention lors de la Conférence des Nations Unies sur l'Environnement et le Développement durable 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".

Dans cette perspective, les Parties Contractantes à la Convention prendront des mesures pour atteindre l'objectif ultime de la convention en veillant sur un certain nombre de principes (article 3).

Selon l'article 12 de la Convention, chaque pays Partie 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 Montreal". Le pays doit également fournir "une description générale des mesures qu'il prend ou envisage de prendre pour appliquer la Convention" ainsi, que toutes autres informations que la partie juge utile pour atteindre les objectifs de la Convention.

Conformément à cet article, le Mali a réalisé pour sa communication initiale les études suivantes :

- l'inventaire des émissions de GES pour l'année 1995 qu'il a adopté comme année de base en fonction de la disponibilité des données nationales. En effet, après une analyse des données nationales de 1990 à 1998, l'équipe nationale a remarqué que l'année 1995 est celle où nous disposons le plus de données pour mener les études d'inventaires et les autres études techniques de la Communication nationale
- la revue des options de politique nationale sur les changements climatiques ;
- l'étude sur les stratégie d'atténuation des émissions de GES dans les secteur de l'énergie, de l'Agriculture, de la foresterie et de l'élevage ;
- l'étude sur la Vulnérabilité/Adaptation aux effets des changements climatiques dans les secteurs de l'Agriculture, des ressources en Eau et de la santé.

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 naturelle et 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 Bureau régional du FEM et le PNUD, dont le soutien financier a permis l'élaboration de la présente Communication Nationale.

Nous remercions également ENDA T.M (Dakar) pour son assistance technique lors de l'exécution des études ayant conduit à cette communication nationale et pour la revue du présent document.

Enfin, qu'il nous soit permis de remercier tous les experts nationaux qui ont intervenu dans les différentes études pour leur disponibilité et leur compétence.

## LISTE DES SIGLES

°C :	degré Celsius
°N :	degré Nord
AC :	Activités conjointes
AEC :	Activités exécutées conjointement
AFRITEC :	Agence de formation de Recherche et d'innovation Technologique
BARRY :	Société d'exploitation aurifère
BHP :	Société Internationale d'Exploitation de l'or
BPAR :	Base de Perfectionnement des Artisans Ruraux
C :	Carbone
CC :	Changements Climatiques
CCNUCC :	Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques
CDAO :	Communauté De l'Afrique de l'Ouest
CEAO :	Communauté des Etats de l'Afrique de l'Ouest
CED :	Cellule Energie Domestique
CEEMA :	Entreprise Malienne de Construction et d'Equipement
CES :	chauffe-eau Solaire
CFC :	Chlorofluorocarbone
CH <sub>4</sub> :	Méthane
CILSS :	Comité Inter-Etats de Lutte Contre la Sécheresse au Sahel
cl :	ion chlorure
cm :	centimètre
CMDT :	Compagnie Malienne de Développement Textile
CNC :	Comité National sur le Climat
CNESOLER :	Centre National d'Energie Solaire des d'Energies Renouvelables
CNRST :	Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique
CO :	Monoxyde de carbone
CO <sub>2</sub> :	Dioxyde de carbone
COFESFA :	Confédération de femmes pour la gestion de déchets urbains
COMAP :	Modèle d'évaluation d'impact climatique
CPS/MSSPA :	Cellule de Planification/Ministère de la Santé, de la Solidarité et des
CRES :	Centre Régional d'Energie Solaire
DDO :	Carburant
DNE :	Direction Nationale de l'Hydraulique et de l'Elevage
DNGR :	Direction Nationale du Génie Rural
DNHE :	Direction nationale de l'hydraulique et de l'Energie
DNHPA :	Direction Nationale de l'Hygiène Publique et de l'Assainissement
DNI :	Direction Nationale de l'Industrie
DNM :	Direction Nationale de la Météorologie
DNP :	Direction Nationale de la Planification
DNRHFFH :	Direction Nationale des Ressources Forestières Fauniques et Halieutiques
DNIS :	Direction Nationale de la Statistique et de l'Informatique
DNT :	Direction Nationale des Transports
DSSAT :	Decision Support System for Agrotechnology Transfer
EDM :	Energie du Mali
ENI :	Ecole Nationale d'Ingénieurs
ENR :	Energies Nouvelles et Renouvelables
ENSUP :	Ecole Normale Supérieure

FAO :	Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture
FEM:	Fonds pour l'Environnement Mondial (en anglais : GEF)
FOFY :	Usine de Fabrique de Matelas en Mousse
g/m <sup>2</sup> :	gramme par mètre carré
GEF:	Global Environment Fund (en français : FEM)
GES:	Gaz à effet de serre
Gg:	Giga grammes (1000 tonnes)
GIEC :	Group Inter-pluridisciplinaire d'Experts sur le Climat
Gj:	Giga joules (10 <sup>9</sup> joules)
GPL:	Gaz de pétrole liquéfié (butane)
GRAT :	Groupe de Recherche et d'application Technologique
GTP :	Groupe de Travail Pluridisciplinaire
Gwh :	Gigawattheure : 10 <sup>9</sup> watt-heure = 10 <sup>9</sup> watt-heures
ha :	hectare
HCFC :	Halochlorofluorocarbone
HUICOMA :	Huilerie Cotonnière du Mali
IER:	Institut d'Economie Rural
IMACO :	Industrie Malienne de Construction
IPCC :	Intergovernmental Panel on Climate Change (en français : GIEC)
IPCC:	Intergovernmental Panel on Climate Change (en français : GIEC)
IRD :	Institut de Recherche et de Développement
IRIS :	Logiciel de simulation d'écoulement dans les rivières
Km :	Kilomètre
Km <sup>2</sup> :	Kilomètre carré
KTEP :	Kilotone Equivalent Pétrole = 10 <sup>3</sup> TEP
KWe :	Kilowatt- Crête
LEAP :	Long-range Energy Alternatives Planning System
m <sup>2</sup> :	mètre carré
m <sup>3</sup> /ha :	Mètre-cube par hectare
m <sup>3</sup> /ha/an :	mètre-cube par hectare par an
MAGIC/SCHUNGEN :	Modèle de Scénario Climatique
MCG :	Modèle de Circulation Générale
MDP :	Mécanisme de Développement Propre
MEATEU :	Ministère de l'Équipement, de l'Aménagement du Territoire, de
METEO:	Service Météorologique Nationale
mg/l :	milligramme par litre
mm/an :	millimètre par an
MTEP :	Méga-Tone Equivalent Pétrole = 10 <sup>6</sup> TEP
MW :	Megawatt : 10 <sup>6</sup> watts
N <sub>2</sub> :	Azote
N <sub>2</sub> O:	Oxyde azoteux
Na <sup>+</sup> :	ion sodium
NMVOC :	Composés Méthaniques non Volatils
NOx:	Oxydes d'azote
OMM :	Organisation Météorologique Mondiale
OMVS :	Organisation pour la mise en Valeur du Fleuve Sénégal
ONAP :	Office Nationale des Produits Pétroliers
ONG :	Organisation Non Gouvernementale
ONG :	Organisation non Gouvernementale
ORM :	Office Riz Mopti

ORS :	Office Riz Ségou
ORTM :	Office de Radiodiffusion et Télévision du Mali
PASA :	Programme d'Ajustement Sectoriel Agricole
PASE :	Programme d'Ajustement Sectoriel de l'Education
PASEP :	Programme d'Ajustement Sectoriel des Entreprises Privées
PIB :	Produit Intérieur Brut
PME :	Petites et Moyennes Entreprises
PMI :	Petites et Moyennes Industries
PNAE/CID :	Plan National d'Action Environnementale/Convention Internationale
PNUD :	Programme des Nations Unies pour le Développement
PP :	Produits Pétroliers
PRG :	Potentiel de Réchauffement Global
Projet RAF/93/G31 :	Projet Régional PNUD/FEM de renforcement de capacité ayant
PSE :	Programme Spécial Energie
PV :	Photovoltaïque
R-11 :	Fréon 11
RANDGOLD :	Société d'exploitation aurifère
RCFM :	Régie des Chemins de Fer du Mali regroupé le Mali, le Ghana, Zimbabwe et le Kenya
SADA-SA :	Entreprise privée industrielle de fabrication de matériel plastique, de
SAP :	Système d'Alerte Précoce
SAR :	Société Africaine de Raffinage savon, de vinaigre, d'eau de javel
SIG :	Système d'Information Géographique
SIMOREV :	Usine de fabrication de Matelas Mousse et de Vernis
SNMO :	Stratégie Nationale de mise en Œuvre
SO <sub>2</sub> :	Oxyde Sulfureux
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> :	ion sulfate
SOCIMA :	Société de Ciment du Mali
SOMABIPAL :	Société Malienne de Biscuiterie et de Pâtes Alimentaires
SORGEF :	Modèle d'Analyse du Rendement du Sorgho
STH :	Solaire Thermique
STP-CIGOE :	Secrétariat Technique Permanent du Cadre Institutionnel de Gestion
SUKALA :	Complexe Sucrier du Kala Supérieur sur la Désertification
T :	Tonne
TE-CO <sub>2</sub> :	Tonne-Equivalent CO <sub>2</sub>
TEP :	Tonne Equivalent Pétrole
UEMOA :	Union Economique et Monétaire Ouest Africaine
WATBAL :	Water balance Model

## **Contributeurs:**

Equipe nationale de coordination des projets PNUD/FEM GEF RAF/93/G31 et MLI/97/G32

Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique

BP 3052

Email :projet-gef @spider toolnet.org

Groupe national de travail du projet RAF/93/G31

Groupe national de travail du projet PNUD/FEM MLI/57/G32

ENDA Energie Dakar Sénégal

## RESUME

### 1. Généralités :

Les changements climatiques font partie des priorités du gouvernement malien.

En effet, le Mali a signé la Convention Cadre des Nations Unies sur les changements climatiques en 1992 à Rio de Janeiro et l'a ratifiée le 28 Décembre 1994.

Comme la plupart des pays africains, la préoccupation du Mali dans le cadre de la Convention porte moins sur la réduction de ses émissions mais plutôt sur la prévision et la gestion des impacts potentiels à cause de la grande vulnérabilité du pays.

Actuellement, le Mali a entrepris de prendre en compte la dimension des changements climatiques dans les plans nationaux de développement. De telles mesures nécessitent des ressources humaines bien formées, des ressources financières suffisantes et un cadre institutionnel adapté.

La situation nationale est résumée dans le tableau 1.1. Elle se caractérise par une population majoritairement rurale (76 %) une industrialisation faible. L'économie est essentiellement agro-pastorale (47 % du PIB). Les ressources énergétiques sont principalement constituées par l'exploitation du bois énergie dans le secteur domestique, l'importation des hydrocarbures dont le Mali n'en produit pas et l'utilisation timide des énergies nouvelles et renouvelables. Le projet sous-régional du barrage de Manantali dans le cadre de l'organisation pour la mise en valeur du fleuve Sénégal (OMVS) regroupant le Mali, la Mauritanie et le Sénégal contribuera à renforcer la situation énergétique. A cela, il faut également ajouter la prochaine inter connexion du réseau national avec d'autres pays voisins.

La part importante de ses ressources agro-pastorales, forestières la faiblesse de son industrie font que le Mali est très vulnérable aux effets néfastes des changements climatiques même s'il est parmi les moins pollueurs.

### 2. Inventaire des gaz à effet de serre :

L'inventaire des GES au Mali a été réalisé selon la méthodologie de la version révisée de 1996 du Guide IPCC. Les résultats sont présentés dans le tableau 2. Comme on peut le remarquer, le Mali était un puits net de CO<sub>2</sub> en 1995 (-13898,58 Gg).

### 3. Description générale des mesures :

Conformément aux résultats des inventaires, en tenant compte de sa vulnérabilité et de ses priorités de développement, le Mali a formulé un certain nombre de mesures.

#### 3.1. Mesures d'atténuation :

##### 3.1.1. Energie

##### a) promotion des équipements économes d'énergie :

Cette option a pour buts d'accroître l'efficacité des équipements domestiques utilisant le bois énergie et le pétrole (foyer amélioré, four et fourneau) et de favoriser leur utilisation à large échelle.

##### b) Promotion des énergies nouvelles et renouvelables :

Cette option vise à favoriser l'utilisation des énergies nouvelles et renouvelables notamment l'énergie solaire photovoltaïque à grande échelle à travers une politique de baisse du prix d'achat des équipements. Cette promotion de prix pourrait se faire par une suppression des

## RESUME

obstacles financiers et technologiques suppression des tarifs douaniers à l'importation, subvention de prix à travers les banques, le secteur privé les caisses d'épargne etc.).

### c) Promotion de l'hydroélectricité :

L'hydroélectricité occupe actuellement 50 % de l'énergie électrique disponible. L'augmentation de cette part au détriment de l'importation des hydrocarbures (qui sont émetteurs de GES) augmentera avec l'achèvement du volet énergie du barrage de Manatali (projet sous-régional) prévu pour 2001 et en valeur progressive de micro-centrales.

### d) Importation d'énergie électrique à partir des pays voisins :

L'interconnexion du réseau national avec des pays voisins a déjà commencé. Cette option favorisera la réduction de la part de l'électricité d'origine thermique pour la couverture des besoins nationaux.

### e) Valorisation des résidus et sous-produits agricoles :

La consommation des ménages en bois énergie atteint pour le bois et le charbon de bois respectivement 180 376 Tep et 61 000 Tep. Une valorisation des résidus et sous-produits agricoles comme SENAGRI permettra de réduire cette consommation.

### f) Gestion du transport :

Dans le domaine des transports, les mesures suivantes sont envisagées :

- la gestion rationnelle des voies de transport,
- la formation, l'information et la sensibilisation des conducteurs aux méthodes de conduite économes d'énergie.
- l'entretien technique du parc automobile
- les mesures incitatives comme la promotion du transport urbain et interurbain, l'accroissement des taxes sur le transport des véhicules d'occasion etc.

### g) Forêtierie :

La forêtierie concerne 100 millions d'hectare et contribue à la création d'un puits de CO<sub>2</sub> pour le Mali d'environ 14853,14 Gg. Les options d'atténuation des émissions de GES envisagées dans ce secteur sont :

- l'amélioration des techniques culturales pour éviter la déforestation (exemple : agriculture intensive, restauration des pâturages...),
- l'intensification du reboisement à travers des mesures incitatives,
- la limitation de l'avancée du désert par la fixation des dunes de sable.

### h) Agriculture :

Les mesures d'atténuation portent sur :

- la réduction des émissions de CH<sub>4</sub> à travers une meilleure gestion des eaux d'irrigation au niveau des superficies rizicoles,
- la réduction des émissions de N<sub>2</sub>O par la production et l'adoption massives d'engrais de substitution aux engrais azotes comme la fumure organique et le phosphate naturel.

### i) Elevage :

Au Mali, le secteur de l'élevage occupe une part importante dans les émissions de méthane (277,88 Gg). Les mesures d'atténuations prévues sont :

- le développement de l'élevage par stabulation pour orienter l'alimentation du bétail,



- l'association de l'utilisation des digesteur à l'élevage semi-intensif pour la production de biogaz.

### 3.2. Mesures d'adaptation :

A cause de leur importance dans l'économie nationale et de leur vulnérabilité, les mesures d'adaptation aux effets des changements climatiques ont porté sur l'agriculture et les ressources en eau et la santé.

#### a) Agriculture :

Dans le domaine de l'agriculture, les mesures d'adaptation prévues sont :

- le suivi agrohydrométéorologique des cultures et des pâturages,
- l'assistance agrométéorologique au monde rural,
- la recherche de variétés adaptées aux effets des changements climatiques.

#### b) Ressources en eau :

L'analyse des impacts dans le secteur des ressources en eau a conduit à envisager les mesures suivantes :

- la réalisation d'ouvrages pour la couverture des besoins en eau des population surtout dans les zones arides et semi-arides,
- la maîtrise des eaux de surface et leur utilisation conjointe avec les eaux souterraines pour la satisfaction des besoins,
- la protection des eaux contre la pollution,
- la mise en œuvre de programmes de lutte contre l'ensablement des fleuves et des marres.

#### c) Santé (cas de la méningite) :

Les épidémies de méningites constatées au Mali se sont produites durant les mois les plus chauds et secs avec des pics en 1981 et 1996.

Les mesures d'adaptation prévues sont la sensibilisation de la population aux mesure d'hygiène et la vaccination à temps des populations les plus vulnérables.

### 4. Autres informations :

#### 4.1. Difficultés techniques, matérielles et financières rencontrées :

Les difficultés rencontrées se résument au manque de données dans certains secteur à l'insuffisance de l'expertise humaine, aux lacunes dans le cadre institutionnel et à l'insuffisance des ressources financières et matérielles.

#### 4.2. Proposition de projets :

Dans le cadre de la mise en œuvre de la Convention, une liste non exhaustives de projets a été élaborée. Ce sont :

1. Elaboration d'un scénario de changements climatiques,
2. Etude de vulnérabilité/adaptation du coton et maïs aux effets des changements climatiques au Mali,
3. Projet de promotion de l'utilisation des combustibles à base de résidus agricole comme substitut au bois énergie,
4. Etude de l'impact des changements climatiques sur de petits bassins pilotes (projet de Vulnérabilité/adaptation),

## RESUME

5. Amélioration de la gestion de l'eau pour la riziculture irriguée à l'Office du Niger (Projet d'atténuation),
6. Gestion de la végétation autochtone pour la réhabilitation d'espaces pastoraux dégradés dans la zone aride de l'Afrique. Cas du Mali (projet d'adaptation),
7. Reboiser en s'équipant (projet d'atténuation),
8. L'association de l'utilisation de digesteurs pour la production du méthane à des besoins énergétiques à l'élevage semi-intensif périurbain (projet d'atténuation)
9. Projet d'information de formation et de sensibilisation sur les enjeux des changements climatiques et sur le protocole de Kyoto,
10. Elaboration d'un système d'information d'aide à la décision dans la gestion des ressources naturelles en fonction des changements climatiques (projet d'adaptation),
11. Mesure de facteurs locaux d'émission de gaz à effet de serre (GES),
12. Réhabilitation du Centre Régional d'Energie Solaire (CRES) de Bamako (projet d'atténuation)
13. Projet de lutte contre l'ensablement (projet d'adaptation)

### **4.3. Recherche et observation systématique :**

Le Mali n'a pas un programme spécial de recherche dans le domaine des changements climatiques. Les initiatives actuelles à l'Université et dans les autres institutions de recherche restent très limitées par le manque d'équipement et l'insuffisance des ressources humaines. La communauté internationale doit aider à lever cet obstacle.

### **Formation, éducation et sensibilisation du public :**

Les conditions indispensables pour la prise en compte des problèmes climatiques dans les activités de développement sont :

- La formation de cadres nationaux dans le domaine des changements climatiques,
- L'information et la sensibilisation des décideurs,
- Les récentes filières de formations ouvertes à l'Université dans les domaines de la Physique de l'Atmosphère (ISFRA) et en Energétique (ENI) devrait servir pour augmenter le niveau national l'effectif des cadres techniquement outillés pour l'analyse des questions climatiques.

Parallèlement, des bourses de formation et de perfectionnement devraient être solliciter auprès de la communauté internationale pour la satisfaction de ce besoin de formation pour la mise en œuvre de la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC).

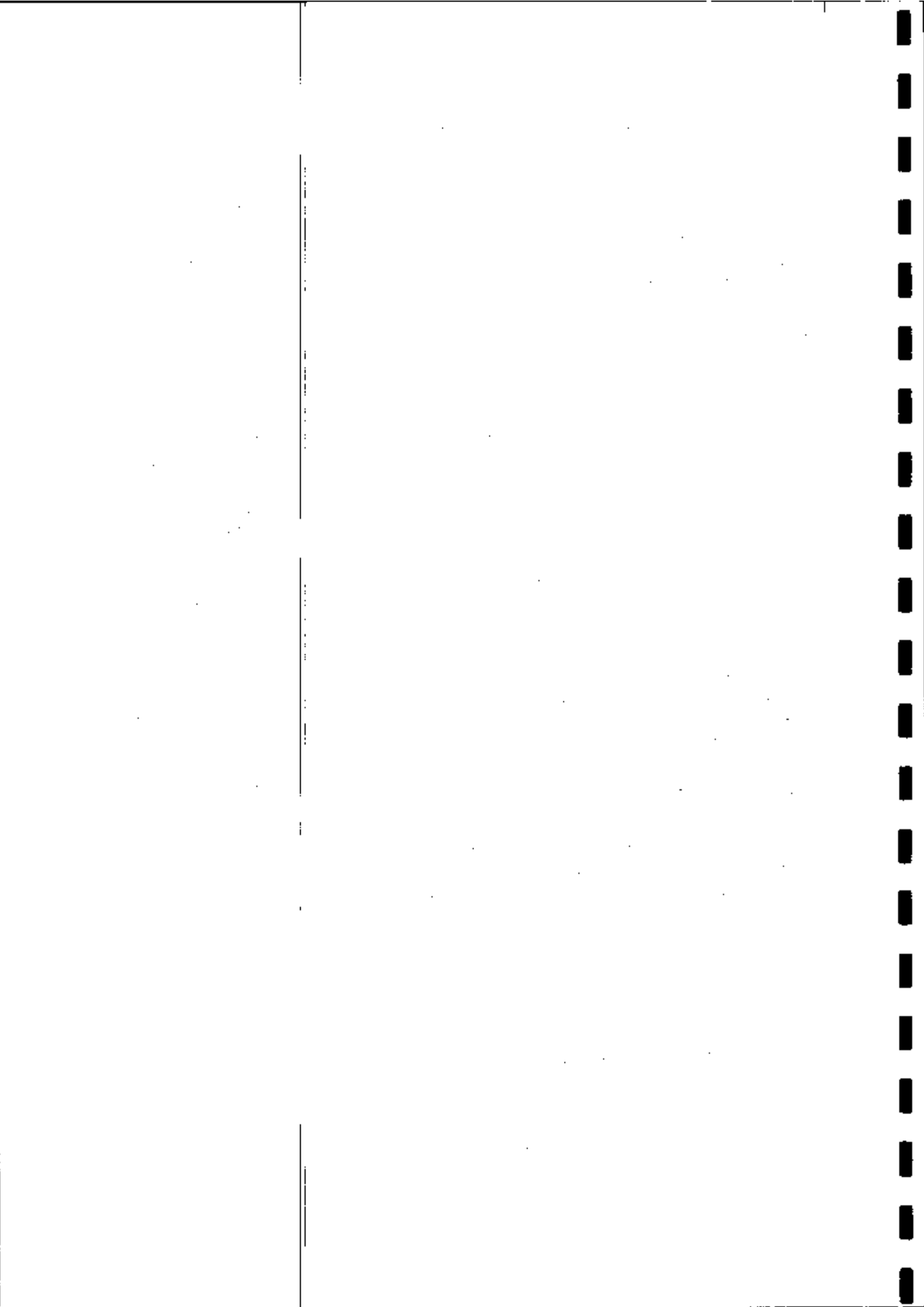
**Mesures institutionnelles et législatives :**

A partir de 1998, un cadre institutionnel de gestion des questions environnementales a été mis en place. Il a permis de mettre un accent sur le suivi des Conventions et traités internationaux auxquels le Mali a souscrit.

Cependant, pour plus d'efficacité, ce cadre institutionnel nécessite d'être amélioré par une prise en compte de manière spécifique des différentes Conventions notamment, la CCNUCC par la création du Comité National sur le Climat.

**5. Besoins financiers, technologiques et contraintes :**

Afin d'améliorer la qualité des prochaines Communications Nationales, il est nécessaire d'instaurer au niveau national un système permanent d'observation et de suivi des paramètres permettant d'évaluer les impacts des changements climatiques. Pour ces besoins, des ressources financières et technologiques et un renforcement de l'expertise humaine sont indispensables.



La situation générale du pays est résumée dans le tableau 1.1

### 1.1. Tableau 1.1: données nationales du Mali

[illegible]

\* Les comptes économiques du Mali série révisée 1980-1995 (DNSI, Mars 1997).

\*\* Perspectives de la population résidente du Mali de 1987 à 2022 (BCR-DNSI 1992 Tome 6)

### \*\*\* Estimation

\*\*\*\* Rapport du développement durable humain PNUD, 1994

\*\*\*\*\* Enquête malienne de conjoncture économique et sociale DNSI, 1994

Le Mali est situé en Afrique de l'Ouest et s'étend entre le 10<sup>ème</sup> et le 25<sup>ème</sup> degré de latitude Nord d'une part et d'autre part entre le 4<sup>ème</sup> degré de longitude Est et le 12<sup>ème</sup> degré de longitude Ouest, sur une superficie de 1 241 231 km<sup>2</sup> au Sud du Sahara, sans accès à la mer. Le climat y est intertropical à caractère Soudano-sahélien, avec des températures élevées (moyenne entre 26 et 30°C), une seule saison de pluies par an (de juin à octobre) et de faibles précipitations (le niveau de la pluviométrie varie de 200 mm à 1200 mm).

La diversité écologique du Mali se traduit par des situations forestières très contrastées entre les savanes arbustives du Nord du pays qui portent moins de 10 m<sup>3</sup>/ha, à la brousse tigrée, qui couvre 25 % du Sud du pays avec des volumes sur pied atteignant souvent 20 à 40 m<sup>3</sup>/ha, jusqu'aux forêts de la zone Soudano-guinéenne, entre 50 et 80 m<sup>3</sup>/ha, et parfois même plus de 100 m<sup>3</sup>/ha dans les forêts galeries de l'Ouest du pays.

Sur le plan hydrographique le pays est arrosé par deux grands fleuves et leurs affluents. Il s'agit du fleuve Sénégal long de 1800 km dont près de la moitié au Mali, et du fleuve Niger (4200 km dont 1780 km au Mali).

## SITUATION NATIONALE

Seuls 14 % de la superficie totale du pays sont des terres aptes à l'agriculture et 25 % sont des terres impropres aux cultures mais se prêtant aux pâturages et à la production de bois. La superficie totale cultivée ne représente que 12 % de la superficie cultivable. Cependant certaines terres demeurent surexploitées.

Le secteur agricole est le plus gros pourvoyeur d'emplois, près de 75 % de la population vivent dans les zones rurales. L'essentiel de la production du Mali provient du secteur agricole (l'agriculture, l'élevage, et la pêche). L'agriculture contribuait pour 38 à 49% du PIB entre 1982 et 1992 (source Banque Mondiale 1995). L'agriculture est essentiellement extensive et s'étend de l'extrême Sud du pays (zone soudano-guinéenne) jusqu'à la limite septentrionale de la zone sahélienne.

A côté de la production vivrière (mil, sorgho, maïs, riz, etc.), les principales cultures de rente sont le coton au Sud, et l'arachide principalement au Sud-Ouest. Le coton constitue la principale source d'exportation du pays, la production a été estimée environ à 400 000 tonnes au cours de la campagne 1995-1996. L'agriculture fournit aussi l'essentiel des matières premières pour le secteur manufacturé.

L'élevage, qui compte pour 16,8% du Produit Intérieur Brut (PIB) global et 35% du PIB agricole est traditionnellement aussi important que l'agriculture dans l'économie malienne. Après la dévaluation du franc CFA (monnaie locale) intervenue en 1994, les exportations de bovins sont en nette augmentation ces dernières années.

D'un point de vue économique, le Mali est classé parmi les pays les plus pauvres du monde. L'économie du Mali est basée sur le secteur primaire (environ 50 % du PIB et 2/3 des recettes d'exportation) qui dépend fortement des variations climatiques.

En plus de la dépendance de l'économie malienne aux variations météorologiques, elle est aussi très vulnérable aux mouvements négatifs sur les marchés internationaux des produits de base. Ces contraintes ont eu pour résultat une épargne nationale limitée, la dépendance de l'aide étrangère, et un faible transfert d'emplois de l'agriculture vers l'industrie.

Pour ce qui est de la démographie, la population du Mali est très inégalement répartie. Elle est estimée à 9 012 858 habitants en 1995 dont près des 3/4 (75 %) vivent en milieu rural.

Le niveau d'industrialisation du pays est faible, il n'y a pratiquement pas d'industries lourdes. Ce sont les industries de transformation des produits agricoles qui prédominent. Ces dernières années, on assiste à un développement du secteur minier, surtout dans le secteur de l'or, avec la création et l'installation de plusieurs sociétés minières. La plus grande mine d'or du pays (mine de Sadiola) vient de commencer sa production cette année avec une consommation journalière de 110 000 litres de carburant. En outre plusieurs permis de recherche sont délivrés.

### 1.3. Bref aperçu sur l'évolution du climat au Mali :

Le Mali fait parti des pays où le couvert végétal s'est dramatiquement dégradé aux cours des quatre (4) voire cinq (5) dernières décennies. Ces pays se situent non seulement au Sahel élargi (bande comprise entre 12° et 16° N et s'étendant de l'Atlantique à l'Ethiopie) mais également dans les zones côtières Ouest-Africaine (Guinée, Côte-d'Ivoire, Ghana, Togo, Bénin.).

Au Mali, des zones actuellement semi-désertiques étaient il y a 40 à 50 ans des savanes très boisées, voire des forêts-galeries où prospéraient une faune abondante, de grands mammifères

et des oiseaux de toutes variétés. C'était le cas du Nord Ouest (Kaarta, Bélé Dougou) du Delta (grande cuvette inondée pendant la crue du fleuve Niger), du pays Dogon, du Liptako-Gourma.

C'est pourquoi jusqu'à la fin des années 50, la carte du climat et de la végétation du Mali révélait une vaste zone de savane arborée et même de forêt galerie caractérisée par des isohyètes allant de 500mm (partie centrale rétrécie autour de la ville de Mopti appelée Venise du Mali) à 1 500mm (pointe sud). A cette époque la steppe sahélienne s'étendait jusqu'aux environs de Tombouctou et de Menaka, le régime des pluies était caractérisé par des maximums de plus de 300 mm pour Bamako la capitale du pays (12°38' N, 8° Ouest), 100 mm pour Gao (16° N, 0°) la capitale de l'empire Songhoï du 16<sup>ème</sup> siècle.

Actuellement (depuis 10 à 15 ans) la situation est la suivante :

- disparition totale des isohyètes de 1500 mm, les maxima étant inférieurs à 1300 mm.
- sabélisation de la savane
- progression (vers le sud) des zones désertiques et semi-désertiques jusqu'à la latitude de Mopti (14° 31' N).

Le Mali comme tous les pays sahéliens est donc aujourd'hui gravement menacé par la désertification qui est le résultat de la conjonction de deux phénomènes :

- la sécheresse d'une part ;
- l'exploitation du couvert végétal et l'utilisation du sol par des pratiques destructives d'autre part.

Si la sécheresse peut être considérée comme un phénomène naturel périodique dans cette partie du continent, sa très grande fréquence constatée ces dernières années et l'élévation des températures moyennes sont les prémisses d'un changement du climat au niveau planétaire.

Ainsi pour sensibiliser les populations et les responsables locaux nous évoquons les liens de cause à effet entre le phénomène de désertification et la production de gaz à effet de serre ou la destruction de puits de CO<sub>2</sub> suite au défrichement, à la coupe des forêts, aux feux de brousse etc.

La désertification accélérée n'aurait pas pu s'installer durablement si trois facteurs stabilisateurs qui prévalaient auparavant, avaient pu être sauvegardés :

- l'équilibre (voir l'harmonie) entre les centres urbains (de dimensions modestes avant les années 70) et les zones rurales, l'exode rural massif étant inexistant ;
- la satisfaction des besoins énergétiques domestiques par le ramassage du bois mort ;
- le contrôle des défrichements et des feux de brousse.

Les grandes sécheresses de 1913-1916 et de 1944 -1948 l'ont bien montré car bien qu'elles soient accompagnées de disettes terrifiantes que les vieux évoquaient avec peine et crainte, aucun processus de désertification ne s'en est découlé.

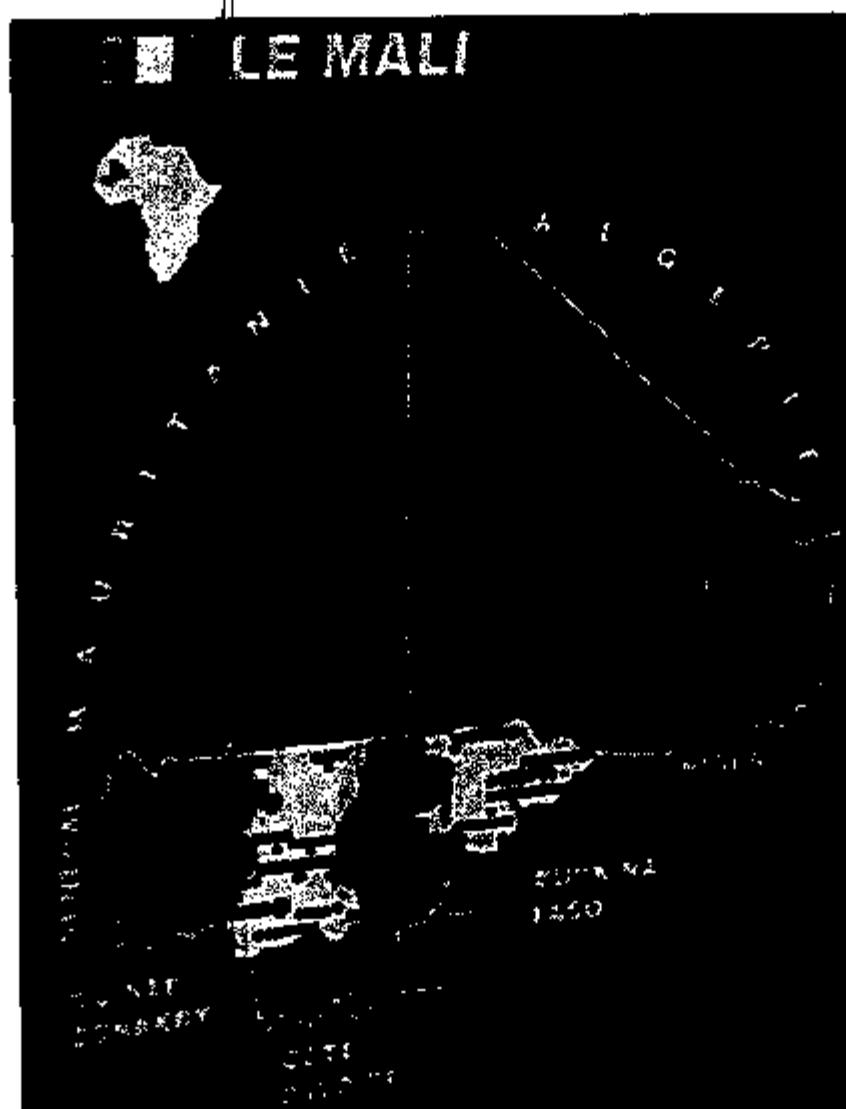
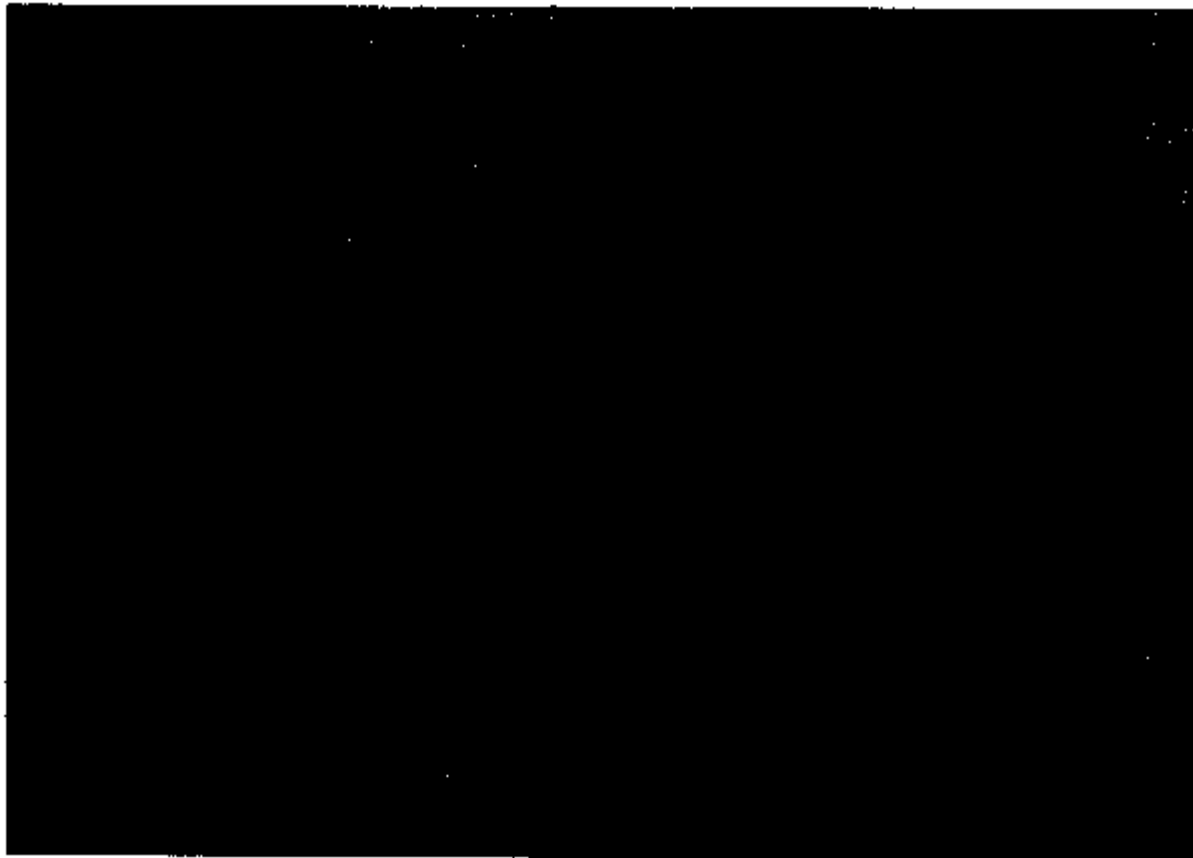


Photo n° 1 : Localisation du Mali et Régions Administratives





**Figure 1.1. Répartition des zones climatiques et agricoles du Mali**

Tableau 1.2 : Zonage climatique et agro-écologique du Mali

			Zonage climatique	
			Température	Pluie
1	2	3	4	5
6	7	8	9	10
11	12	13	14	15
16	17	18	19	20
21	22	23	24	25
26	27	28	29	30
31	32	33	34	35
36	37	38	39	40

Source : PNAE 1994

*\*Plages de valeurs déduites par rapprochement de sources diverses d'estimation, incluant en particulier : le document de synthèse du PNAE / PAN-CID (décembre 1997), le rapport final de la politique nationale de population (décembre 1991)*

#### 1.4.Aspects-démographiques (population, activités)

##### 1.4.1. Population et répartition spatiale

La population, qui comptait 4,2 millions d'habitants en 1960, a plus que doublé en 35 ans, passant à environ 9 012 858 millions en 1995. Elle s'accroît en moyenne de 3,2 % par an, ce qui conduit à prévoir un effectif de 24 millions d'habitants en 2025<sup>1</sup>.

Les Maliens restent encore en majorité des ruraux, malgré une hausse continue du taux d'urbanisation, lequel est passé de 5% en 1960 à 24% en 1995. Les plus fortes densités de peuplement se localisent dans :

<sup>1</sup> Plages de valeurs déduites par rapprochement de sources diverses d'estimation, incluant en particulier : le document de synthèse du PNAE / PAN-CID (décembre 1997), le rapport final de la politique nationale de population (décembre 1991)

<sup>2</sup> In Banque Mondiale : La coopération Mali-Banque Mondiale 1996 ; p. 140

SITUATION NATIONALE

- le triangle Bamako-Mopti-Sikasso, correspondant sensiblement au bassin Sud du fleuve Niger, et qui abrite 5 millions d'habitants,
- les sous-systèmes de Kayes et de Kita-Bafoulabé, dans la vallée du fleuve Sénégal, et où vivent 800 000 habitants,
- les sous-systèmes du Nord : Tombouctou et Dogon-Seno avec 950 000 habitants,
- les sous-systèmes Est : Gao-Ménaka avec 330 000 habitants.

Pour les principales villes (de population dépassant 20.000 habitants), les estimations démographiques pour 1995 sont les suivantes<sup>3</sup> :

**Tableau 1.3 : Estimation de la population des principales villes du Mali en 1995**

	</		

**Source :** *Projet GEF/CNRST*

#### 1.4.2. Secteurs d'activité

Le nombre d'actifs est de l'ordre de 5 millions de personnes<sup>4</sup>. L'effectif des salariés, permanents ou saisonniers, est estimé à environ 900.000, et se répartit comme suit :

- 75% pour le secteur primaire (agriculture, élevage, foresterie et pêche),
- 10% pour le secteur secondaire (industrie manufacturière, mines, artisanat).

<sup>5</sup> CNRST Inventaire des gaz à effet de serre : déchets & procédés industriels

<sup>1</sup> DNP : Politique nationale de population ; thème IX (Protection et préservation des ressources naturelles renouvelables), décembre 1991

## SITUATION NATIONALE

- 15% pour le secteur tertiaire (services publics, civils et militaires, professions libérales formelles).

### 1.5. Contexte économique : Evolution des agrégats macro-économiques

L'évolution des principaux agrégats économiques du pays de 1990 à nos jours a été la suivante :

Tableau 1.4 : Evolution macro-économique du Mali de 1990 à 1998

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
PIB									
PIB par habitant									
PIB en volume									
PIB en valeur									
PIB en volume constant									
PIB en valeur constant									
PIB en volume constant									
PIB en valeur constant									
PIB en volume constant									
PIB en valeur constant									

Source : Direction Nationale de la Planification

\* Estimations

\*\* Prévisions

NI Non Indiqué

### 1.6. Priorités de développement économique et social :

Dès 1960, le Mali nouvellement indépendant a choisi de créer un vaste secteur étatique d'Etat dans toutes les branches d'activité, en se dotant simultanément des instruments de souveraineté, dont la monnaie nationale (*franc malien*, 1962). Des efforts vigoureux furent engagés en particulier pour le développement de l'industrie, du commerce, des transports routiers et aériens, de l'éducation et de la santé. Le développement général fit l'objet de plans quinquennaux sur le modèle des économies à planification centralisée.

Mais les limites objectives de cette stratégie de développement sont apparues dès le milieu de la 1<sup>ère</sup> décennie post-indépendance. La faiblesse des ressources publiques disponibles au regard des besoins de financement et la non compétitivité de la monnaie dans l'environnement économique régional et international ont rapidement contribué à aggraver la situation macro-économique du pays au cours des années 1970. Le déséquilibre croissant ressources/dépenses a provoqué une accumulation d'impayés tant intérieurs (retard chronique des salaires, arriérés envers les entreprises privées et publiques) qu'extérieurs (endettement envers les grands bailleurs de fonds étrangers).

Le taux annuel de croissance de l'économie a connu alors une longue période de stagnation, voire de régression : il n'a été que de 2% par an en moyenne avant 1988, restant sensiblement inférieur au taux d'accroissement démographique (3,1% par an).

C'est pour redresser cette situation critique que le Gouvernement a accepté à partir de 1982 de s'engager dans une série de programmes de stabilisation et d'ajustement structurel de l'économie, en accord avec ses principaux partenaires internationaux. Le Mali a rejoint l'Union Monétaire Ouest-Africaine avec le franc CFA comme monnaie en 1984. Des progrès sensibles sont alors enregistrés durant la période 1983-86 ; mais ils n'ont pas résisté face à des dérapages sérieux, qui provoquèrent l'arrêt de l'effort d'ajustement en 1987, suivi d'une détérioration accélérée de la situation économique.

La reprise des négociations s'imposant avec les bailleurs de fonds, notamment la Banque Mondiale, le Mali a depuis lors entrepris des réformes économiques plus profondes : Programme d'ajustement sectoriel des entreprises publiques (PASEP, 1988), Programme d'ajustement sectoriel agricole (PASA, 1990), Programme d'ajustement sectoriel de l'éducation (PASE, 1995). A la faveur de ces nouveaux efforts, le PIB s'est accru en moyenne de 3% par an entre 1988 et 1993, puis respectivement 2,4% et 6% en 1994 et 1995<sup>5</sup>.

Le produit intérieur brut pour 1995 est estimée à 1105,4 milliards de francs CFA, dont la provenance par grands secteurs d'activité est la suivante<sup>6</sup> :

- Primaire : 47%
- Secondaire : 18%
- Tertiaire : 35%

La reprise économique observée depuis 1994 reste fragile. Aussi le Gouvernement poursuit-il une stratégie macro-économique axée sur la politique d'amélioration de la production et le développement humain durable. Les objectifs dictés par ces options de politiques sont :

- la modernisation des secteurs productifs et leur meilleure intégration intérieure et sous-régionale ;
- la réduction progressive du déficit des finances publiques : Sur le budget 1995, les dépenses ont atteint 291,0 milliards de F CFA contre des recettes de 160,7 milliards de F CFA, soit un gap de 130,3 milliards de F CFA ou un taux de couverture recettes / dépenses de 55,2% ;
- l'allègement de la dette extérieure : le cumul de celle-ci, 1395,2 milliards de F CFA en 1995 équivaut à 113,6% du PIB, tandis que le service total de la dette (83,5 milliards de F CFA) absorbe 52% des recettes budgétaires et 35,6% des exportations nationales ;
- la maîtrise de la croissance démographique, à travers notamment la promotion de la planification familiale et l'éducation en matière de santé de la reproduction ;
- la promotion des services sociaux de base pour le développement humain (santé, éducation, emploi, accès à l'eau potable).

### 1.7. Principaux secteurs

#### 1.7.1. Agriculture et développement rural

Le secteur rural contribue encore à plus de 40% au produit intérieur brut (PIB).

La superficie cultivable est estimée au Mali à 43,4 millions d'hectares, soit 28% du territoire national. Par suite de contraintes diverses (carences graves en sels minéraux, aridité, faible teneur en matière organique), seulement 12 millions d'hectares (soit 30% du potentiel disponible) sont des sols cultivés.

Les productions agricoles comprennent [12] :

- les céréales : millet (900.000 T), sorgho (750.000 T), riz (470.000 T), maïs (320.000T)<sup>7</sup> ;
- le coton<sup>8</sup> : produit principalement sous encadrement de la Compagnie Malienne de Développement des Textiles (CMDT), il constitue en valeur la première source de recettes nationales d'exportation ; en 1995-96, le Mali a récolté 406.000 T de coton-graine et vendu pour 138 milliards de F CFA de coton-fibre..)
- la canne à sucre (260.000 T),
- l'arachide,
- les fruits et légumes.

<sup>5</sup> De l'avis de nombreux experts internationaux, la dévaluation du franc CFA, intervenue le 12 janvier 1994, est à considérer comme ayant été un instrument efficace d'ajustement structurel externe de l'économie malienne.

<sup>6</sup> In *Banque Mondiale* : La coopération Mali-Banque Mondiale 1996 ; p. 139

<sup>7</sup> Chiffres de la campagne agricole 1994-95 ; source DNSI

<sup>8</sup> Rapport annuel CMDT. CAMPAGNE 1995-96

## SITUATION NATIONALE

Les effectifs du cheptel vif au Mali sont indiqués dans le tableau ci-dessous.

Tableau 1.5 : Effectifs du cheptel national


Le bétail vient au second rang des exportations nationales.

La pêche procure entre 60.000 et 130.000 tonnes de produits halieutiques par an selon l'importance des crues et la durée des inondations.

### 1.7.2. Foresterie :

Le domaine forestier national couvre 100 millions d'hectares, dont l'essentiel est constitué par des formations ligneuses occupant 32,3 millions d'hectares. Dans ce vaste domaine, on trouve une part importante de formations végétales agricoles constituées par 5,7 millions d'hectares de terres cultivées et 9,1 millions d'hectares de réserve. Les formations forestières et les espaces boisés proprement dits couvrent 17,4 millions d'hectares - dont 12,9 millions d'hectares de peuplement naturel et 4,5 millions d'hectares de forêts anthropiques - et incluent 2,5 millions d'hectares de parcs forestiers.<sup>9</sup>

Les terres agricoles situées au-dessous de la zone sahélienne nord portent en moyenne 20 à 100 arbres à l'hectare, selon que l'on se trouve dans les dépressions ou sur les hautes terres. On estime à 520 millions de mètres cubes le volume sur pied des formations ligneuses, avec un accroissement annuel de 37 millions de mètres cubes. Le domaine forestier national se répartit entre les six zones agro-climatiques du pays, pour lesquelles des estimations des taux de couverture ont été faites. Ces estimations donnent des taux de couverture de 5 m<sup>3</sup>/ha (sur les cuirasses ou les sols rocheux) à 100 m<sup>3</sup>/ha (sols profonds des plaines d'épandage) pour la zone soudanaise, 10 m<sup>3</sup>/ha pour les zones nord, 20 à 40 m<sup>3</sup>/ha pour les brousses tigrées.

Cette variation est également observée au niveau de la régénération, avec un accroissement annuel de 0,3 à 0,4 m<sup>3</sup>/ha dans les régions sahéliennes contre 1 à 2 m<sup>3</sup>/ha en zone pré-guinéenne.

Les prélèvements annuels pour la satisfaction des besoins énergétiques sont estimés à 5 millions de tonnes, et devraient atteindre 7 millions de tonnes par an en l'an 2000, c'est à dire équivaloir déjà à l'accroissement annuel global des forêts du pays<sup>10</sup> !

Outre les produits ligneux, c'est à dire le bois de feu, principal combustible domestique du pays et le bois de service, la forêt malienne fournit aux populations divers autres produits, d'usage alimentaire, fourrager, médicinal, cosmétique, etc. Ainsi, les quantités exploitées au Mali ont été de :

- 80.000 tonnes d'amandes de karité en 1970
- 21.000 tonnes de gomme arabique en 1970
- 1.956 t de miel et 120 t de cire en 1989.

<sup>9</sup> Document PNAE/PNA-CID, p. 17

<sup>10</sup> *Ibidem*

Le nombre et les quantités des produits forestiers pourraient du reste s'accroître sensiblement si leur exploitation était mieux étudiée et organisée.

### 1.7.3. Énergie

#### Situation énergétique du Mali :

Elle se présente comme suit<sup>11</sup> :

**Bilan énergétique :** Le bilan de 1992 a été actualisé pour l'année 1995.

Il est estimé à 2 576 000 TEP réparties comme suit<sup>12</sup> :

- bois et charbon de bois 2 284 900 TEP (88 %)
- produits pétroliers 291 000 TEP (11,2 %)
- électricité 20 860 TEP (0,8 %)

Le Mali dépend donc encore très largement des combustibles ligneux pour satisfaire sa consommation d'énergie.

#### Infrastructures et équipements énergétiques :

Les énergies traditionnelles qui dominent encore très largement la consommation énergétique nationale, correspondent à un parc de plus de 1 million de foyers traditionnels (du type 3 pierres) et de foyers améliorés (environ 5% du parc total).

En ce qui concerne les énergies conventionnelles, le Mali dispose de :

- 4 dépôts principaux d'une capacité totale de 30.000 m<sup>3</sup> pour les hydrocarbures qu'il importe pour une valeur de 100 milliards de F CFA par an ;
- 38 centrales électriques d'une puissance totale installée de 174 MW, et un réseau de 1.790 km de long dont 66% en HT (transport) et 34% en MT/BT (distribution). Sur ce total, la part de la société EDM est constituée de 3 centrales hydroélectriques et 14 centrales thermiques (représentant en tout 104 MW) ainsi que de l'intégralité du réseau. Le reste représente la part des auto-producteurs industriels (21 centrales thermiques cumulant 70 MW)

En matière d'énergies nouvelles et renouvelables, le pays compte environ 1 mégawatt-crête de puissance solaire photovoltaïque installée (500 pompes et un millier de systèmes pour l'éclairage, la réfrigération, les communications, etc.), une soixantaine de digesteurs à biogaz à usage domestique ou communautaire, ainsi qu'une centaine d'éoliennes de pompage, 400 chauffe-eau solaire et 200 séchoirs solaires.

#### Services énergétiques :

##### Production et Consommation :

- **Bois de chauffe :** La surface des formations ligneuses est de 17,175 millions d'hectares et a diminué en moyenne de 8.700 ha (soit 0,05% ) par an au cours des 15 dernières années. La consommation de bois de feu est évaluée à 4,685 millions de tonnes (dont 16% pour la population urbaine et 84% pour la population rurale) et croît en moyenne de 1,6% par an depuis 10 ans.
- **Charbon de bois :** Ce combustible est consommé exclusivement en milieu urbain (90.000 t/an avec une croissance de 4,1% par an).

<sup>11</sup> CME : Secteur de l'énergie au Mali : Proposition pour une stratégie de croissance et de développement à l'horizon 2010

<sup>12</sup> Source : ESMAP " Situation énergétique du Mali : Choix énergétiques "

## SITUATION NATIONALE

- **Electricité** : La production, qui était de 374 Gwh en 1995, a progressé de 6,7% par an en moyenne entre 1987 et 1995 (croissance moyenne de 5,9% pour EDM et 14,0% pour les auto-producteurs). La consommation reste réservée à quelques villes et industries ; elle était de 303 Gwh en 1995, dont 80% fournie par EDM et 20% par les auto-producteurs.
- **Hydrocarbures** : Les importations se sont élevées à 330.000 tonnes en 1996, pour une valeur marchande de 100 milliards de F CFA, et la croissance des importations a été de 10% par an entre 1987 et 1996.
- **ENR** : La production solaire photovoltaïque est estimée à 2,2 Gwh en 1996, celle de la biomasse à 540.000 t, avec une croissance de 1,1% par an sur les 10 dernières années.
- Ainsi, globalement la consommation moyenne d'énergie, toutes sources confondues, est de 0,2 Tep par habitant et par an, et a enregistré une baisse de 0,17% par an au cours des 10 dernières années.

### Offre et demande :

Tableau 1.6 : Offre et demande d'énergie au Mali


**Potentiel hydroélectrique** : Il existe sur le territoire du Mali une vingtaine de sites possibles pour des centrales hydroélectriques, avec un potentiel brut de 1.050 MW.



**Tableau 1.7: Inventaire des sites potentiels de centrales hydroélectriques**

[illegible]

Source : Direction Nationale de l'Hydraulique et de l'Energie (DNHE)

## SITUATION NATIONALE

Sur ce total, les 3 ouvrages fonctionnels à ce jour ont fourni à EDM 80% de sa production d'énergie annuelle entre 1990 et 1994. Ce ratio est tombé à environ 50% depuis, mais devrait remonter et atteindre 90 % après la finalisation du projet Energie de l'OMVS, prévue en 2001.

### *Production thermique :*

Elle est en croissance régulière depuis 1991 : De 33,4 MW en 1990, la capacité de production thermique d'EDM est passée à 54 MW en 1997, après l'acquisition de groupes d'appoint dans les centrales de Dar-Salam et Balingué, à Bamako.

### *Importation :*

Envisagée pour pallier le déficit chronique offre/demande, l'importation d'énergie électrique à partir de pays voisins a déjà commencé avec la Côte d'Ivoire : le poste frontalier de Zégoua et la ville de Kadiolo sont alimentés depuis 1996 par Pogo, et la réalisation de la ligne Ferkessedougou-Sikasso est envisagée.

Dans l'ensemble, le taux réel de croissance de la demande électrique excède jusqu'ici celui de l'offre, car les projets-clés d'investissement pour la production (centrale et ligne de Manantali, interconnexion avec la Côte d'Ivoire) enregistrent des retards considérables.

### *Le sous-secteur Hydrocarbures :*

#### *Recherche :*

Quatre forages de recherche d'hydrocarbures seulement ont été effectués au Mali entre 1960 et 1984.<sup>13</sup> Tous se sont avérés négatifs. Après une longue suspension, de nouveaux permis de recherche viennent d'être délivrés à des sociétés étrangères (septembre 1997).

Quant aux indices de gaz observés au cours de certains forages hydrauliques, ils ne présentent guère d'intérêt pour une exploitation énergétique significative.

#### *Approvisionnement :*

A ce jour, le Mali ne dispose donc d'aucune ressource propre significative d'hydrocarbures. Jusqu'à la fin des années 1980, son approvisionnement a été assuré presque exclusivement par les filiales de grandes multinationales<sup>14</sup>, à partir de la Côte d'Ivoire et du Sénégal. Mais depuis, le pays a entrepris de libéraliser le sous-secteur et de diversifier ses sources d'approvisionnement. Des opérateurs nationaux sont apparus et occupent une part croissante du marché, et de nouveaux pôles d'approvisionnement se sont ajoutés à l'existant : Ghana, Togo, Nigeria, Benin.

### *Le sous-secteur Combustibles Ligneux :*

Les évaluations de 1990 et 1995 ont montré que la disponibilité du bois de feu est assez hétérogène selon les régions administratives du pays :

- ◊ celles de Kayes et Sikasso étant globalement excédentaires,
- ◊ celle de Koulikoro critique (principalement due à la demande de Bamako)

<sup>13</sup> C'est peu en comparaison des efforts engagés dans d'autres pays de la sous-région, notamment la Côte d'Ivoire, le Sénégal, le Niger et le Bénin.

<sup>14</sup> Mobil Oil, Shell - Texaco, Elf, Esso, Total.

- ◊ celles de Ségou et Mopti autosuffisantes mais menacées de pénurie à moyen terme
- ◊ celles de Tombouctou, Gao, Kidal et le District de Bamako, déficitaires.

Les filières bois et charbon de bois restent encore mal structurées et sous-équipées. Des maillons secondaires (transporteurs) prélèvent des revenus sans proportion avec les services offerts au consommateur final. L'Etat ne perçoit que de très faibles retombées fiscales du sous-secteur, parce que les services forestiers n'ont qu'une maîtrise très imparfaite des circuits réels d'approvisionnement urbain. Dans l'ensemble, il est estimé que jusqu'ici, le bois de feu est vendu à un prix nettement inférieur à son coût économique, et donc, le mode de consommation actuel ne peut assurer la pérennité de l'exploitation.

**Le sous-secteur Energies Nouvelles et Renouvelables (ENR) :**

Le Mali a capitalisé une expérience considérable en matière d'utilisation des technologies d'ENR, notamment :

**En pompage solaire PV :** de nos jours, plus de 500 sites sont équipés pour l'exhaure d'eau potable sur forages ou puits, l'irrigation de petites surfaces maraîchères ou arboricoles, ainsi que l'abreuvement du bétail. La puissance totale installée avoisine les 800 kWc.

**En éclairage solaire PV :** Environ 10 000 kits individuels d'éclairage et 600 lampadaires publics à alimentation PV ont été installés dans le pays. Ce type d'équipements est actuellement commercialisé par une dizaine de sociétés.

**En communication :** De grandes entreprises et institutions nationales (société nationale de télécommunication, régie nationale des chemins de fer, administration territoriale) ont choisi d'alimenter en électricité des postes et stations de leur réseau par panneaux PV.

**Pour l'électrification de centres socio-communautaires :** Plusieurs centres de santé et écoles disposent d'éclairage, de ventilation et de réfrigération à partir de systèmes PV.

**En chauffage, cuisson et séchage solaires :** Divers types d'équipements solaires thermiques (STH) ont été conçus, expérimentés et parfois produits en petite série, la plupart au Centre National d'Energie Solaire et des Energies Renouvelables (CNESOLER), mais dans certains cas, par des centres nationaux d'enseignement technique ou professionnel :

- construction et installation d'environ 400 chauffe-eau solaires (CES) de 200 litres de 200 séchoirs et 50 distillateurs ;
- test d'une dizaine de modèles de cuiseurs solaires (CNESOLER, ENI, ENSUP) ;
- expérimentation de modèles de séchoirs solaires pour améliorer le séchage traditionnel à l'air libre, notamment un modèle semi-industriel à circulation forcée d'air,

**En technologie éolienne :** Un certain intérêt renaît, après l'arrêt d'une quarantaine d'éoliennes de pompage implantées à la fin des années 1950 dans la bande sahélienne du territoire. Les efforts les plus significatifs ont porté notamment sur :

- La construction d'une centaine d'éoliennes artisanales de pompage à la Base de perfectionnement des artisans ruraux (BPAR)<sup>15</sup> de Ségou à partir de 1982,
- La production d'une petite série d'éoliennes multi-pales semi-industrielles au CNESOLER, vendues à des exploitants particuliers pour l'irrigation par pompage de champs et vergers.

<sup>15</sup> La BPAR a été constituée et est animée par la Mission Catholique de Ségou.

## SITUATION NATIONALE

**En technologie du biogaz :** La CMDT a construit dans les années 1980 des digesteurs à biogaz (types chinois et indiens), d'une capacité de 2 à 10 m<sup>3</sup>, dans sa zone d'intervention, pour fournir le combustible de cuisine, d'éclairage et d'alimentation de moteurs fixes. Entre 1987 et 1991, la Division du Machinisme Agricole a introduit une cinquantaine de digesteurs à bêche plastique sur cuve en terre (dits de type Ferkessédougou), rustiques et bon marché, dans le cadre du PSE. La BPAR (Base de Perfectionnement des Artisans Ruraux) a également construit divers types de digesteurs de petite et moyenne taille.

**En technologie de biocarburants (huiles et alcools) :**

Reprenant des essais initiés dans les années 1940 à l'Office du Niger, le CNESOLER et la DNGR ont entrepris au cours de la mise en œuvre du PSE, d'extraire et de valoriser l'huile de graine de pourghère (*Jatropha curcas*) en tant que combustible pour moteurs diesel. Les essais ont été conduits respectivement au CEEMA, au CNESOLER, à l'ENI et dans des villages proches de Bougouni et de Kangaba. Il convient aussi de signaler que dans les années 1982-84, des essais ont également été conduits à Kala Supérieur pour utiliser l'alcool de canne à sucre comme combustible dans des moteurs de tracteur agricole; le projet de substituer partiellement cet alcool à de l'essence ordinaire dans la vente à la pompe a été étudié sur financement de la Banque Mondiale, mais n'a pas eu de suite positive.

### 1.7.4. Industrie et mines

L'industrie malienne est représentée par un petit nombre de grandes unités où le poids de l'Etat est encore sensible, et par un tissu croissant de PME/PMI.

#### Industries de transformation :

Une demi-douzaine de grosses et moyennes entreprises agro-industrielles dominent ce sous-secteur, pour la production :

- de coton-graine et de coton-fibre : Compagnie Malienne de Développement des Textiles (CMDT), qui dispose d'un réseau de 15 usines d'égréage
- d'huiles et de tourteaux : Huilerie Cotonnière du Mali (HUICOMA), avec 3 usines
- de riz décortiqué Zones Office du Niger (ON) et Offices Riz Ségou et Mopti (ORS et ORM)
- de sucre et d'alcool de canne à sucre : Complexe Sucrier du Kala Supérieur (SUKALA)
- de denrées diverses (pâtes alimentaires à la SOMABIPAL, conserves de fruits et légumes, etc.)

#### Industries extractives :

Les travaux de géologie exécutés avaient déjà mis en évidence la diversité des formations et l'existence de nombreuses minéralisations : or, diamant, cuivre, plomb, zinc, fer, phosphate, bauxite, manganèse, uranium, calcaire, gypse, schistes bitumineux, etc. Les données géologiques ont été mises à disposition des investisseurs, et un nouveau code minier plus incitatif a été adopté en septembre 1991. S'ajoutant à l'environnement politique relativement stable, ces facteurs ont contribué à une vigoureuse relance de l'activité minière. Ainsi, de 16 titres miniers (dont 2 permis opérationnels) en 1992, le secteur est parvenu à :

- 77 titres et un volume cumulé d'investissements de près de 500 millions de dollars, soit 280 milliards de F CFA en 1996,
- 86 titres en fin 1997.

L'or est le principal produit d'extraction. Les réserves en sont estimées en 1997 à plus de 500 t, dont 240 pour les 2 gisements en exploitation (100 t à Syama et 140 t à Sadiola). Les prévisions de production sont de 18,7 tonnes pour 1998, ce qui placerait le Mali en position de 3<sup>ème</sup> exportateur africain après l'Afrique du Sud et le Ghana. Plusieurs sociétés minières internationales opèrent à l'ouest et au Sud du pays pour la recherche et l'exploitation

d'or (BHP, BARRY, RANDGOLD, etc.) mais une importante activité d'orpaillage subsiste dans le pays, représentant une production de 2 à 4 T/an répartie sur plus de 250 sites.

Tableau 1.8 : Evolution de la production et des exportations d'or au Mali

Année	Production (kg)	Exportations (kg)
1990	2 500	2 500
1991	3 000	3 000
1992	3 500	3 500
1993	4 000	4 000
1994	4 500	4 500
1995	5 000	5 000
1996	5 500	5 500
1997	6 000	6 000
1998	6 500	6 500
1999	7 000	7 000
2000	7 500	7 500
2001	8 000	8 000
2002	8 500	8 500
2003	9 000	9 000
2004	9 500	9 500
2005	10 000	10 000
2006	10 500	10 500
2007	11 000	11 000
2008	11 500	11 500
2009	12 000	12 000
2010	12 500	12 500
2011	13 000	13 000
2012	13 500	13 500
2013	14 000	14 000
2014	14 500	14 500
2015	15 000	15 000
2016	15 500	15 500
2017	16 000	16 000
2018	16 500	16 500
2019	17 000	17 000
2020	17 500	17 500

Source : Banque Mondiale

**Les matériaux de construction :** Une unité créée en 1968 à Diamou sous l'appellation SOCIMA et rebaptisée IMACO après sa privatisation en 1992, produit en plus du ciment (capacité 50.000 tonnes par an) certains autres matériaux (chaux et marbre). La consommation nationale de ces produits dépasse très nettement la production du pays. Cette situation laisse place à des importations massives et/ou ouvre simultanément des perspectives d'expansion ou de création des capacités industrielles d'extraction.

**Les phosphate de Tilemsi (Bourem) :** Sté d'exploitation des phosphate de Tilemsi (SEP) qui comprend les unités de concassage et de conditionnement.

#### Industries chimiques et pharmaceutiques

Les principales unités existantes sont :

- l'usine SADA DIALLO S.A. qui fabrique des articles plastiques, produits détergents
- l'Usine Malienne de Produits Pharmaceutiques.

La politique industrielle s'est bâtie sur la reprise en main de quelques unités coloniales, mais surtout sur un vaste secteur étatique, qui a dû être profondément restructuré à partir de 1970, au moyen de privatisations ou de liquidations.

- Fofy Industrie (usine de fabrication des matelas en mousse)

#### **1.8. Cadre institutionnel :**

Jusqu'à un passé récent, le cadre institutionnel qui gérât les problèmes environnementaux avait privilégié les législations et réglementations pour la préservation des ressources forestières, fauniques et halieutiques et la lutte contre la désertification.

A partir du sommet de Rio de Janeiro en Juin 1992, il y a eu au niveau national des efforts allant dans le sens d'une prise en compte des différentes conventions adoptées à Rio dont la CCNUCC. La description du cadre institutionnel actuel et les options proposées pour son amélioration sont présentées dans les mesures de mise en œuvre du chapitre III.

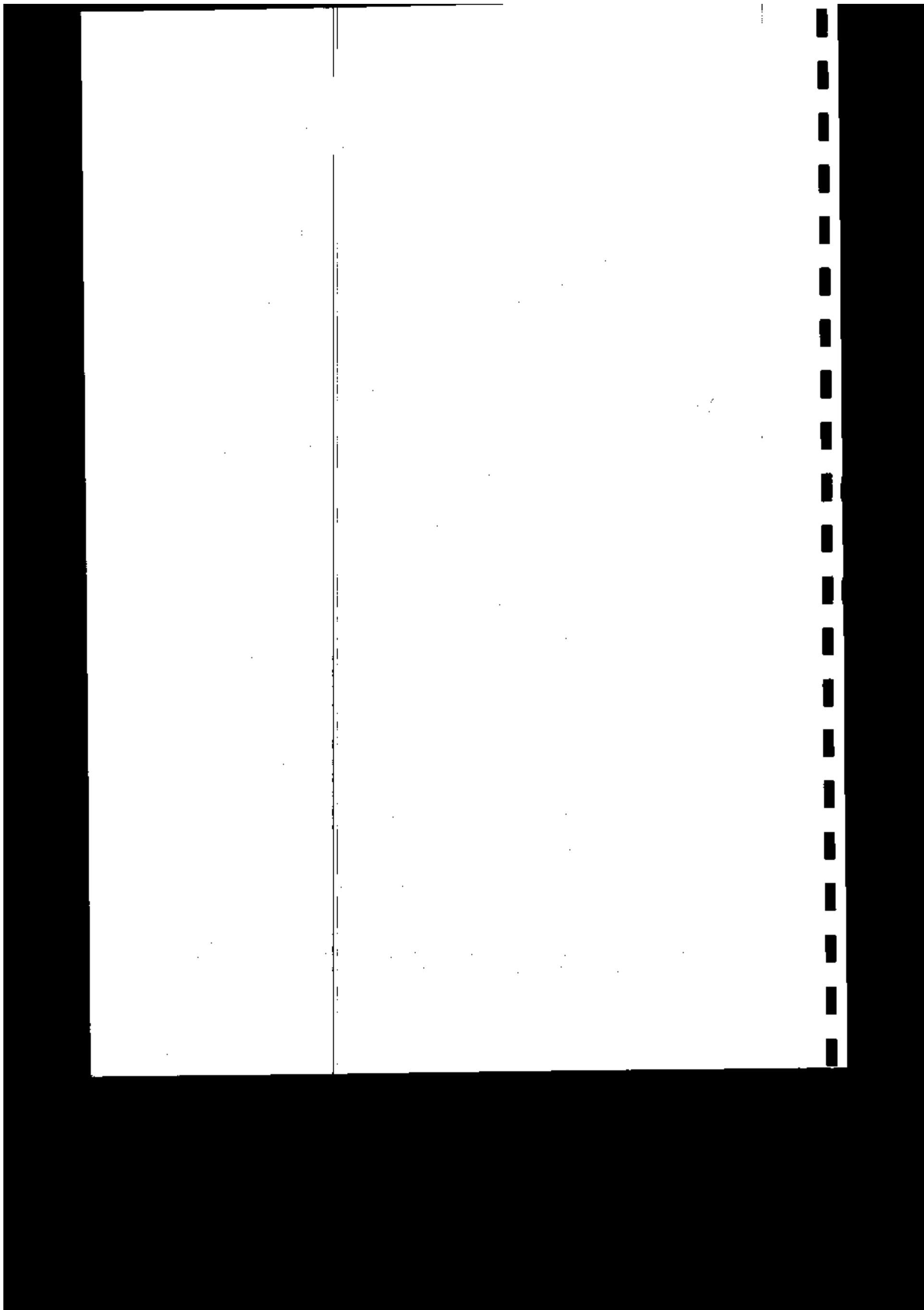
#### **1.9. Perspectives du développement socio-économique en rapport avec les changements climatiques :**

Les perspectives du développement socio-économiques impliqueront pour longtemps encore :

- La prédominance des activités agro-pastorales,
- Une prédominance de la consommation du bois énergie dans les activités domestiques,
- Une accentuation de la riziculture irriguée suite à l'implication du secteur privé.

Au regard des impacts potentiels des changements climatiques sur l'agriculture, l'élevage et les ressources en eau (qui constituent la phase de l'économie malienne) et dans le scénario du maintien du déficit pluviométrique, on peut s'attendre aux perspectives suivantes :

- Une diminution des rendements agricoles suite à l'appauvrissement des sols et au recul des isohyètes du Nord du pays vers le Sud.
- Une réduction de l'effectif du cheptel suite à la diminution des aires de pâturage,
- Une diminution des ressources fauniques et halieutiques suite aux effets néfastes de la sécheresse.
- Une augmentation des superficies cultivées pour assurer les besoins alimentaires.
- Un impact négatif sur les ressources énergétiques d'origine hydro-électrique et ligneuses.





nécessaires pour disposer des informations recherchées. Les difficultés rencontrées avaient pour raison le manque de données (surtout dans le secteur des déchets et procédés industriels), l'indisponibilité des agents à fouiller dans les archives, la méfiance de certains services qui voyaient à partir de l'enquête des possibilités de taxation par les services fiscaux et les services d'hygiène. Il a fallu mettre à profit la présence des représentants des différents secteurs au sein du groupe d'inventaire pour instaurer la confiance et surmonter certains problèmes. Parmi les problèmes recensés, il faut également noter le fait que les données recherchées ne relevaient pas toujours d'activités quotidiennes menées par les différents services. Il a souvent fallu faire des traitements intermédiaires pour accéder aux données utilisées. Dans certains cas, ces traitements intermédiaires nécessitaient des facteurs ou des paramètres non disponibles.

- La recherche de données complémentaires en dehors de Bamako au niveau des services et des projets décentralisés comme au niveau des unités industrielles et d'autres structures domiciliées dans d'autres localités du pays.

A la lumière des difficultés liées à la disponibilité des données au niveau national notamment les facteurs d'émission, les incertitudes sur les estimations des émissions sont inévitables. Nous avons cherché à les minimiser en améliorant autant que possible les données nationales par la confrontation de plusieurs sources, les enquêtes complémentaires et les visites sur le terrain. Pour une amélioration des données pour les prochaines communications nationales, un système de collecte de l'information doit être instauré au niveau des institutions impliquées notamment dans les secteurs comme celui de l'Agriculture et du changements d'affectation des terres et foresterie, les déchets et procédés industriels, l'énergie.

Il est également indispensable de procéder à des mesures de facteurs locaux d'émissions notamment dans les secteurs de l'élevage, des déchets, de la conversion des forêts, de la combustion du bois énergie etc.

Toutes ces dispositions devront se faire dans le cadre de programmes nationaux de développements soutenus par un cadre institutionnel adéquat.

A la fin du document nous présentons les programmes nationaux susceptibles de prendre en compte ces préoccupations ainsi qu'une proposition visant à améliorer le cadre institutionnel existant.

## 2.1. Inventaire des émissions de GES dans le secteur de l'énergie :

### 2.1.1. Bilan énergétique du Mali en 1995:

Sur la base des données collectées au niveau des différents services et entreprises, le bilan énergétique du Mali pour l'année 1995 a été établi. Dans l'élaboration dudit bilan, les études faites dans d'autres pays de la sous-région (le Sénégal, la Côte d'Ivoire, etc.) ont été prises en considération. La tonne équivalent pétrole (tep) a été retenue comme unité commune à toutes les sources d'énergie figurant dans le bilan.

D'autres sources d'énergie sont utilisées au Mali, mais du fait de leurs quantités relativement faibles (consommation), elles n'apparaissent pas dans le bilan. Il s'agit de :

- l'énergie solaire ;
- l'énergie éolienne ;
- l'huile de pourghère ;
- l'alcool de canne à sucre ;
- etc.

Il a été aussi constaté que les produits pétroliers sont utilisés surtout dans le secteur industriel pour la production d'électricité. Toutefois l'absence de compteur d'énergie à la sortie des



## INVENTAIRES

groupes ne permet pas de quantifier avec précision la production d'électricité des auto-producteurs. C'est pour cette raison que la consommation d'énergie finale en produits pétroliers du secteur industriel est plus importante que celle de l'électricité.

**Tableau IL.1.1 : BILAN ENERGETIQUE DU MALI EN 1995**

[illegible]

**Source : Direction Nationale de l'Hydraulique et de l'Energie (Mali)**

## INVENTAIRES

### 2.1.2. Structure du bilan :

#### 2.1.2.1. Introduction:

La situation énergétique du Mali est caractérisée par :

- une dépendance totale pour la satisfaction des besoins en produits pétroliers ;
- une surexploitation des ressources forestières ;
- une sous-exploitation du potentiel hydroélectrique ;
- une sous-exploitation des ressources en énergies nouvelle et renouvelable ;
- une forte demande en électricité par rapport à l'offre ;
- une utilisation irrationnelle de l'énergie (par exemple les pertes en électricité sont estimées à près de 22 % de la production) ;
- une consommation énergétique relativement faible 286,22 Ktep/an/pers en 1995;
- une intensité énergétique égale à 2,21 Tep/Million de F CFA du PIB toujours en 1995.

#### 2.1.2.2. Consommation énergétique:

##### 1°) Structure générale de la consommation:

La consommation énergétique du Mali est relativement faible. Cette consommation est estimée à 2576 Ktep pour l'année 1995. La principale source de consommation d'énergie au Mali est le bois énergie qui occupe 74,89 % de la consommation finale totale d'énergie du Mali.

Le charbon de bois occupe 2,44 %, les résidus agricoles 11,29 %. L'énergie conventionnelle composée de l'électricité et des produits pétroliers n'occupe que 11,36 % de la consommation nationale d'énergie (l'électricité 0,81 % et les produits pétroliers 10,55 %).

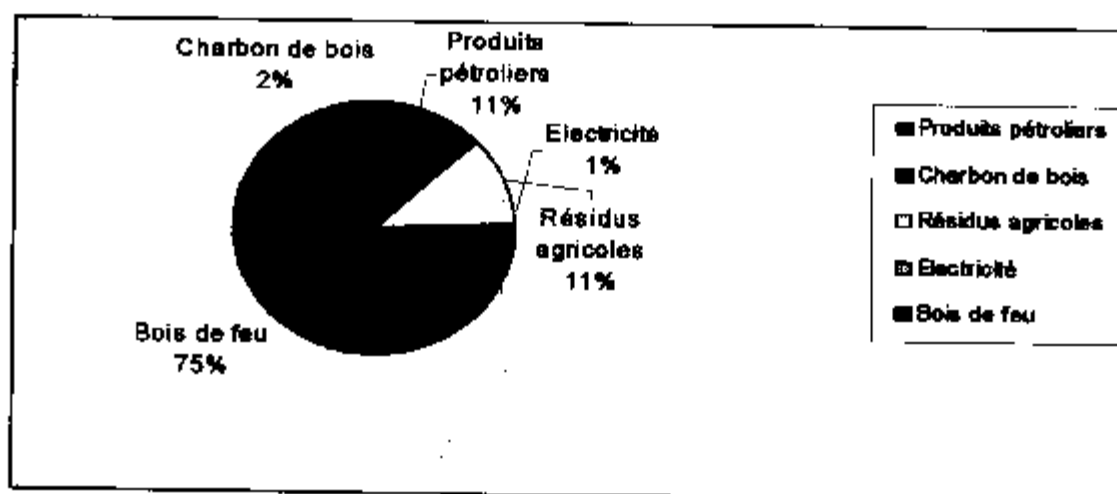


Figure 2.1.1. : Structure de la consommation d'énergie

##### 2°) Combustibles liquides :

La consommation des produits pétroliers pour l'année 1995 est estimée à 271,21 Ktep. Le gasoil constitue le principal produit pétrolier consommé (40 % de la quantité totale de produits pétroliers consommés). L'essence occupe également une part importante dans le total des produits pétroliers consommés (24 %).

Le gasoil et le DDO utilisés pour la production d'électricité n'occupent que 11 % du total des combustibles liquides.

Le GPL consommé en grande partie par les ménages pour la cuisson des aliments n'occupe que 1 % du total de produits pétroliers consommés.

Les Produits pétroliers en totalité importés de la Société Ivoirienne de Raffinage et de la Société Africaine de Raffinage (SAR) sont consommés comme suit :

- le secteur industriel 53,6 Ktep
- le secteur transport 190 Ktep
- agriculture 6,8 Ktep
- ménages et autres 20,796 Ktep

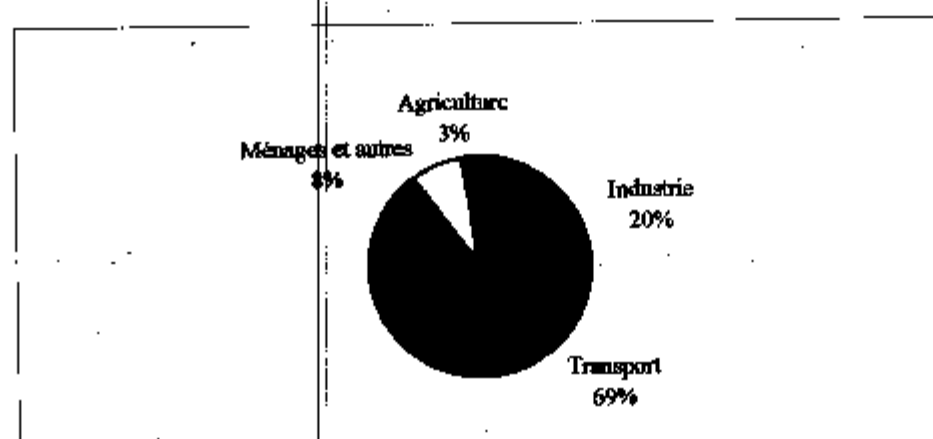


Figure 2.1.2. : Structure de la consommation des produits pétroliers en 1995

Cette répartition de la consommation des combustibles montre que le secteur des transports constitue le plus gros consommateur en produits pétroliers (69%).

En 1995 les importations globales de carburants et combustibles liquides du Mali se sont chiffrées à 291 653 tonnes.

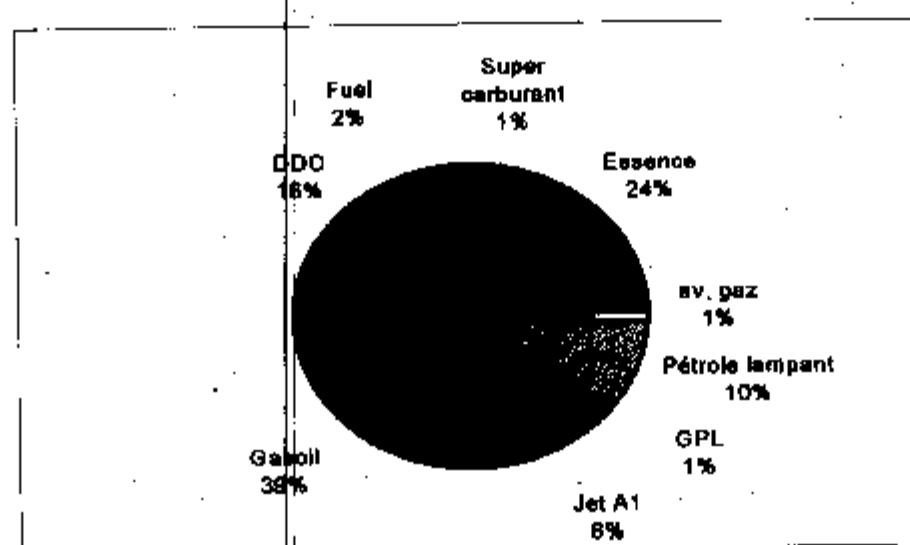


Figure 2.1.3. Importations de produits pétroliers en 1995

## INVENTAIRES

L'analyse de cette structure montre que les produits pétroliers les plus importés sont le gasoil (40%) et l'essence ordinaire (24%).

### 3°) Le bois de feu, le charbon de bois et les résidus agricoles :

La consommation du Mali en biomasse solide est estimée à près de 2 285 ktep dont le bois 1 930 ktep (soit 84,5%), le charbon de bois 63 ktep (soit 2,75%) et les résidus agricoles 291 ktep (soit 12,74). Les ménages constituent le principal secteur consommateur d'énergie traditionnelle (99,70 %). L'industrie n'en consomme qu'une faible partie (moins de 1 %). Une analyse de la consommation des ménages en biomasse solide montre que le milieu rural constitue le principal consommateur (69,03 %), le milieu urbain consomme près de 30,97 % de la biomasse totale consommée. La forte consommation du bois énergie entraîne un épuisement progressif des ressources forestières ce qui constitue un danger pour le pays en particulier et l'humanité en général.

### 4°) L'électricité :

Comme noté ci-dessus l'électricité ne constitue que 1 % de l'énergie finale totale consommée au Mali en 1995.

Cette énergie électrique est en majeure partie d'origine hydraulique (73 %), le thermique n'occupe que 27 %.

Le taux d'électrification du Mali est relativement faible (8,3 %) Source Ministère Energie).

#### a) Hydroélectricité :

Le potentiel du Mali en hydroélectricité est estimé à 1 050 MW de puissance installée. Le potentiel à nos jours est très sous exploité (seulement 50 MW de puissance installée). Trois barrages hydroélectriques sont en service au Mali :

- le barrage de Selingué 44 MW de puissance installée avec un productible de 200 gwh,
- le barrage de Sotuba 5,4 MW de puissance installée, avec un productible de 40 gwh,
- le barrage de Felou 0,6 MW de puissance installée avec un productible de 3 gwh.

La mise en service d'une nouvelle centrale hydroélectrique (Manantali) est prévue en 2001. Cette centrale de puissance installée 200 MW permettra de combler les déficits en puissance des trois pays concernés par ce projet dans le cadre de l'OMVS.

Pour renforcer la capacité du pays en production d'énergie électrique à coût faible, les études d'une nouvelle centrale à Touassa (barrage de Tossaye) de puissance 20 MW sont en cours.

#### b) Electricité d'origine thermique :

La société énergie du Mali (EDM) qui avait le monopole de la production, du transport et de la distribution d'énergie électrique au Mali disposait en 1995 de 12 centrales thermiques de puissance totale installée égale à 54 MW, soit à peu près 52 % du total de l'EDM.

En plus de la société EDM, certains industriels disposent de leur propre centrale de production d'électricité. La puissance installée de ces auto-producteurs est estimée à 70 MW (en 1995).

### 2.1.2.3. Production d'énergie :

Comme ci-dessus mentionné, le Mali ne produit pas de pétrole, ni de gaz et pas de houille (charbon minéral) non plus.

## 2.2. Inventaire des émissions de GES dans le secteur de procédés industriels :

### 2.2.1 Production du ciment et de la chaux

L'économie malienne est caractérisée par une faible part du secteur industriel dans la création de la valeur ajoutée, environ 14, 1 %.

## INVENTAIRES

La production de bois énergie connaît un accroissement rapide pendant ces dernières années. La superficie forestière du Mali estimée à plus de 32 000 000 ha produit chaque année à l'hectare près de 0,9 m<sup>3</sup>.

Pour le renforcement de la capacité d'énergie électrique des actions sont entreprises pour la réalisation de nouvelles centrales thermiques et hydroélectriques ainsi que la mise en œuvre des projets d'interconnexion des réseaux électriques (par exemple interconnexion Mali-Côte d'Ivoire).

## INVENTAIRES

Les émissions de gaz à effet de serre imputables à ces procédés sont essentiellement celles de CO<sub>2</sub> et de SO<sub>2</sub> non liées à l'énergie. Il s'agit d'émissions liées à la production de ciment et de chaux. Les résultats des calculs sont portés dans le tableau 2.2.1.

Tableau II.2.1: Récapitulatif des émissions de GES dans le secteur des procédés industriels

Processus industriels	Emissions de CO <sub>2</sub> (Gg)	Emissions de SO <sub>2</sub> (Gg)	% CO <sub>2</sub>
Ciment	0,00348	0,00348	95,94
Chaux	0,00000	0,00000	0,00
Total	0,00348	0,00348	100,00

### 2.2.2. Utilisation des HFC au Mali

#### Introduction :

Parmi les fluorocarbures, on distingue :

- ceux qui contiennent du chlore (CFC et HCFC) et du brome. Ils sont réglementés par le Protocole de Montréal,
- ceux qui ne contiennent ni du chlore ni du brome (HFC). Ils ne sont pas réglementés par le Protocole de Montréal. Ils contribuent cependant à l'effet de serre lorsqu'ils sont libérés dans l'atmosphère.

Les différents secteurs concernés au Mali sont :

#### a) Secteur de la mousse :

Il existe deux usines de fabrication de mousse polyuréthane souple :

- SIMOREV qui utilise exclusivement du chlorure de méthylène,
- FOFY Industrie qui n'utilise que du chlorure de méthylène et du R-11.

Dans ce secteur nous n'avons rencontré nulle part une utilisation quelconque du HFC.

#### b) Secteur de la réfrigération :

Le secteur de la réfrigération représente 80 % de la consommation totale de fluorocarbures.

En attendant la mise en œuvre du programme de pays, les importations de fluorocarbures et des appareils qui en contiennent ne connaissent aucune restriction.

Par ailleurs, les réfrigérateurs au CFC de seconde main venant d'Asie et d'Europe inondent le marché malien. Ils sont appréciés à cause de leur prix.

Des réfrigérateurs et climatiseurs mobiles au HFC-134a font une timide apparition sur le marché.

Ce type d'appareils n'intéresse qu'une clientèle très réduite pour les raisons suivantes :

- leur prix est relativement élevé,
- les ateliers et garages de maintenance sont peu ou pas équipés pour assurer leur entretien,
- les appareils au CFC mieux connus et moins chers rentrent sans restriction.

L'enquête menée auprès des importateurs de fluorocarbures montre que les quantités de HFC-134a consommées sont insignifiantes car ce produit est peu utilisé.

#### c) Secteur des aérosols :

Trois sociétés des aérosols utilisent des hydrocarbures comme gaz propulseurs. Les HFC ne sont pas utilisés par ce secteur.

## INVENTAIRES

### d) Secteur des Halons :

Deux sociétés chargées de l'entretien des extincteurs ont abandonné l'utilisation des Halons au profit du CO<sub>2</sub>.

### Conclusion :

Selon l'enquête menée sur le territoire du Mali par l'équipe nationale chargée d'élaborer le programme de pays :

- Un seul HFC connaît un début d'utilisation au Mali, dans le secteur de la réfrigération et de la climatisation automobile : le HFC-134a.
- Les quantités de HFC-134a importées sont insignifiantes car très peu utilisées par un secteur qui n'est pas encore reconverti à cette technologie.

### 2.3. Estimation des émissions de GES dans le secteur des Peintures et Solvants :

Des facteurs d'émission par défaut ou locaux n'étant pas disponibles, seules les quantités de peintures et solvants utilisées dans le pays (importations et productions locales) ont été inventoriées. Il reste entendu que ces quantités sont minimales et ne contribuent pas de manière significative aux émissions de GES.

### 2.4. Inventaires des émissions de GES dans le secteur de l'Agriculture :

L'importance de l'élevage dans l'économie nationale se mesure par sa contribution :

- au PIB national 16 % [15]
- à la production du secteur rural 40 % [17]
- au revenu des populations rurales pour 81,3 % dans les systèmes pastoraux et 18 % dans les systèmes agro-pastoraux.

L'importance de l'élevage peut également être évaluée par l'effectif du bétail.

En utilisant les effectifs des différents types de bétail, nous avons évalué les émissions de méthane à 277,88 Gg. (tableau II.4 1)

Tableau II.4.1 : Emission de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O dû à l'élevage domestique : fermentation entérique et gestion du fumier

Type d'élevage	A Nb de cheptels (x 1000)	B Emission due à la fermentation (kg/chev/eq)	C Facteur d'émission due à la fermentation (kg/chev/eq)	D Facteur d'émission due à la gestion du fumier (kg/chev/eq)	E Emission due à la gestion du fumier (kg/eq)	F Emission totale due à la gestion du fumier (kg/eq)
Élevage de bovins	1 000	10	0,000	1	1000,00	97,812
Élevage de caprins	1 000	10	0,000	1	1000,00	102,303
Élevage de ovins	1 000	10	0,000	1	1000,00	96,297
Élevage de porcins	1 000	10	0,000	1	1000,00	13,432
Élevage de volailles	1 000	10	0,000	1	1000,00	2,215
Élevage de chèvres	1 000	10	0,000	1	1000,00	2,215
Élevage de moutons	1 000	10	0,000	1	1000,00	2,215
Élevage de dindes	1 000	10	0,000	1	1000,00	2,215
Élevage de canards	1 000	10	0,000	1	1000,00	2,215
Élevage de poules	1 000	10	0,000	1	1000,00	2,215
Élevage de lapins	1 000	10	0,000	1	1000,00	2,215
Élevage de furets	1 000	10	0,000	1	1000,00	2,215
Élevage de chats	1 000	10	0,000	1	1000,00	2,215
Élevage de chiens	1 000	10	0,000	1	1000,00	2,215
Élevage de rongeurs	1 000	10	0,000	1	1000,00	2,215
Élevage de reptiles	1 000	10	0,000	1	1000,00	2,215
Élevage de amphibiens	1 000	10	0,000	1	1000,00	2,215
Élevage de poissons	1 000	10	0,000	1	1000,00	2,215
Élevage de crustacés	1 000	10	0,000	1	1000,00	2,215
Élevage de mollusques	1 000	10	0,000	1	1000,00	2,215
Élevage de arthropodes	1 000	10	0,000	1	1000,00	2,215
Élevage de autres	1 000	10	0,000	1	1000,00	2,215
Total	1 000	10	0,000	1	1000,00	2,215

Source : Document des inventaires de GES de 1995 au Mali CNRST/Mali



## INVENTAIRES

### 2.4.1. La Riziculture

#### 2.4.1.1 Introduction

Le Mali, actuellement 4<sup>ème</sup> 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, l'effort de soutien à la filière. La progression régulière du rendement explique également cette tendance. Entre 1982 et 1996, celui-ci est passé de 1,6 T à 4,6 T/Ha [39].

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.

#### 2.4.1.2. Caractérisation de chaque système de production

##### a) La riziculture pluviale

Ce type de riziculture se situe en zone soudano-guinéenne. Il concernerait environ 25 000 ha (données CMDT 1995).

Les apports de fertilisants sont faibles : seules 15 % des parcelles sont amendées à hauteur d'un sac d'urée et d'un sac d'engrais complexe par hectare.

##### b) La riziculture de submersion libre

Ce système pionnier est pratiqué dans le delta intérieur du Niger depuis des millénaires, en utilisant la crue régulière des fleuves Niger et Bani. Compte tenu des aléas de cette culture (précocité ou non de l'hivernage, date de retrait de la crue), les surfaces mises en valeur fluctuent fortement d'une année à l'autre autour de 130 000 ha [39]. Le rendement obtenu excède rarement 1T/ha (en moyenne 850 kg/ha).

Ce type de riziculture est à l'origine de près d'un tiers de la production nationale de paddy, mais de moins de 5 % du paddy commercialisé.

##### c) La riziculture de bas-fonds

Les bas-fonds de la zone Mali-Sud n'étant en eau que six mois de l'année (de juillet à novembre), ce type de riziculture n'est pratiqué qu'en hivernage. En raison de la forte perméabilité des sols, la nappe d'eau descend rapidement (entre 35 et 75 mm par jour) dès la fin de la saison des pluies.

A l'exception de la région de Sikasso où les assolements sont complexes (riz, patate douce, maïs, manioc, pomme de terre, arbres fruitiers en bordure), le riz constitue l'unique culture de cet espace agricole en expansion (11,8 % par an depuis 1991). Pour la campagne 1995/96, la Compagnie Malienne de Développement des Textiles (CMDT), principal acteur de développement de la zone, a recensé 23 000 ha rizicultivés. Dans la région de Sikasso, la superficie moyenne cultivée en riz est de 1,5 ha par unité de production agricole (ESPGRN 1994).

d) La riziculture de submersion contrôlée : Mis en place dans les années 70 afin de sécuriser la production, les Offices Riz de Mopti et de Ségou ont transformé les bords du Niger en grands casiers rizicoles afin de maîtriser l'arrivée et le retrait de la crue. Ce système ne produit actuellement que 5 % du paddy national. L'essentiel est autoconsommé dans la zone de production qui est autosuffisante une année sur trois en moyenne.

**e) La riziculture irriguée par gravité (maîtrise totale)**

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 près de 50 000 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 4,5 T/ha (campagne 94/95), ce système qualifié de « maîtrise totale » produit plus de 45 % de paddy national, et 75 % du paddy commercialisé.

**2.4.1.3. Estimation 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. La méthodologie pour estimer la quantité de méthane émis à travers les surfaces rizicoles est celle utilisée dans le dernier guide du GIEC. Les émissions de  $\text{CH}_4$  sont estimées à 48 Gg (tableau II.4.2).

**Tableau II.4.2 : Emissions de méthane générées par la production du riz**

			A	B	C	D	E
			Superficie irriguée (ha)	Rendement moyen (t/ha)	Facteur de correction pour l'acidité et organique	Facteur d'entretien moyen pour le riz ou perméabilité du sol (g/m <sup>2</sup> )	Emission (Gg)
Région de gestion de l'eau							$E = A \times B \times C \times D \times E$
							(Gg)
Niger	Subsidence gravitaire		1500	4.5	2	20	108
	Subsidence contrôlée		1500	4.5	2	20	108
Mali	Subsidence contrôlée		1500	4.5	2	20	108
	Subsidence contrôlée		1500	4.5	2	20	108
Sénégal	Subsidence contrôlée		1500	4.5	2	20	108
	Subsidence contrôlée		1500	4.5	2	20	108

Source : Inventaire des émissions de GES de 1995 au Mali CNRST/Mali

## INVENTAIRES

### 2.4.2. Feux de brousse

Les statistiques sur les incendies de forêts (savanes) sont très peu maîtrisées au Mali, les structures en charge de ce secteur n'ayant pas encore eu les moyens nécessaires permettant de mener des études en vue d'obtenir des informations assez fiables.

Les données fournies par la Direction Nationale des Ressources Forestières Faunique et Halieutique représentent environ 3 % des superficies brûlées annuellement (DNRFFH).

Les superficies touchées par les feux de brousse ont été estimées sur la base des images SPOT en infra-rouge couleur et à l'échelle 1 : 200 000.

La superficie totale brûlée en une année s'élève donc à 91914,2 km<sup>2</sup> (9191.420 ha)

Les émissions provenant de cette superficie sont estimées à 7,98 Gg de CH<sub>4</sub> ; 209,39 Gg de CO ; 0,09 Gg de N<sub>2</sub>O et 3,55 Gg de Nox.

### 2.4.3 Résidus agricoles

L'incinération des résidus de récoltes sur le terrain est une pratique agricole courante au Mali. Elle intervient généralement en fin de saison sèche qui dure 7 à 8 mois. Entre temps, les déchets sont soit utilisés à des fins diverses par les paysans, soit abandonnés sur place dans le champ où ils se détériorent en partie avant d'être brûlés [12] [17].

L'incinération des déchets agricoles émet directement les gaz à effet de serre suivants: CH<sub>4</sub>, CO, NO<sub>x</sub> et NO<sub>2</sub>.

Il ne sera pas tenu compte du CO<sub>2</sub> libéré. Faisant partie du cycle annuel atmosphère/végétation, il est réabsorbé par les plantes lors de la saison suivante de culture.

Les émissions sont estimées sur la base des quantités de C et de N<sub>2</sub> brûlées et les rapports d'émission, selon les formules proposées par le GIEC en utilisant les facteurs et coefficients par défaut.

Les valeurs des émissions issues de ces calculs sont 1,7484 Gg de CH<sub>4</sub> ; 69,1917 Gg de CO ; 0,0402 Gg de N<sub>2</sub>O et 1,6810 Gg de Nox.

### 2.4.4. Emissions de N<sub>2</sub>O par les sols agricoles et la gestion du fumier :

#### 2.4.4.1 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 [34].*

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: 542kg/ha. Les pertes en azote sont de l'ordre de 31kg/ha [34].

Par des apports d'engrais minéraux et de fumure organique, on cherche à compenser la baisse de fertilité des sols. Les producteurs des zones encadrées, 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 [39].

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

Il existe au Mali deux systèmes de production animale [15], [39].

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.

#### 2.4.4.2 Les sols agricoles

*Les sols et les sédiments peuvent se comporter comme source d'émission d'oxyde nitreux ( $N_2O$ ) 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  $N_2O$  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  $N_2O$  sont calculées à partir de la méthodologie GIEC.

L'émission totale est évaluée à 1,65 g de  $N_2O$ .

#### 2.4.4.3. 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 païsés 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  $N_2O$ .

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) [23].

## INVENTAIRES

### 2.4.4.4. Emissions indirectes de $N_2O$ par les sols agricoles

#### a) Dépôts de $NH_3$ et $NO_x$ atmosphériques

$NH_3$  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  $N_2O$ . Ce processus nécessitant des conditions d'anaérobiose, il n'est valable au Mali que dans la région de l'Office du Niger.

Ceci conduit à des émissions de  $N_2O$  négligeables (environ 0,003 Gg  $N_2O$  pour 1995).

#### b) 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 source biogénique de  $N_2O$ .

Dans le cas du Mali, cette valeur est estimée à 1,65 Gg de  $N_2O$  pour 1995.

### 2.5 Changements d'affectation des terres et foresterie :

#### 2.5.1 Généralités :

##### 2.5.1.1. Introduction :

Au Mali, les ressources forestières, fauniques et halieutiques sont d'une grande importance aux plans économique, social et alimentaire. Elles sont soumises à différents facteurs défavorables tels que : les facteurs climatiques, les facteurs anthropiques, la faiblesse des investissements, l'inadéquation des orientations technico-économiques, la centralisation des orientations politiques et législatives antérieures.

##### 2.5.1.2. Caractéristique de l'agriculture et de l'élevage maliens :

L'agriculture et l'élevage sont si étroitement liés dans les systèmes d'exploitation agricoles que seul un examen de leurs inter-relations permet d'avoir une meilleure compréhension des impacts de l'agriculture sur les ressources naturelles et l'environnement.

L'effet de l'agriculture sur les ressources naturelles dépend du milieu naturel et de la technologie ou du système agricole qui prévaut. Les zones agro-écologiques et les systèmes de production agricole sont donc une base utile d'analyse de la pression sur les terres.

Les figures V.1 et V.2 montrent l'évolution des superficies cultivées et la production agricole au Mali (source DNSI).

La superficie cultivée en 1970/71 n'était que 1 967 000 ha contre 3 472 000 ha soit plus de 15 % d'augmentation (source DNSI). Le rendement est resté le même (en moyenne 750 kg/ha), ce qui dénote toujours le caractère extensif de l'agriculture malienne. On constate une augmentation sensible des superficies emblavées à partir de la campagne agricole 1984/85, particulièrement celle du Mil/Sorgho. Cette date consacre l'expansion des activités des opérations de développement rural (ODR) dont la mise en place avait commencé dès les années 1970. Ainsi il y a eu un certain développement technologique qui a permis la mécanisation par la culture attelée généralisée et un début de motorisation. Ceci a donc favorisé l'accroissement de la taille des parcelles mais aussi les risques d'érosion, l'élimination des arbres et des souches. Cette augmentation de superficie s'explique par ailleurs par l'adoption par les paysans de la zone sahélienne d'une stratégie, face à la sécheresse qui consisterait à semer le maximum pour récolter le minimum nécessaire.

L'une des caractéristiques essentielles de l'agriculture malienne est aussi la jachère tropicale. Ce système d'utilisation des sols consistait en une phase de culture qui durait de 5 à 15 ans,

suivie d'un abandon cultural après la baisse des rendements. Cette seconde phase (la jachère) permettait la remontée de la fertilité grâce à un retour de la savane arbustive ou arborée. Cette remontée biologique peut demander de 30 à 40 ans, avec un cycle plus court en zone forestière plus humide de 10 à 20 ans.

On a souvent cherché à compenser la perte de fertilité de sols consécutive au raccourcissement du temps de la jachère par des apports d'engrais minéraux et de matière organique. Beaucoup de résultats montrent à terme un épuisement des sols, une acidification et une baisse de rendements malgré l'apport d'engrais minéraux. La disponibilité en fumier et en engrais reste limitée. La jachère est aussi un moyen de lutte contre les adventices et le parasitisme des cultures. Elle sert de pâturage et joue un rôle de source de bois de feu, de service et de lieu de collecte de plantes médicinales.

La plupart des travaux de recherche menés portent sur la dynamique de la végétation des jachères. Par contre ceux traitant d'amélioration et de gestion des milieux dégradés suite à la mise en culture sont principalement relatives à la mise au point de méthodes d'amélioration du régime hydrique des terres plus ou moins dégradées, du statut organique et de la production fourragère.

On constate cependant que jusqu'à présent peu d'acquis techniques sont disponibles en matière de méthode d'amélioration de la jachère qui combinent ligneux et herbacés. Les recherches en cours à l'IER s'orientent vers une réduction du temps de la jachère. C'est dans ce cadre que le projet « la jachère en Afrique de l'Ouest » est exécuté ayant comme objectif général de mettre en place un système d'amélioration et de gestion de l'espace intégrant la jachère en milieu paysan.

Les sites de ce projet sont installés principalement dans la zone soudano-sahélienne (200mm à 400mm) et des jachères de moins de 3 ans, 5 ans compris entre 90 et 200 mm. Les thèmes portent sur la caractéristique de la jachère dans les systèmes agraires et la mise au point de techniques d'amélioration et de gestion de la jachère.

Le système culture-jachère a bien fonctionné jusqu'à une date récente. Actuellement l'augmentation de la population et la sécheresse ont endommagé durablement la végétation, réduit le potentiel productif des sols, et conduit à une forte augmentation des surfaces cultivées. Les temps de jachère se sont considérablement raccourcis pour tomber le plus souvent à moins de 5 ans.

L'évolution du cheptel national (Figure V.3) au cours des 25 années allant de 1968 à 1993 est caractérisée par deux mouvements cycliques d'épuisement et de reconstitution. En raison des deux graves sécheresses de 1972/74 et 1984/85, l'effectif du cheptel national a fluctué entre trois niveaux maximum de 5,5 millions de bovins et 11 millions de petits ruminants en 1971, 6,7 millions de bovins et 12,4 millions de petits ruminants en 1982, 5,4 millions de bovins et 12 millions de petits ruminants en 1993, d'une part, et deux niveaux minimum de 3,9 millions de bovins et 10 millions de petits ruminants en 1975, et 4,3 millions de bovins et 9,8 millions de petits ruminants en 1985, d'autre part.

En dépit de l'absence d'une explosion des effectifs du bétail, les vastes changements induits par les cycles répétés de sécheresse sévère, combinés à l'effet de la réglementation publique,

## INVENTAIRES

sont à l'origine des problèmes environnementaux posés par l'agriculture. D'abord l'ampleur croissante de l'aridité a provoqué une migration des troupeaux vers le Sud.

Par ailleurs, une extension considérable des cultures jusqu'aux zones marginales a provoqué une réduction substantielle des pâturages traditionnels. En outre, les lois et réglementations « modernes » qui transfèrent à l'Etat les droits de propriété et de gestion de l'ensemble des terres, ont démantelé les organisations et les règles traditionnelles de gestion des activités pastorales, en particulier la transhumance.

Il en est résulté une plus grande concentration des cultures et de l'élevage gérés par les populations sédentaires dans les mêmes zones, menant à des rapports concurrentiels et souvent conflictuels eu égard à la demande en terre, eau et pâturage naturels.

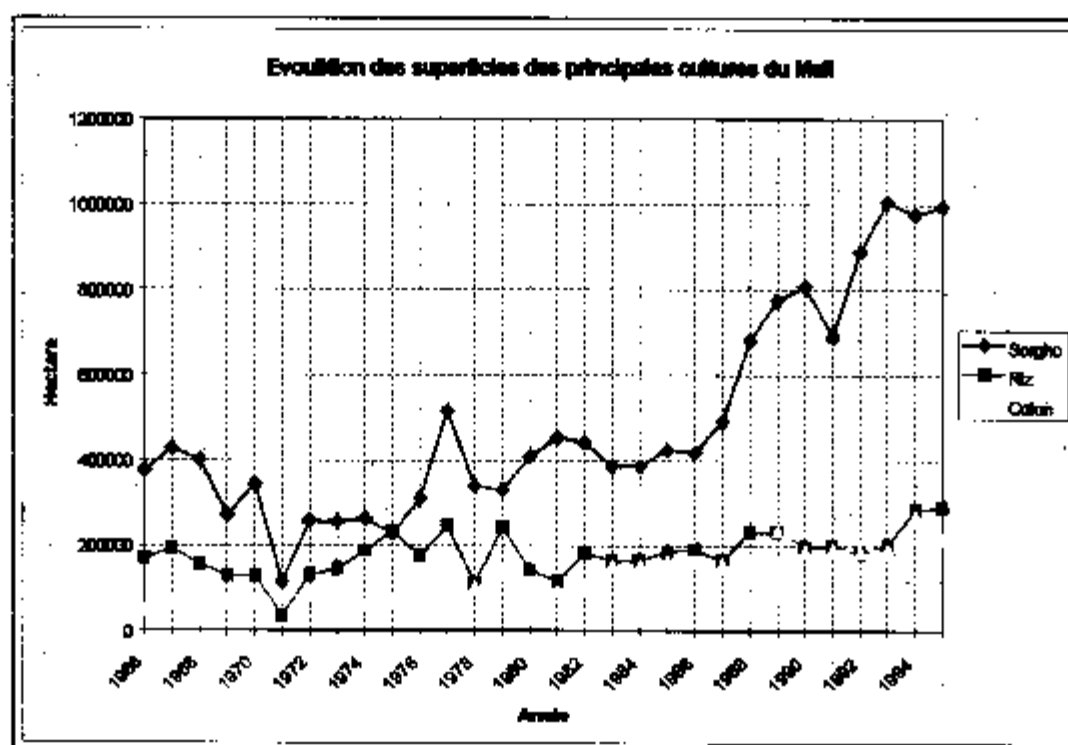


Figure V.1. : Evolution des superficies des principales cultures du Mali

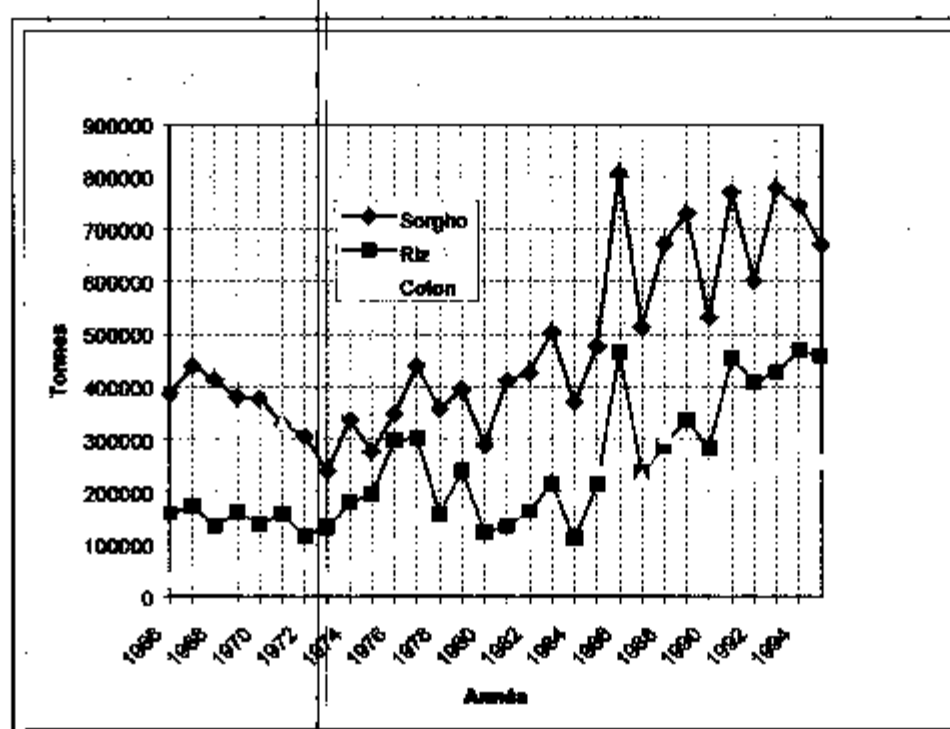


Figure V.2 : Evolution des productions des principales cultures du Mali

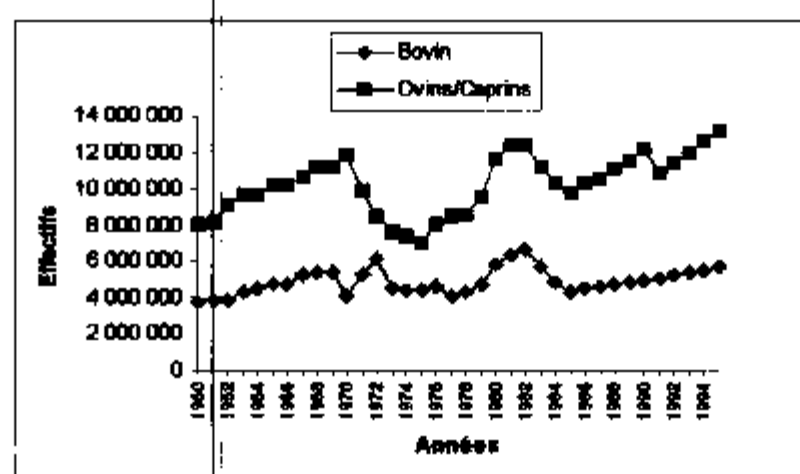


Figure V.3 : Evolution de l'effectif du cheptel au Mali



## INVENTAIRES

### 2.5.2. Emissions et absorption de gaz :

Le calcul concerne :

- Les variation de stock de carbone dans la biomasse (émission ou absorption) sous forme de  $\text{CO}_2$ ,
- Les émissions de GES lors de la combustion sur site et hors site suite à la conversion des forêts et prairies,
- Le stockage du carbone lors de l'abondons des terres
- La variation du stock de carbone sous forme de  $\text{CO}_2$  lors de l'utilisation agricole des sols minéraliers,
- La synthèse des émissions est présentée dans le tableau II.5.1.

**Tableau II.5.1 : Synthèse des émissions dans le secteur de l'Agriculture et changements d'affectation des terres et forêts**

[illegible]

*N.B : Les valeurs négatives du tableau expriment des absorptions de CO<sub>2</sub>. Les activités correspondantes sont des puits. Les valeurs positives du tableau expriment des émissions de GES. Les activités correspondantes sont des sources de GES*

Les résultats du tableau de synthèse sont illustrés par les figures V.4 à V.6.

## INVENTAIRES

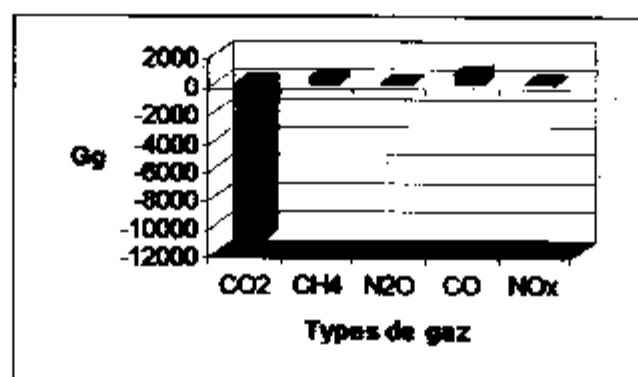


Figure V.4 : émission de GES dans le secteur de l'agriculture et du changement d'exploitation des terres et forêts.

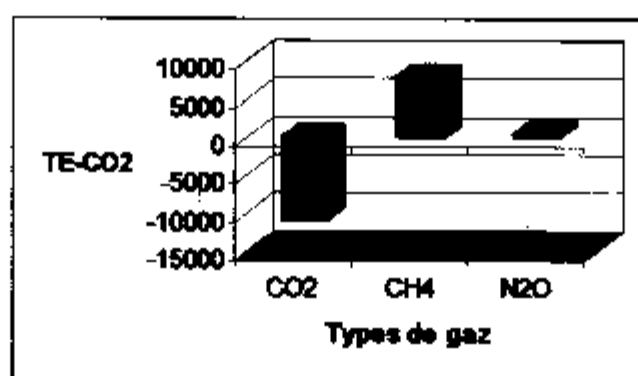


Figure V.5 : Emissions de GES au Mali en 1995 dans les secteurs de l'agriculture et du changement d'affectation des terres et forêts.

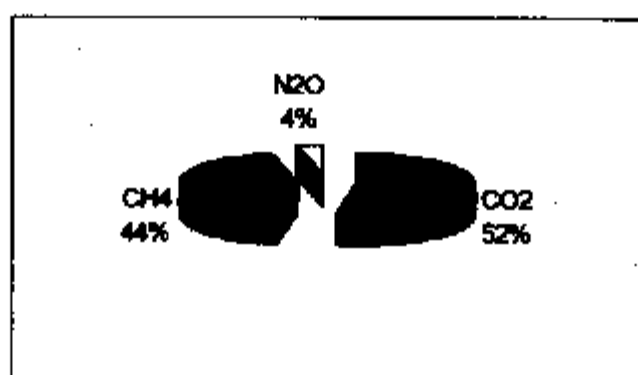


Figure V.6 : Pourcentage des émissions et absorption de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> et N<sub>2</sub>O

**Conclusion :**

Dans le secteur de l'agriculture et du changement d'affectation des terres et forêts les conclusions suivantes sont pertinentes :

1. Il existe des puits de  $\text{CO}_2$  dus à l'abandon des terres ainsi qu'à la variation nette du stock de carbone suite à l'utilisation agricole des différents types de sols dans le pays. Les émissions de  $\text{CO}_2$  dues à la conversions des forêts ainsi qu'à la variation de stock de carbone sont liées aux différentes exploitation des forêts.
2. La riziculture de submersion libre et l'élevage domestique sont des sources relativement importantes d'émission de méthane.
3. Les feux de brousse et l'incinération des résidus agricoles sont les principaux secteurs d'émission de CO.
4. Les émissions oxydes d'azotes sont essentiellement dus à la conversion des forêts. Les feux de brousse et à l'incinération des résidus agricoles occupent une part minime.
5. Les émissions de  $\text{N}_2\text{O}$  sont surtout liées à l'utilisation des engrais chimiques et du fumier.

**2.6. Estimation des émissions de G.E.S dans le secteur des déchets :****2.6.1. Déchets solides :**

Les émissions de  $\text{CH}_4$  calculées à partir du stockage de déchets solides dans des conditions anaérobies sont estimées à 5,5 Gg.

**2.6.2. Eaux usées**

Au niveau des unités industrielles, il n'y a pas de station de traitement des eaux usées. Toutes les évacuations d'eau usées se font directement dans le fleuve ce qui n'occasionne pas d'émission significatives de  $\text{CH}_4$ .

Les eaux vannes sont généralement évacuées dans des fosses septiques, des latrines, des fosses fixes, les eaux usées domestiques sont évacuées dans des puisards, des puits d'infiltration, des caniveaux et rarement dans des égouts. En effet à Bamako et dans les autres parties du Mali, l'assainissement des eaux usées est de type individuel. Par exemple à Bamako seulement 1,5% de la population est desservie par neuf petits réseaux d'égouts non fonctionnels pour la plupart [40].

Le reste de la population utilise des fosses septiques, des fosses fixes ou des latrines pour l'élimination des eaux vannes, tandis que les eaux domestiques sont évacuées dans des puisards (intérieurs ou extérieurs aux concessions), dans la rue ou dans les caniveaux d'évacuation des eaux pluviales.

Or, ce dernier mode d'évacuation des eaux usées est le plus fréquent à Bamako et dans les autres grandes agglomération du pays. Ce mode de gestion ne générant pas d'émissions de  $\text{CH}_4$ .

## INVENTAIRES

La synthèse des résultats des inventaires est présentée dans le tableau II.7.1

**Tableau II.7.1 : Synthèse des émissions de gaz à effet de serre au Mali 1995**

[illegible]

**Source :** Inventaire des GES au Mali CNRST/Bamako. NB : le signe - correspond à une absorption

## 2.7. Conclusion générale: synthèse des émissions de gaz à effet de serre au Mali pour l'année 1995

En considérant isolément les quantités, le principal GES émis au Mali en 1995 a été le CO<sub>2</sub> (28 372,28 Gg) émanant principalement de la conversion des forêts et prairies (20 819,88 Gg), de l'utilisation agricole des sols (6 597,79 Gg), de la transformation et la consommation des énergies conventionnelles (945,03 Gg). Viennent ensuite les émissions de CO (704,96 Gg) issues essentiellement de l'incinération de la savane (209,39 Gg), de la transformation et de la conversion des forêts et prairies (409,02 Gg) et de celle du résidu agricoles (61,19 Gg).

Les émissions de méthane s'élèvent à 387,56 Gg et proviennent principalement de l'élevage domestique (277,88 Gg), de la riziculture (48 Gg) de la conversion des forêts et prairies (46,74 Gg), de l'incinération de la savane (6,70 Gg) et des déchets (5,50 Gg).

Les autres gaz émis sont : les NMVOC (5,53 Gg), les NO<sub>x</sub> ( 22,93 Gg), le N<sub>2</sub>O ( 2,11 Gg), l'oxyde sulfureux (0,0035 Gg).

En faisant le bilan des émissions et séquestrations des différents gaz, la structure des émissions anthropiques de gaz à effet de serre au Mali, en 1995, était celle de la figure VII.1.

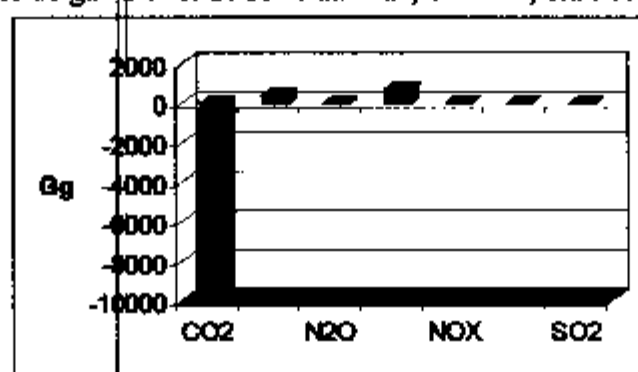


Figure VII.1 : Structure des émissions et séquestrations de Gaz à Effet de Serre au Mali en 1995

Parallèlement à ces émissions, le Mali constitue un important puits de CO<sub>2</sub> lié à l'abandon des terres (- 13 643,66 Gg) et aux forêts et plantations (-24.602, 89 Gg).

La répartition par type de gaz des émissions au Mali en 1995 en TE-CO<sub>2</sub> est celui du tableau II.7.2

Tableau II.7.2 : Emissions et absorption par type de gaz au Mali en 1995

Gaz	Emissions (Gg)	Absorption (Gg)
CO <sub>2</sub>	28 372,28	-38 246,55
CH <sub>4</sub>	387,56	-
N <sub>2</sub> O	2,11	-
NO <sub>x</sub>	22,93	-
SO <sub>2</sub>	0,0035	-
<b>Total</b>	<b>28 784,88</b>	<b>-38 246,55</b>

## INVENTAIRES

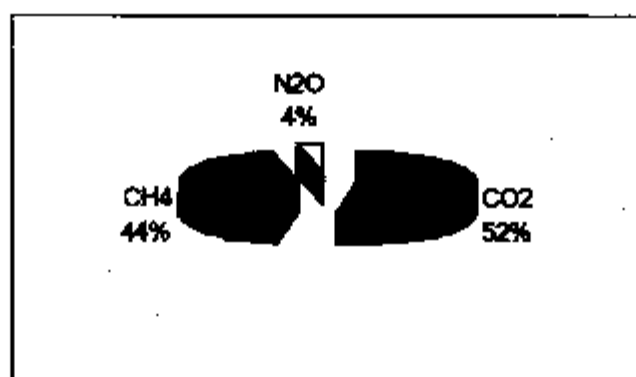


Figure VII.2 : Répartition de GES par type de gaz au Mali en 1995 en TE-CO<sub>2</sub>

Le tableau II.7.2 montre qu'en faisant le bilan des émissions et absorption par type de gaz en 1995, le principal gaz qui a contribué au réchauffement planétaire a été le CH<sub>4</sub> (8 138,72 TE-CO<sub>2</sub>). Il a été suivi du N<sub>2</sub>O (653,60 TE-CO<sub>2</sub>). En revanche pour la même année, le Mali a été un puits de CO<sub>2</sub> (-9 874,27 TE-CO<sub>2</sub>).

Si l'on tient compte du PRG propre à chacun des trois principaux GES émis, (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O) on obtient un bilan de -1 081,95 TE-CO<sub>2</sub>, ce qui signifie que par rapport aux trois gaz considérés globalement le Mali a été un puits en 1995 (figure VII.3).

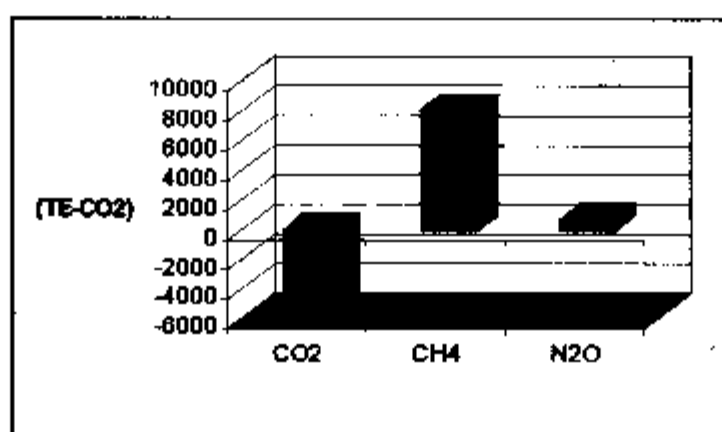
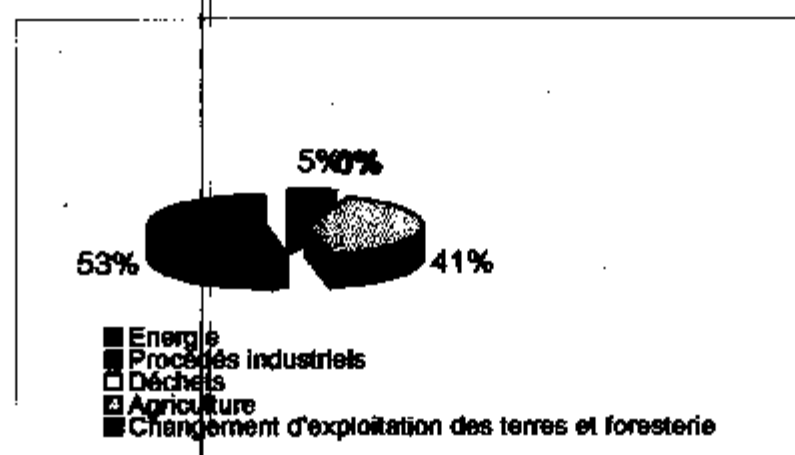


Figure VII.3 : Structure des émissions et séquestrations de Gaz à effet de serre au Mali en 1995.

La répartition des émissions et des absorptions de GES par secteur figure sur le tableau suivant :

**Tableau II.7.3: Répartition des émissions et des absorptions de GES par secteur au Mali en 1995.**

Secteur	Émissions (TE-CO <sub>2</sub> )	Part (%)	Absorptions (TE-CO <sub>2</sub> )	Part (%)
Énergie	968,41	11,17		
Procédés industriels	9,58	0,10		
Déchets	115,53	1,33		
Agriculture	7 572,67	87,40		
Changement d'exploitation des terres et foresterie	-9 748,14	-112,97		
<b>Total</b>	<b>7 665,07</b>	<b>89,00</b>		



**Figure VII.4: Emissions et absorptions des GES au Mali par secteur en 1995**

Le principal secteur qui a contribué au réchauffement en 1995 est le secteur de l'agriculture (7 572,67 TE-CO<sub>2</sub>) soit 87,40 % du total des émissions. Il est suivi du secteur de l'énergie (968,41 TE-CO<sub>2</sub>), soit 11,17 % du total. Les déchets et procédés industriels occupent respectivement 115,53 TE-CO<sub>2</sub>, (1,33 %) et 9,58 TE-CO<sub>2</sub> (0,10 %) des émissions totales en TE-CO<sub>2</sub>. Le secteur des changements d'exploitation des terres et foresterie constitue aussi un puits de CO<sub>2</sub> de (-9 748,14 TE-CO<sub>2</sub>). Dans les stratégies d'atténuation des émissions de GES, une priorité doit être donnée au renforcement de ces puits parallèlement à la mise en œuvre de stratégies d'atténuation dans les autres secteurs.



### 3.1. Atténuation

#### 3.1.1. Energie :

Au Mali, la structure des émissions de gaz à effet de serre dans le secteur de l'Energie est caractérisée par la prédominance des émissions de CO<sub>2</sub> par rapport aux autres gaz. Cela s'explique par le fait que pour la majeure partie de la population la seule source d'énergie disponible pour la cuisson des aliments et les petites industries familiales (poterie, dîbiterie, forge, fumage du poisson etc..) est la biomasse solide composée du bois de feu, du charbon de bois et des résidus agricoles.

Sur un total de 10 001,65 Gg de CO<sub>2</sub> émis par la combustion des énergies conventionnelles et la biomasse, 9056,62 Gg de CO<sub>2</sub> (soit plus de 90 %) sont dus à la combustion de la biomasse solide et le reste (soit 945,03 Gg) à l'utilisation de l'énergie conventionnelle.

Pour atténuer ces émissions, au regard des perspectives de développement socio-économique des secteurs concernés, des options ont été développées et traduites sous forme de scénario. Le modèle « Long-rang Energy Alternatives planning system (LEAP) » a été utilisé pour l'étude de ces options.

##### a) Promotion des équipements économes d'énergie fossile

Au Mali la part de l'électricité dans la consommation finale globale de 2648,08.10<sup>3</sup> tep en 1995 est d'environ de 0,8 % soit 23,35.10<sup>3</sup> tep particulièrement réparties entre les secteurs des industries et des ménages/administration/commerce avec respectivement 51 % et 49 %. La concentration de l'électricité dans les grandes villes explique en partie son faible taux de couverture, environ 8,3 %, si l'on sait que seulement 23 % de la population vivent dans les centres urbains. Pour ces 8,3 % de la population seuls les besoins énergétiques en éclairage, audio-visuel et autres sont assurés par l'électricité. Par contre le reste de la population ( 92,7 % dont 75 % en milieu rural) doit se contenter d'autres moyens pour les besoins énergétiques domestiques.

Ces moyens sont le plus souvent des équipements traditionnels utilisant le bois, le charbon de bois ou le pétrole. La présente option vise à améliorer l'efficacité de ces équipements domestiques (foyers et fours améliorés en charbon, réchauds à pétroles etc..) pour minimiser les consommations de bois énergie de pétrole et d'autres combustibles ligneux.

L'adoption à large échelle de ces équipements économes d'énergie nécessite :

- une diminution des prix d'accès aux équipements
- une adaptation aux habitudes de cuisson des ménages
- une simplicité d'utilisation
- une efficacité prouvée par rapport aux moyens traditionnels.
- une disponibilité des équipements pour les populations.

La Communauté internationale par le biais de la Convention devrait soutenir les efforts de promotion de ces équipements dont certains sont déjà initiés au niveau national.



**Photo N° 2 : Fours et fourneaux améliorés, briquettes et charbon à base de résidus agricoles (des initiatives nationales pour réduire les consommations de bois énergie)**

**b) Promotion des énergies nouvelles et renouvelables**

La consommation de pétrole atteint 2 litres/mois en moyenne pour une lampe. Pour les 75 % de la population rurale en 1995, la consommation globale de pétrole lampant a atteint 300 40 000 Tep. Il est aisé de comprendre que la substitution des lampes à pétrole par les kits d'éclairage solaire contribuera à réduire considérablement la part des émissions de GES dues au pétrole lampant.

A cette application, il faut également ajouter l'utilisation de l'énergie solaire et de l'énergie éolienne pour l'exhaure de l'eau, la production d'électricité et les applications thermiques comme le séchage et le chauffage.

L'adoption à large échelle de ces formes d'énergie ne sera possible que par une suppression des barrières d'accès à ces technologies notamment le coût d'acquisition.

La communauté internationale par le biais de la convention doit contribuer à la diminution de ces coûts. En effet, le Mali a un gisement solaire et un potentiel éolien extrêmement faible par les populations à cause du coût d'accès aux équipements solaires photovoltaïques et éoliens.

**c) Promotion de l'hydro-Electricité :**

Bien qu'insuffisante, la couverture électrique du Mali est assurée en grande partie par l'hydro-Electricité ( 80 % entre 1990 et 1994 et 50 % actuellement) pour diminuer le plus possible le recours aux hydrocarbures dont le pays n'est pas producteur. Cette option sera réalisée avec l'achèvement à l'an 2000 du volet énergie du barrage de Manatali (projet sous régional regroupant le Mali, le Sénégal et la Mauritanie) et la mise en valeur progressive de micro-centrales hydrauliques dont les sites sont déjà identifiés.

**d) L'importation d'énergie électrique à partir des pays voisins a déjà commencé avec la Côte d'Ivoire :** le poste frontalier de Zégoua et la ville de Kadiolo alimenté depuis 1996 par Togo et la réalisation de la ligne Ferkessédougou-Sikasso est prévu pour 1999. La réalisation des deux options ci-dessus permettra de couvrir au moins 90 % de production annuelle d'énergie.

Il faut cependant noter que l'importation et la réalisation de centrales hydroélectriques ne réduirait pas les émissions des centrales thermiques déjà existantes, mais contribueraient à une relative réduction du déficit global « offre/demande » tout en évitant les émissions qui seraient produites par l'équilibre de l'offre et de la demande à travers une solution thermique.

**e) Valorisation des résidus et sous-produits agricoles pour les production de combustibles**

Il ressort des inventaires de gaz à effet de serre que l'un des secteurs polluants est celui des ménages par l'utilisation des sources d'énergies traditionnelles notamment le bois et le charbon de bois. Le bilan énergétique de l'année de référence, 1995, montre que les ménages ont consommé environ 1 808 376 tep en bois et 61 000 tep en charbon de bois et ont émis pour ces deux combustibles 8495 Gg de CO<sub>2</sub> soit 92 % du total des émissions de CO<sub>2</sub>.

Des initiatives sont développées au niveau national par des opérateurs privés pour la production de combustibles de substitutions au bois énergie.

Ces combustibles sont à base de résidus et de déchets agricoles. Il est souhaitable d'appuyer ces initiatives dans le cadre de la Convention par le financement d'activités contribuant à une plus grande utilisation des produits par les populations.

**3.1.2. Gestion du transport :**

Dans le sous secteur du transport routier, la consommation des hydrocarbures (gasoil, essence et super) a évolué annuellement de 11,94 % en moyenne de 1995 à 2025. Le taux d'accroissement élevé revient au gasoil (15,11 %) et au super (15,73 ). Quant à l'essence sa consommation ne progresse que de 4,97 %. Le taux d'accroissement élevé du gasoil s'explique par l'augmentation du parc de transport en commun dont la majorité fonctionne au gasoil par souci d'économie. Quant au super sa forte consommation s'explique par la préférence des usagers de voitures légères et de certains types de cyclomoteurs à utiliser ce genre de carburant pour des raisons "supposées" de bonnes tenues des moteurs. Cet engouement se fait bien sûr au détriment de l'essence ordinaire, ce qui explique son faible taux d'accroissement.

Le contexte socio-économique aidant, on a donc assisté ces dernières années à une importation massive de véhicules de tout genre. Ainsi le parc automobile du Mali est caractérisé, dans sa grande majorité, par la vétusté des véhicules et une masse grandissante d'engins de "seconde main" c'est-à-dire de véhicules d'occasions importés des pays occidentaux surtout de France et de Belgique, ce qui n'est pas sans conséquence pour l'environnement.

A ces facteurs il faut également ajouter d'autres contribuant à la pollution environnementale à travers le transport routier. Il s'agit :

- de la non fluidité de la circulation ;
- du mauvais état des routes
- de la multiplicité et de la vétusté des véhicules affectés au transport en commun.

**a). Gestion rationnelle des voies de transport**

Dans cette mesure rentrent toutes les actions visant à permettre une circulation fluide.

- Contrôle du trafic par la mise en place ou le renforcement de feux de signalisation bien coordonnés pour rendre fluide la circulation et diminuer les consommations de carburant suite aux embouteillages.
- Amélioration des infrastructures routières. Il s'agit là d'une mesure s'étendant dans le temps. Au Mali sur les 8135 km de routes interurbaines faisant l'objet d'un comptage, seules 25,1 % (soit 2039 km) sont revêtues. Les 6096 km restants (74,9 %) sont soit des routes en terre, soit des pistes.
- Développement du transport collectif par la mise en circulation ou le renforcement du nombre de bus de transport de grande capacité au détriment des véhicules actuels. A Bamako, chaque jour ce sont environ 400 000 passagers qui empruntent le transport en commun. Il faut toutefois noter que cette mesure n'est applicable qu'avec un réseau routier assez performant.

**b). Formation, information et sensibilisation des conducteurs**

Au Mali, on estime en 1995 le nombre de conducteurs dans le transport en commun et celui de marchandises à 13 000<sup>16</sup>.

Donc une formation en conduite économique peut être offerte à ces conducteurs en vue de les sensibiliser sur la consommation énergétique des véhicules, l'inspection rapide, la maintenance préventive.

**c). Bonne gestion du parc automobile**

Dans cette catégorie de mesures il s'agit de toutes celles qui ont trait à la bonne tenue des véhicules, du point de vue performances énergétique, mécanique et autres.

La performance d'un véhicule dépend de son état général, du système d'allumage, du carburateur, ou du système d'injection, etc. Il a été prouvé que la consommation croît de 10% quand le véhicule est mal réglé et dégage des fumées (produits de la combustion) polluants

<sup>16</sup> Il s'agit dans ce cas précis du nombre de véhicules en circulation dans le domaine du transport en commun (Taxi ville et interurbain, autocar, autobus, minibus, etc.) et du transport de marchandises.

l'environnement. Le contrôle technique (entre autres l'analyse des gaz d'échappement) et la maintenance régulière des véhicules sont importants car ils aideront dans le choix de la mise en circulation du véhicule.

**d). Mesures à caractère incitatif**

Comme il a été déjà évoqué, le parc automobile est constitué en grande partie de véhicules d'occasion émettant de grandes quantités de polluants. Pour diminuer considérablement l'importation de tels véhicules, les mesures suivantes peuvent être envisagées :

- accroissement des taxes sur les véhicules d'occasion,
- incitation à l'achat de véhicules neufs (choix des véhicules à l'achat tout en privilégiant le critère de performances énergétiques)
- promotion du transport public urbain et inter-urbain

**e). Mesures à caractère technologique**

A l'instar de beaucoup de pays, au Mali le passage aux sources d'énergies de substitution (biocarburant alcool et pourghère etc.) est une action qui est en expérimentation. De 1987 à 1990 le Programme Spéciale Energie de la Coopération Allemande, en collaboration avec le Centre National d'Energie Solaire et des Energies Renouvelables (CNESOLER), a procédé à des expérimentations sur l'utilisation de l'huile de Pourghère<sup>17</sup> comme carburant de substitution. Le succès d'une telle opération permettrait de substituer partiellement au gasoil l'huile de Pourghère.

**3.1.3. Foresterie :**

Le domaine forestier national couvre 100 millions d'hectares dont l'essentiel est constitué par des formations ligneuses occupant 32,3 millions d'hectares. Dans ce vaste domaine, on trouve une part importante de formation végétales agricoles constituée par 5,7 millions d'hectares de terres cultivées et 9,1 millions d'hectares de réserve. Les formations forestières et les parcs boisés proprement dits couvrent 17,4 millions d'hectares dont 12,9 millions d'hectares de peuplement naturel et 4,5 millions d'hectares de forêts anthropiques et incluent 2,5 millions d'hectares de parc forestiers. Ce potentiel forestier contribue à la création d'un puits net de CO<sub>2</sub> d'environ 14853,14 Gg.

Les Options d'atténuation envisagées dans la foresterie visent à renforcer ce puits à travers les mesures suivantes:

**a) Eviter la déforestation par une amélioration des techniques culturales** (agriculture intensive) et une meilleure gestion des pâturages (exemple du projet de restauration des pâturages dégradés qui regroupe le Mali, le Kenya et le Botswana) ; et de l'exploitation forestière assurer la protection des parcs naturels ; développer les sources d'énergie alternatives au bois énergie ou des technologies à bon rendement énergétique.

**b) Intensifier le reboisement à travers la sensibilisation et des mesures incitatives.** Dans ce sens un programme d'agro-foresterie est en cours au Mali. Il vise à équiper les paysans de matériel agricole moyennant des superficies reboisées en arbres fruitiers ou en toutes autres variétés.

<sup>17</sup> Le Pourghère (*Jatropha curcas* L.), est une plante de la famille des Euphorbiaceae qui donne des graines oléagineuses. Il est également utilisé comme haies vives pour la protection des jardins et des champs de culture et contre la divagation des animaux.

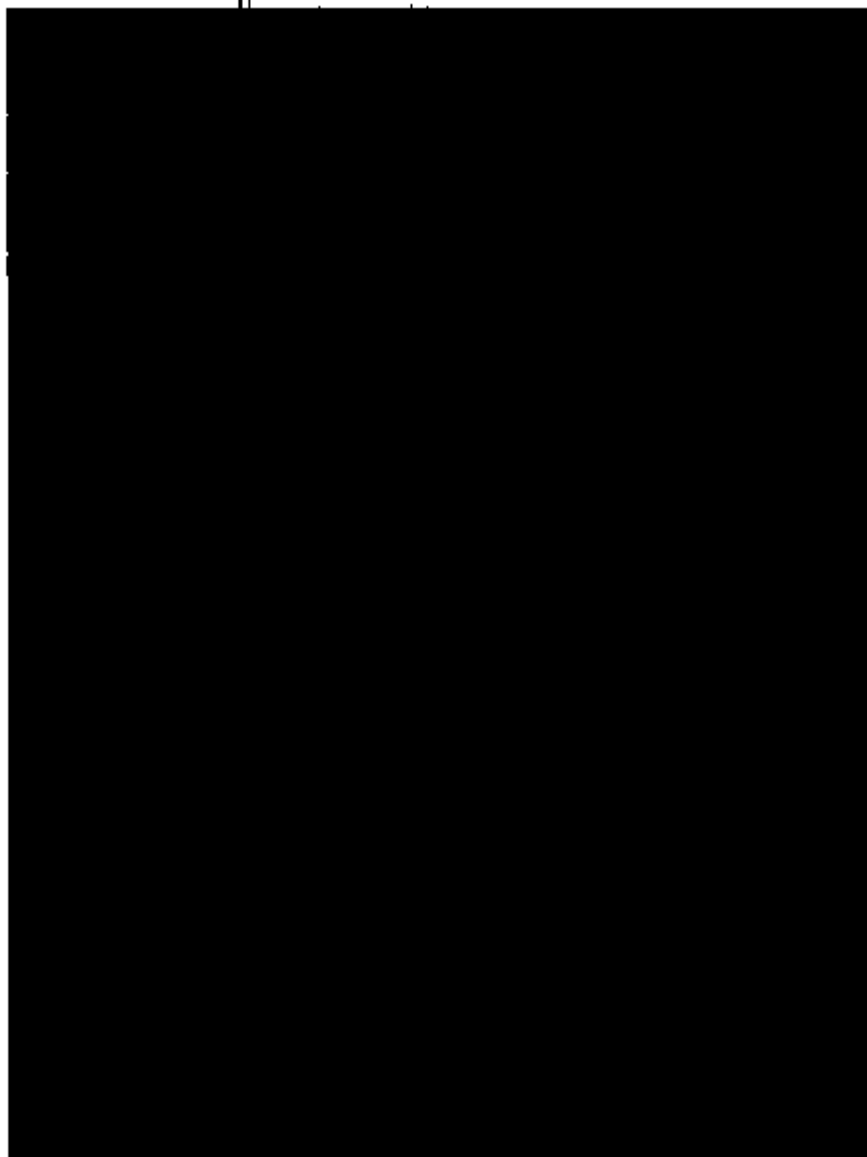
**c) Limiter l'avancée du désert par la fixation des dunes et le reboisement**

**3.1.4 Agriculture :**

**a) Amélioration de la gestion de l'eau dans les périmètres irrigués**

L'un des secteurs les plus émissif de GES au Mali est la riziculture irriguée. En effet, ce secteur contribue pour 48 Gg aux émissions de CH<sub>4</sub>.

La vision 2025 du secteur au Mali vise une meilleure gestion des eaux d'irrigation pour passer d'un système d'irrigation à inondation permanente à un système d'irrigation à aération multiple. Ceci permet de réduire les temps d'immersion des superficies rizicoles. L'un des avantages est l'atténuation des émissions de méthane et le maintien de la nappe phréatique à une profondeur qui empêche l'alcalinisation des terres suite à l'utilisation des engrais chimiques.



**Photo N°3 : Le repiquage en riziculture irriguée dans la zone Office du Niger pour l'intensification agricole et la bonne gestion de la lame d'eau**

**b) La production et l'adoption massives d'engrais de substitution aux engrais azotés comme les fumures organiques, le PNT et autres engrais biologiques**

Cette mesure est déjà inscrite dans le programme d'amélioration des techniques culturales dans les périmètres rizicoles. Elle vise à associer l'élevage par stabulation à la riziculture. La substitution des engrais chimiques azotés par la fumure organique (moins riche en azote) dans les superficies rizicoles permet d'une part de réduire les émissions d'oxyde azoté ( $N_2O$ ) d'autre part d'éviter la dégradation des terres suite aux dépôts alcalins à la surface.

L'utilisation des engrais azotés constitue l'une des principales sources de dégagement d'oxydes nitreux tel que le  $N_2O$ . La capacité de fixation de l'azote atmosphérique par l'azolla lui permet d'enrichir en azote le milieu dans lequel il se développe. Cet azote sera libéré et éventuellement mis à la disposition des plantes de culture lors de la mort et de la décomposition de la fougère. Des études pilotes ont déjà été menées au Mali et les conclusions des recherches quand aux possibilités de vulgarisation sont positives.

**3.1.5. Elevage :**

Au Mali, l'élevage est le secteur qui émet le plus de méthane avec 277,88 Gg à cause de la fermentation entérique des animaux.

Les options qui pourront contribuer à l'atténuation de ces émissions sont :

- a) le développement de l'élevage par stabulation associé à la production de biogaz à partir de digesteurs utilisant la bouse de vache. Les avantages de cette option sont une diminution des émissions de  $CH_4$  dues à la gestion du fumier,
- b) une meilleure gestion des pâturages et l'utilisation du biogaz comme substitut au bois énergie pour la réduction des émissions de  $CO_2$ .

**3.2. Vulnérabilité/adaptation :**

Au Mali, les secteurs les plus vulnérables aux effets des changements climatiques sont :

- l'Agriculture,
- les ressources en eau,
- la santé et le bien être,
- les ressources halieutiques,
- les changements d'utilisation des terres et la foresterie,
- la biodiversité.

Toutes les études de vulnérabilité/adaptation se réfèrent à des scénarios climatiques qui prédisent les variations locales des paramètres climatiques suite à un changement du climat.

Les scénarios de changements climatiques utilisent les modèles de circulations générales (MCG) qui intègre les coordonnées géographiques des stations météorologiques retenues ainsi que les valeurs moyennes quotidiennes (1961-1990) de la température maximale, la température minimale, l'insolation et de la pluviométrie quotidienne de 1995 dans les 2 cas de concentration en  $CO_2$ , (1 x  $CO_2$ ) et (2 x  $CO_2$ ).

La synthèse de ces résultats montre qu'à l'horizon 2025 on peut s'attendre à une augmentation moyenne variant entre 2.71 et 4.51°C pour la température, une diminution de 1 à 10 % pour l'insolation et une diminution de 8 % à 10 % pour la pluviométrie.

### 3.2. 1. Impact sur l'agriculture :

L'étude de vulnérabilité/adaptation de l'agriculture se justifie par le fait que le Mali est un pays à vocation agro-sylvo-pastorale, où les activités de la population sont à 95 % orientées vers le secteur primaire. Ces activités sont fortement tributaires des conditions climatiques.

En outre, le secteur agricole fournit l'essentiel des matières premières pour les unités industrielles maliennes. La zone d'étude a été circonscrite à celle de l'Office de la Haute Vallée du Niger. En effet, cette région avec un écosystème original est à cheval sur trois zones agro-climatiques : la zone Sahélo-saharienne, la zone soudano-sahélienne et la zone soudano-guinéenne.

Dans le domaine de l'Agriculture, nous nous sommes intéressés aux spéculations mil/sorgho et maïs à cause de leur importance au niveau national en tant que culture vivrière et au coton pour son importance comme culture industrielle pour le pays. En effet, le Mali est le premier producteur de coton en Afrique de l'Ouest et 2<sup>ème</sup> en Afrique après l'Egypte. En plus, le coton représente 50 % des recettes nationales d'exportation.

Les modèles d'évaluation des impacts utilisent des fonctions pour traduire les interactions entre la croissance des cultures, les rendements et les principaux facteurs qui les affectent (pluviométrie, paramètres climatiques, sols et pratiques culturales)

Ainsi, pour le cas du Mali, les modèles suivants ont été utilisés :

#### a) Impact sur la production du mil/sorgho :

- Le modèle **SORGEF**, qui est ce modèle biophysique développé en collaboration avec le Centre de Recherche Agrobiologique (CABO) des Pays-Bas, a utilisé les données obtenus par un scénario incrémental qui montre l'accroissement de la température et la diminution de la pluviométrie par rapport à la période normale 1961-1990.

Ce modèle biophysique pour le sorgho calibré sur les données agrométéorologique dans la zone d'étude a été utilisé pour faire des simulation sur la base de scénarios d'augmentation de température de 1°C, 2°C, 3°C, 4°C. Les résultats sont donnés dans le tableau 3.7.

On note qu'en fonction de l'augmentation de la température de 1°C à 4°C les pertes en rendement du sorgho varie de 2 % à 16 %.

Tableau 3.1 : Résultats de la simulation du rendement du sorgho à Bancoumana

Accroissement de la température (°C)	Rendements		
	Valeur Kg/ha	Perte Kg/ha	Perte en rendement (%)
0	2842	0	0
1	2794	48	2
2	2722	120	4
3	2559	283	10
4	2389	453	16



- Le modèle DSSAT (Decision Support System for Agrotechnology Transfer) utilise des fonctions simplifiées pour prévoir la croissance des cultures sous l'influence des principaux facteurs qui affectent les rendements, à savoir, la génétique, le climat (rayonnement solaire, températures maximales et minimales, précipitation), les sols et les pratiques culturales.

Les résultats des simulations effectuées avec la variété de sorgho CSM 388 sont donnés dans le tableau 3.2 pour Bamako, Bougouni, Ségou et San.

On constate sur ce tableau qu'à l'horizon 2025 les rendements accusent une baisse variant de 10 à 26 % dans l'hypothèse d'un doublement de la concentration en CO<sub>2</sub> de l'atmosphère.

Tableau 3. 2. Comparaison des rendements du sorgho CSM

Localités	1961-1990 Kg/ha	2025 Kg/ha	Ecart %
Bamako	1952	1761	-10 %
Bougouni	2312	1958	-15 %
Ségou	2089	1761	-16 %
San	1314	966	-26 %

A cet horizon, les besoins céréaliers des populations de la zone sont estimés à 147.316,96 tonnes. Comparée à ces besoins, la production mil/sorgho dégage un déficit variant de 18 à 33 %, soit la ration alimentaire céréalière annuelle de 44 % de la population.

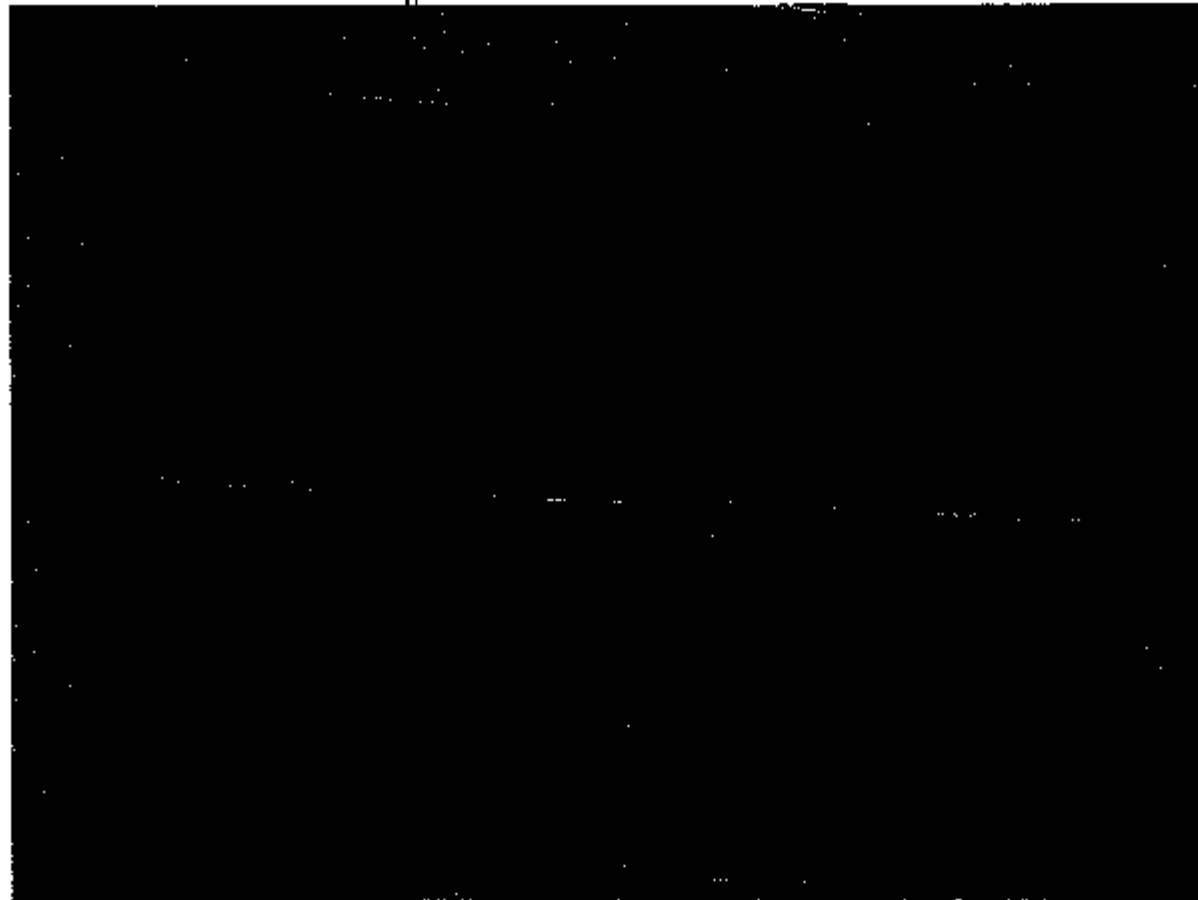
**b) Prévision des tendances socio-économiques avec changements climatiques**

La zone fait partie du système agro-pastoral associé aux cultures de rente et de subsistance. Elle est aussi en partie une zone aurifère. Malgré le niveau d'encadrement de la zone, elle est exposée aux changements climatiques qui affecteront les activités conduites dans la zone. On assistera à un mouvement de la population vers les grandes villes et une concentration dans les zones où les conditions sont plus clémentes.

**c) Impacts sur les zones agro-écologiques**

La tendance à la baisse de la pluviométrie observée a engendré un déplacement des isohyètes du nord vers le sud. Cette régression des isohyètes a entraîné non seulement une réduction des terres exploitables en culture pluviale dans les zones nord du pays, mais aussi le développement de la culture d'espèces moins exigeantes en eau dans les zones sud. Enfin, certaines espèces végétales sont en voie de migration de leurs régions d'origine pour de nouvelles zones.

### 3.2.2. Stratégie d'adaptation dans le secteur de l'agriculture :



**Photo N°4 :** Réalisation de diguettes en pierres et en terres, et reboisement pour la maîtrise des eaux de surface et la lutte contre la dégradation des terres (source :INSA/ PADRES-USAID)

Le Mali, à l'instar des autres pays de la région sahélienne, subit depuis le début des années 1970 des sécheresses récurrentes et sévères, conséquences probables des changements climatiques qui ont contribué à dégrader les écosystèmes avec de lourdes pertes aussi bien pour les populations que pour le cheptel. Le Programme Agrhymet fut ainsi lancé en 1975, suite à une résolution des Ministres des pays membres du Comité Inter-Etats de Lutte contre la sécheresse au Sahel (CILSS) et à une mission conjointe de l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM) et de l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO).

Cette mission a recommandé entre autres, le renforcement des capacités des services météorologiques et hydrologiques des pays concernés afin de leur permettre de diagnostiquer précocement des situations similaires car, comme l'a fait remarquer la mission, si ces sécheresses avaient été annoncées à l'avance, leurs conséquences auraient pu être atténuées.

Au Mali, une Division agrométéorologique a été créée au sein du Service Météorologique National; des agents spécialisés ont été formés au Centre Régional Agrhymet de Niamey et des équipements ont été acquis pour renforcer les réseaux d'observation et de transmission de données et accroître les capacités de stockage et de traitement des données.

Un autre constat consécutif à ces sécheresses, est que les paysans manifestaient une certaine panique dans l'exécution des travaux culturels, notamment le semis. Ainsi, dans certaines localités, des paysans ont semé après une pluie en Avril alors que les chances de réussite de ces semis n'y dépassaient guère 20 %. C'est dans ce contexte et conformément à la recherche de l'autosuffisance et de la sécurité alimentaires, objectif prioritaire du Gouvernement, que deux types d'activités furent développés par la Direction Nationale de la Météorologie. Le premier est destiné à tenir régulièrement informés, les décideurs et les responsables agricoles, de l'évolution de la campagne agro-pastorale par le suivi d'indicateurs pertinents (météorologiques, pluviométriques, bilans hydriques, hydrologiques) et leurs impacts sur les cultures, les pâturages et les points d'eau. Le second consiste à fournir au monde rural des conseils et avis leur permettant de mieux planifier les activités agricoles et de les exécuter plus efficacement.

**a) Suivi agro-hydro-météorologique des cultures et des pâturages**

Un groupe de travail pluridisciplinaire composé de représentants des services techniques du secteur rural, de l'hydrologie, de l'Office de Radiodiffusion et Télévision (ORTM) et coordonné par la Direction Nationale de la Météorologie, se réunit tous les dix (10) jours, pendant la saison des pluies. Ce groupe analyse les données reçues des stations météorologiques, hydrologiques, les données satellitaires (cartes d'indices de végétation) ainsi que des données sur les cultures et leurs ennemis, les pâturages et les points d'eau envoyées par les agents de l'agriculture et de l'élevage. Au terme de la réunion, un bulletin d'information agro-hydro-météorologique est élaboré et diffusé par voie de Radiodiffusion Nationale, et par courrier à l'intention des décideurs, responsables agricoles et partenaires au développement. Le bulletin fait le point de la situation météorologique et pluviométrique, de la situation des cours d'eau et leurs impacts sur les cultures, les pâturages et les points d'eau ainsi que les perspectives pour les 10 jours suivants. Ces bulletins permettent de suivre l'évolution de la campagne agricole et de détecter les zones où la situation de la campagne est critique. Ces informations sont par ailleurs utilisées par le Système d'Alerte Précoce (SAP) conjointement avec d'autres indicateurs pour faire le diagnostic de la situation nutritionnelle, sanitaire et alimentaire du pays, permettant ainsi aux décideurs de prendre en temps opportun les décisions et les actions appropriées.

**b) Assistance agro-météorologique au monde rural**

Les sécheresses des années 1970 ont eu entre autres, pour conséquences au Mali la disparition de certaines espèces végétales et animales ainsi que des perturbations dans leurs comportements physiologiques, faisant perdre aux populations rurales de précieux repères de leurs calendriers culturels empiriques.

Par ailleurs, les calendriers culturels vulgarisés auprès des paysans par les structures d'encadrement agricole, ont subi des changements en raison des fluctuations du régime pluviométrique.

C'est dans ce contexte que fut mise en œuvre en 1982, par une approche participative, démonstrative et pluridisciplinaire et grâce à l'appui financier de la Suisse, et le concours technique de l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM), l'assistance agrométéorologique opérationnelle au monde rural.

Les buts visés par cette assistance sont :

- la sensibilisation des populations rurales par leur implication directe dans l'exécution des activités et donc par réaction en chaîne, des vulgarisateurs, responsables agricoles et décideurs politiques, sur l'importance de la prise en compte de l'information météorologique dans tout processus décisionnel concernant l'agriculture afin de minimiser le risque climatique et de sécuriser voire d'augmenter la production agricole,
- la formation des paysans et vulgarisateurs aux méthodes de collecte des données et à l'utilisation pratique de l'information météorologique et agro-météorologique dans le but de créer chez eux le réflexe de l'utilisation effective de ces informations avant toute prise de décision dans le domaine agricole,
- l'établissement d'un système opérationnel d'élaboration et de dissémination au monde rural des informations et conseils agro-météorologiques,
- l'élaboration de calendriers prévisionnels pour l'exécution des principales interventions culturales,
- la constitution d'une base de données en milieu rural (référentiel paysan) pour les besoins de l'agrométéorologie opérationnelle.

**- Méthodologie de l'assistance**

**• Organisation**

L'exécution de l'assistance au monde rural est effectuée par le Groupe de Travail Pluridisciplinaire (GTP) qui se réunit tous les dix jours pour analyser les données et informations provenant des zones couvertes afin d'élaborer les conseils agrométéorologiques.

**• Types de conseils agrométéorologiques**

Les conseils destinés au monde rural concernent généralement:

- le calendrier agroclimatique de référence pour la planification des activités agricoles (période de préparation des champs, des matériels et intrants agricoles, etc.);
- le moment des labours et des semis à partir du calendrier prévisionnel de semis, des relevés quotidiens de pluie, du bilan hydrique, des prévisions quotidiennes,
- la période appropriée des interventions agricoles (démarrage, sarclage, utilisation de l'engrais et des pesticides) basée sur le bilan hydrique et la prévision météorologique quotidienne,
- le moment de l'apparition de certaines maladies, notamment le mildiou, en fonction de la pluviométrie, de la température et de l'humidité (avertissement).

Les données sont collectées par les paysans et les agents d'encadrement ; elles parviennent au GTP par l'intermédiaire des structures de vulgarisation. Ces données sont traitées et analysées par le GTP au cours de ses réunions décennales. Les avis, avertissements et conseils agrométéorologiques sont ainsi élaborés, et diffusés par la Radiodiffusion Télévision Nationale (en français et en langues nationales) à l'intention du monde rural pour utilisation.

### 3.2.3 Impacts sur les ressources en eau :

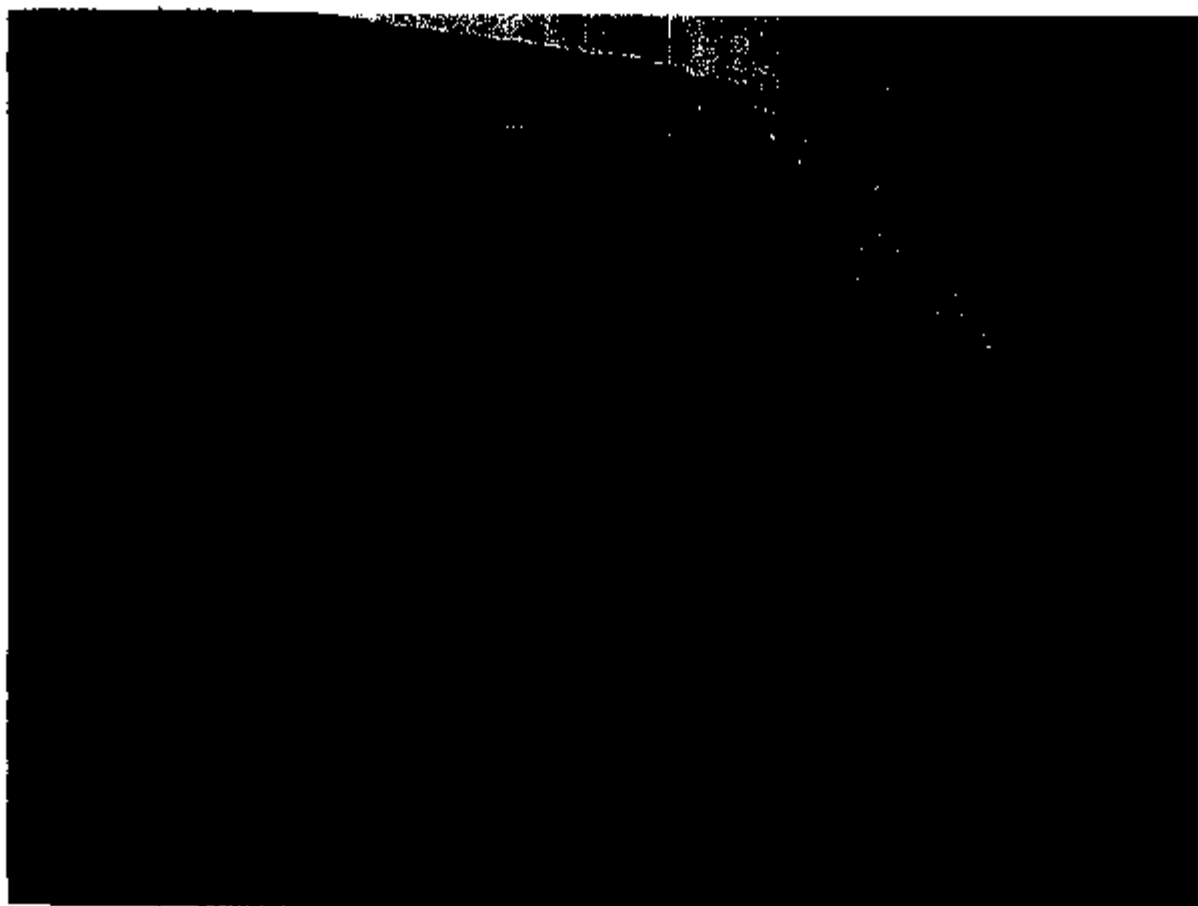
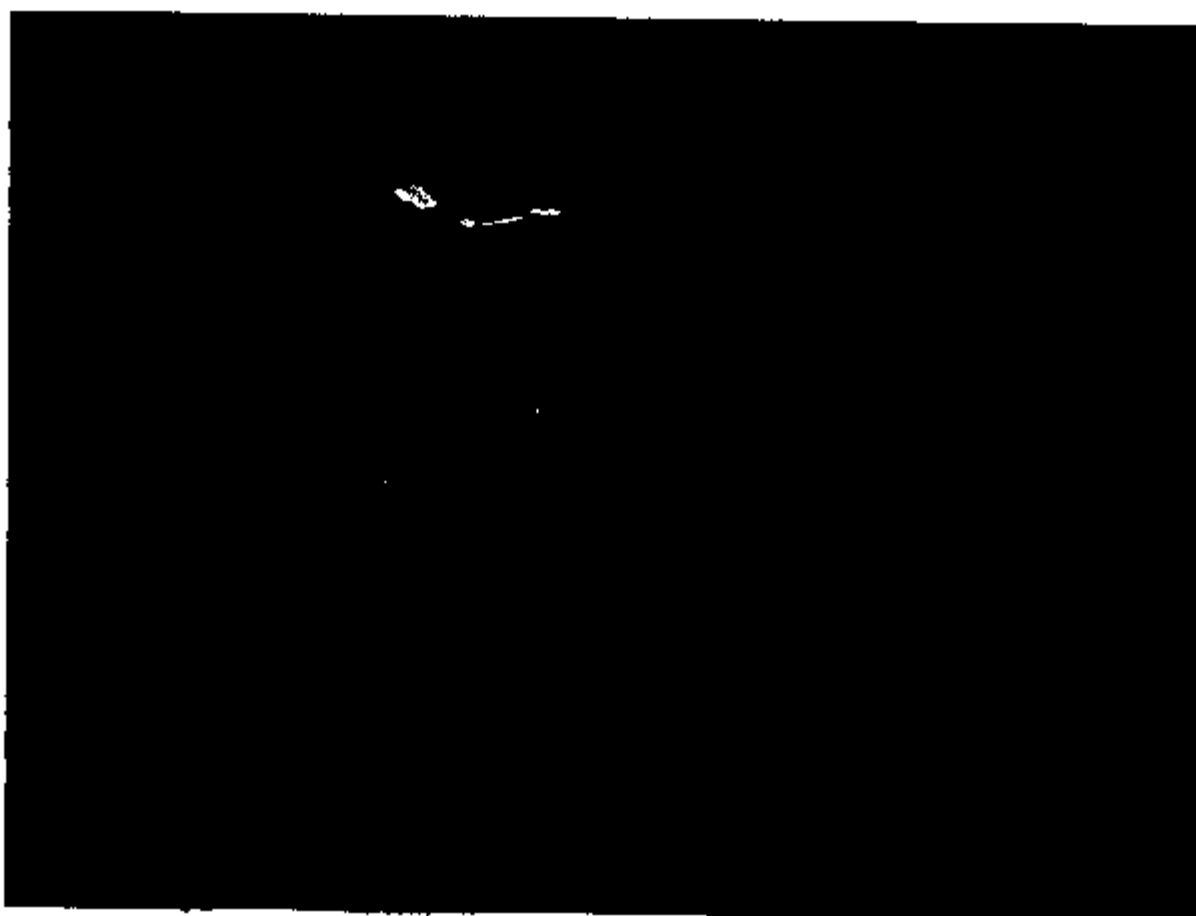


Photo N°5 : L'ensablement des fleuves et des marres est un problème climatique préoccupant



**Photo N°6** Détérioration du couvert végétal par érosion (source DNH)



**Photo N°7 : Lutte contre l'ensablement du fleuve au moyen des cultures côtières**

La succession d'années à pluviométrie déficitaire a mis en évidence, de façon dramatique, la précarité de l'approvisionnement en eau des populations et de leur bétail. Cette situation a pesé lourdement sur l'économie malienne avec une baisse de la production agricole liée essentiellement à la pluviométrie, sans oublier les conséquences sur d'autres secteurs tels que l'hydroélectricité, le transport fluvial etc.

L'objectif de cette étude est d'analyser la variabilité climatique des dernières décennies au niveau du bassin du fleuve Niger à Mopti, d'étudier l'impact d'un changement climatique sur les ressources en eau, et de définir des stratégies d'adaptation pour un développement durable de la zone.

**a) Horizon temporel de l'étude :**

L'horizon temporel est 2025. Cette date est choisie en fonction des grands axes d'orientation du plan national, qui seront définis par «l'étude prospective 2025» [19]. Cette étude lancée en 1997 vise les objectifs suivants :

- "construire une image réaliste des futurs possibles du Mali à l'horizon d'une génération et renforcer notre capacité d'anticipation des tendances et des événements futurs;
- forger une image commune du futur et les stratégies appropriées pour la concrétiser

- mobiliser tous les acteurs autour de la réalisation des objectifs de développement".
- La période de référence de l'étude du secteur des ressources en eau a été fixée à la période 1961-1990 pour les raisons suivantes :
- sur le plan global, la nouvelle normale climatologique dont l'O.M.M. (Organisation Météorologique Mondiale) tient compte est cette période ;
  - Toute étude hydrologique ne peut être significative que si l'on prend une période d'observation d'une durée égale au moins à 30 ans.
  - Cette période a l'avantage de contenir une première phase humide : les « années 1960 », précédant les périodes sèches qui lui succèdent.

Elle prend en compte aussi la prochaine normale de 30 ans pour l'analyse hydrologique.

#### **b) Méthodes:**

L'équipe a utilisé la méthode par analogie, le jugement d'experts et les modèles pour l'étude de la vulnérabilité et de l'adaptation du secteur ressource en eau. La disponibilité de données climatiques et non climatiques sur plusieurs décennies dans la zone d'étude ainsi que la variabilité climatique observée dans le Sahel en général, justifie le choix de ces méthodes d'analyse.

#### **Données :**

Les données utilisées dans le cadre de cette étude sont:

- *données climatologiques* (pluviométrie, températures, évapotranspiration) dont la source est essentiellement la DNM (Direction Nationale de la Météorologie) du Mali et de la Guinée et l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD).
- *données hydrologiques* (hauteurs d'eau, débits, piézométrie) de la DNHE (Direction Nationale de l'Hydraulique et de l'Energie);
- *données socio-économiques* (population, élevage, agriculture) des différents services techniques.

#### **Sélection :**

Les méthodes retenues pour la présente étude sont:

#### **Analogie :**

Au cours des dernières années, des extrêmes climatiques ont été observés notamment, sécheresse au début des années 40, 70 et 80 et inondations au courant des années 20 et 60. Des longues chroniques de données (plus de 50 ans) sur les ressources en eau (Pluies, débits) ont été ainsi collectées et sont disponibles sur le fleuve Niger et ses principaux affluents. Pour les besoins de cette étude, les résultats de ces observations ont été utilisés dans l'analyse de scénarios futurs qui pourraient être analogues aux événements passés.

Les événements analogues significatifs ainsi retenus sont:

- la sécheresse des années 1973-1974 et 1983-1984;
- l'inondation de 1967 sur le fleuve Niger.



#### **Jugement d'expert :**

La présente étude est conduite par une équipe nationale pluridisciplinaire comportant des experts confirmés dans leurs domaines de spécialisation. Leurs jugements d'experts sont mis à profit dans la présente étude.

#### **Modèles :**

Les résultats de différents modèles ont été utilisés pour l'analyse des impacts du changement climatique dans la présente étude. Il s'agit plus particulièrement des modèles suivants:

- méthode de THIESSEN pour l'estimation de la pluie moyenne sur le bassin du Bani à Douna et du Niger à Koulikoro ;
- modèle HADCM2 pour l'estimation de la température en cas de changement climatique;
- modèle SIMERO pour l'estimation de l'infiltration dans les aquifères.

#### **Description du secteur et de la zone d'étude**

Le bassin du Niger à Mopti s'étend entre 10° 22' et 14° 17' de Latitude Nord et 4°15' et 9°25' de Longitude Ouest sur les régions de Sikasso, Ségou, Koulikoro à l'exclusion du cercle de Nara et les cercles de Djenné, Mopti et Tenenkou dans la région de Mopti.

Il couvre une superficie totale d'environ 245 000 km<sup>2</sup> et traversent deux zones climatiques: la zone Soudanienne au Sud dans la partie amont avec des précipitations supérieures à 1200 mm/an et la zone Soudano-Sahélienne dans la partie aval au Nord avec des précipitations moyennes comprises entre 700 et 1200 mm/an.

A l'instar de la majeure partie du territoire national, cette zone a un relief très peu contrasté. Il est dominé par des pentes douces vers le nord-est (delta central du fleuve Niger) entre les cotes 400 et 300 m. Les seuls accidents de terrain sont les buttes latéritiques au sud-ouest et les plateaux gréseux dominant les vastes étendues de collines et plaines.

Du point de vue géologique trois formations géologiques se partagent la zone. A l'amont du bassin (extrême Sud) apparaît le socle birrimien composé essentiellement de roches granitiques et métamorphiques initialement compactes. Dans la partie centrale et le long de la limite orientale (frontière Burkina) et au nord-est apparaissent les formations de l'infracambrien tabulaire constituées de grès de granulométrie variée, grès schisteux et pélites. Cet ensemble comporte des intrusions doléritiques de type dykes, sills et laccolites. Dans la partie septentrionale on note la présence du continental terminal et quaternaire dominés par des sables, argiles, latérites et alluvions limono-sableuses.

#### **Climat :**

Le Bassin du Niger à Mopti est sous l'influence du climat tropical caractérisé essentiellement par l'alternance de deux saisons: la saison des pluies allant de mai à octobre et la saison sèche.

Du Sud au Nord deux grandes zones climatiques se distinguent:

- la zone guinéo-soudanienne qui s'étend des frontières guinéenne et ivoirienne jusqu'à la latitude 12° N. Elle est caractérisée par des précipitations annuelles supérieures à 1200 mm, dépassant parfois 1500 mm, se produisant de mai à octobre en 90 jours de pluie en moyenne.
- la zone soudano-sahélienne avec des précipitations annuelles qui diminuent progressivement de 1200 mm à 700 mm, se répartissant sur 4 mois avec 60 à 80 jours d'épisodes pluvieux.

### Températures :

Sur l'ensemble du Bassin, les températures les plus élevées sont enregistrées en avril et mai (figure 3.1), tandis que les valeurs minimales sont observées en décembre et janvier. L'écart entre les mois les plus chauds et les mois les plus froids est en général plus faible dans le Sud (Sikasso : 22°C) que dans les régions Nord du Bassin (Mopti : 28 °C).

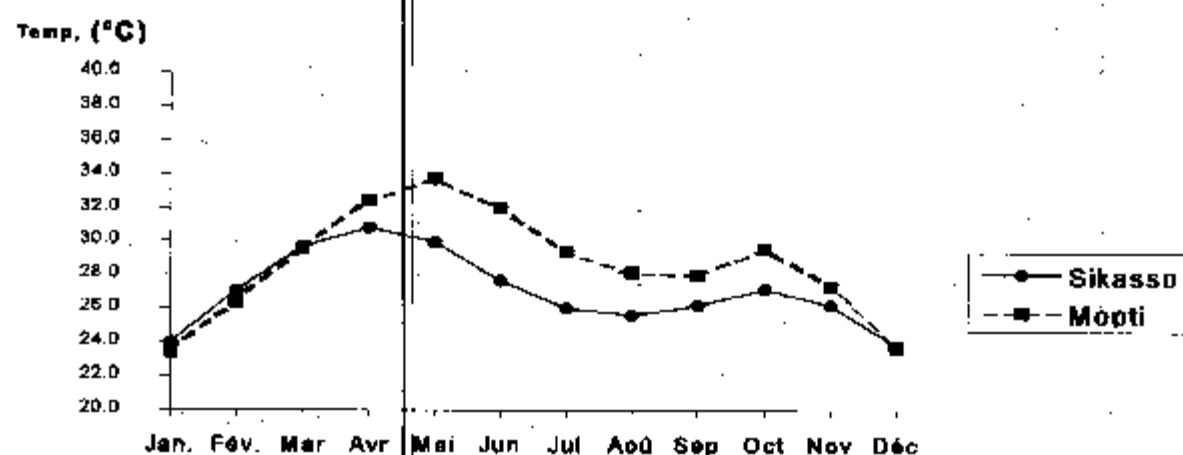


Figure 3.1. Régimes thermiques (Stations de Sikasso et de Mopti)

### Précipitations

L'analyse des séries pluviométriques des différentes stations de la zone, montre que la pluviométrie y varie de 460 et 1130 mm avec une alternance de périodes humides et de périodes sèches. Toutefois on note une persistance de périodes à pluviométrie inférieure à la moyenne 1961-1990 à partir des années 70 au Nord et au centre de la zone d'étude; au sud, ces périodes sont observées à partir des années 1980.(figures 3.2 ).

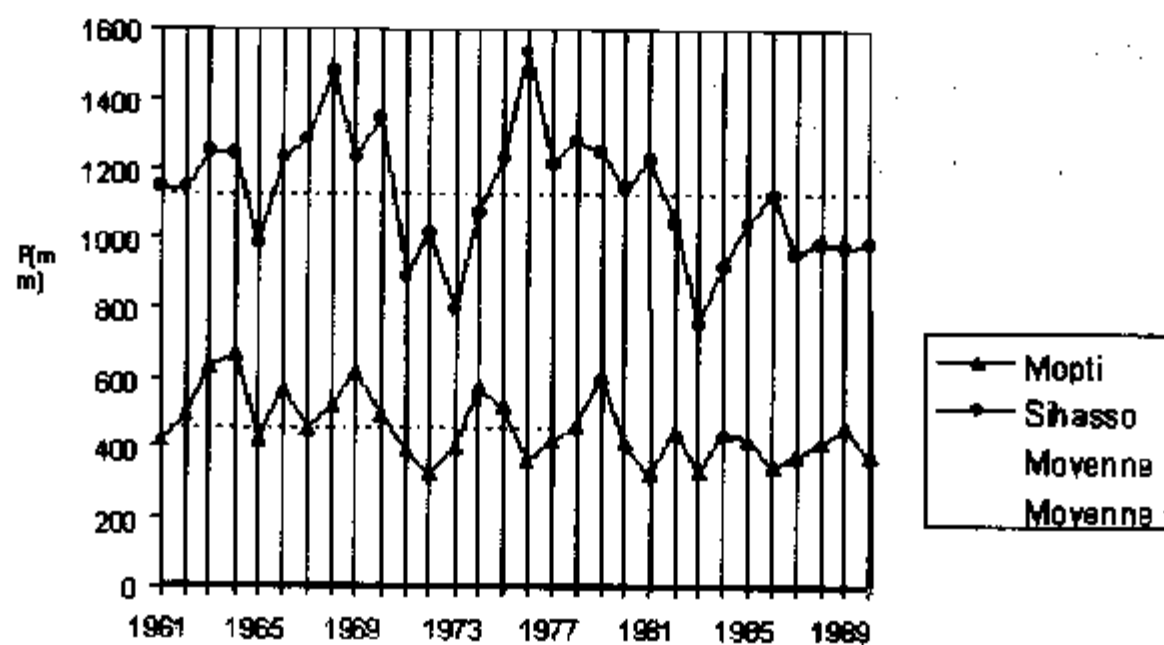


Figure 3.2 - Variabilité inter-annuelle des précipitations (Stations de Sikasso et de Mopti)

La figure 3.3 illustre les régimes pluviométriques au Nord et au Sud du bassin où l'on constate la diminution de la durée de la saison des pluies.

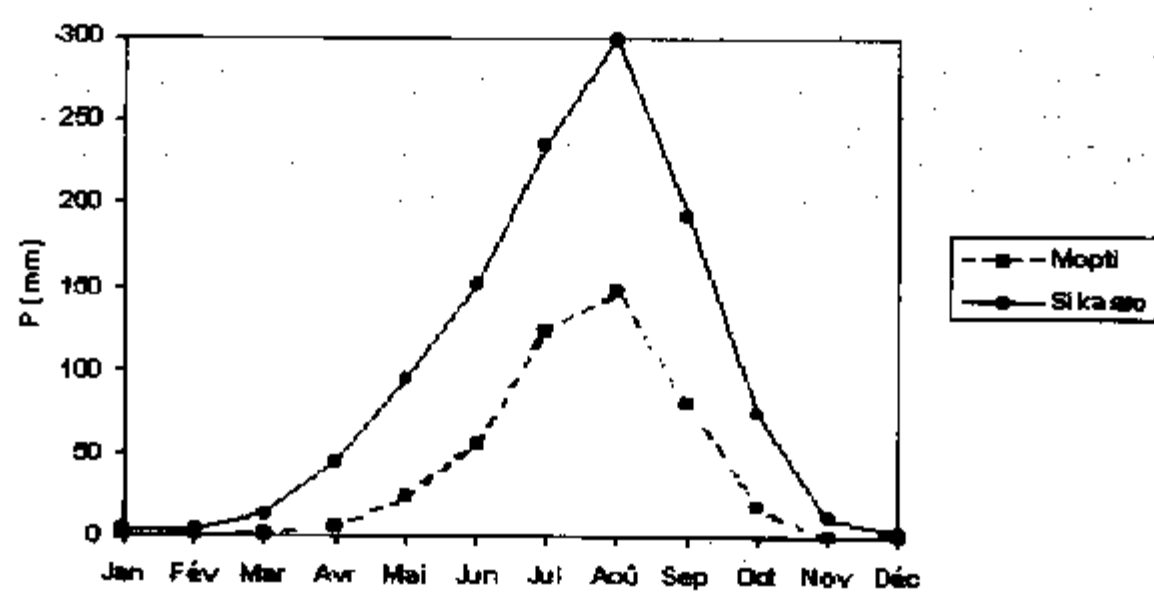


Figure 3.3- Régimes pluviométriques (Stations de Sikasso et de Mopti)

#### *Autres paramètres*

- L'humidité relative maximale oscille entre 56 et 75% et la minimale entre 23 et 37%.
- L'évapotranspiration est plus élevée au Nord (2000 mm) qu'au Sud (1500).
- L'ensoleillement annuel moyen varie de 238 à 266 heures.

#### *Données socio-économiques :*

On note les données suivantes pour la population de la zone d'étude, par région administrative (Tableau 3.3).

Tableau 3.3 : Population

Régions	Nombre d'habitants 1995	Taux (en %)
Koulikoro	1 414 931	1,96
Sikasso	1 568 775	2,46
Ségou	1 592 430	2,09
Mopti	1 452 912	1,24
District de Bamako	793 642	4,46
TOTAL	5 230 260	-

La zone d'étude renferme 60 % de la population pour une superficie de 18 % du territoire national.

En 1995, la production céréalière de la zone d'étude s'élevait à 1 893 306 tonnes soit 87% de la production nationale. La production de coton était de 394 310 tonnes soit 97% de la production nationale.

Le taux de croissance naturel de la population est estimé à 3,70 %.

#### *Ressources en eau*

Les ressources en eau de la zone d'étude sont constituées par les ressources en eau de surface du fleuve Niger et de ses affluents, et des ressources en eau souterraine des aquifères.

#### *Eaux de surface*

Le fleuve Niger reçoit comme affluents (en Guinée) le Tinkisso sur la rive gauche, le Niadan et le Milo sur la rive droite. Tous ces fleuves prennent leurs sources dans le Massif du Fouta Djallon. Au Mali, le fleuve Niger reçoit successivement en rive droite, le Sankarani venant de Guinée et le Bani formé de l'union de la Bagoé et du Baoulé venant tous deux de la Côte d'Ivoire.

Le fleuve Niger et ses principaux affluents (Sankarani et Bani), ont un écoulement moyen annuel de 1750 m<sup>3</sup>/s, soit un volume de 55 milliards de m<sup>3</sup>. Les valeurs extrêmes observées sont de 2703 m<sup>3</sup>/s soit 85 milliards de m<sup>3</sup> en 1967 et 706 m<sup>3</sup>/s soit 22 milliards de m<sup>3</sup> en 1984.

A Mopti, le Niger reçoit en rive droite le Bani, son principal affluent "malien".

Le débit moyen annuel du Niger à Mopti, après la jonction avec le Bani, est de 1000 m<sup>3</sup>/s soit un écoulement annuel de 32 milliards de m<sup>3</sup>. Les valeurs extrêmes observées en 1967 et 1984 sont respectivement de 1350 m<sup>3</sup>/s soit 43 milliards de m<sup>3</sup> et 411 m<sup>3</sup>/s soit 13 milliards de m<sup>3</sup>.

L'une des caractéristiques des cours d'eau est la variabilité inter-annuelle et inter saisonnière des écoulements. En effet, le régime hydrologique commun à tous ces fleuves est fortement dominé par les facteurs climatiques (précipitations) des hauts bassins situés en République de Guinée. Il est marqué par une importante variation saisonnière des débits entre la période de hautes eaux (« crue ») qui se situe entre juillet et novembre selon les cas, et celle de basses eaux (« étiage ») avec des débits quasi nuls vers avril- mai dans certains cas.

Le potentiel des ressources en eau non pérenne est mal connu. L'étude menée en 1991 sur 9 petits bassins versants a permis de les estimer à 10 milliards de m<sup>3</sup> en année moyenne [Schéma Directeur de Mise en Valeur des Ressources en Eau].

Les ressources en eau renouvelables des aquifères de la zone sont de l'ordre de 26 milliards de m<sup>3</sup>/an en année pluviométrique moyenne.

L'ensemble des réserves dans la zone d'étude son estimées à 367,5 milliards de m<sup>3</sup>. Cette estimation intéresse seulement une profondeur limite de 100 m pour les aquifères généralisés et de 150 m pour les aquifères fissurés. Ces profondeurs correspondent à la profondeur d'investigation actuelle des moyens géophysiques et mécaniques en usage.

#### Qualité des eaux

La croissance démographique constitue avec l'absence d'une politique durable d'assainissement des menaces graves pour la qualité des ressources en eau et plus particulièrement de celles de surface. Les principales causes de dégradation de la qualité de l'eau sont dues :

- au rejet sans traitement des eaux usées domestiques des centres urbains longeant les principaux fleuves;
- à l'utilisation incontrôlée des intrants agricoles (accident de juillet 1993 à Bamako);
- au rejet des unités industrielles minières et artisanales et autres déchets spéciaux (effluents des hôpitaux, huiles et graisses).

Il faut préciser que nous assistons depuis 1993 à l'apparition de signes apparents externes de détérioration de la qualité de l'eau se traduisant par la prolifération de plantes aquatiques sur le haut Niger.

Les nappes superficielles des eaux souterraines sont polluées à partir des infiltrations provenant essentiellement des eaux usées domestiques (surtout au niveau des vieux quartiers des centres urbains comme Bamako où on enregistre plus de 150 mg/l de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, 100 mg/l de Cl<sup>-</sup> dans l'eau des puits), industrielles et minières, des graisses et hydrocarbures ainsi que des intrants agricoles.

Les eaux des nappes profondes présentent peu de problèmes de qualité. Dans 5% des cas, on y rencontre des pollutions du type bactériologique.

Compte tenu des différentes formations géologiques, nous retrouvons des eaux très minéralisées dans les régions du nord ( 600 mg/l de Na<sup>+</sup>, 500 mg/l de Cl<sup>-</sup>, conductivité = 3700 S/cm, 1137 mg/l de SO<sub>4</sub><sup>-</sup>); des eaux acides vers Koutiala et des eaux agressives.

### 3.2.4. Analyse des impacts

Si dans le cadre d'un changement climatique dû à un doublement de la concentration en  $\text{CO}_2$  les différents modèles s'accordent sur un réchauffement général, des incertitudes demeurent sur une augmentation ou une diminution des précipitations. Aussi, dans cette étude les impacts liés à une poursuite de la tendance observée au cours des trois dernières décennies seront analysés. Ainsi nous envisageons deux scénarios de changement climatique dans la zone d'étude:

1.  $\text{CO}_2 \times 1$  Poursuite des tendances actuelles qui se traduira à l'horizon 2025 par une augmentation de la température de 0,4 à 1,1 °C et une diminution des précipitations de 12 à 29% par rapport à la moyenne 1961-1990; soit en moyenne 20%.
2. Doublement de la quantité de  $\text{CO}_2$  dans l'atmosphère, qui aura pour conséquence une augmentation de la température de 1,5 °C et une augmentation des précipitations de 15% à l'horizon 2025;

#### a) Impacts sur le secteur et la zone d'étude

- dans le scénario 1 avec la poursuite des tendances actuelles les ressources en eau baisseraient à l'horizon 2025 de 35% pour les eaux de surface et de 13% pour les ressources renouvelables des aquifères par rapport à la période 1961-1990. Ce qui aura comme conséquence une accentuation des phénomènes de sécheresse.

Elle se traduira par:

- une baisse des niveaux piézométriques des nappes souterraines qui alimentent les cours d'eau en période d'étiage.

On devrait donc s'attendre à un assèchement quasi-annuel du Bani à Douma au moins sur une période d'un mois.

La baisse des niveaux piézométriques va également, entraîner le tarissement des nappes superficielles qui constituent la source principale d'alimentation en eau des populations rurales.

La baisse de l'hydraulicité des fleuves aura également pour conséquence le tarissement des mares dont l'alimentation est liée aux crues.

La qualité des eaux superficielles se dégradera pendant les périodes d'étiages avec les rejets d'eau usée et la baisse du pouvoir épurateur des cours d'eau.

La détérioration du couvert végétal suite à la persistance de l'indigence hydraulique aura pour conséquences l'augmentation des cas de feux de brousse, l'érosion des sols et ensablement des lits des fleuves.

- Dans l'hypothèse du scénario 2 les ressources en eau augmenteront de 18% pour les eaux de surface et de 9% pour les eaux souterraines renouvelables par rapport à la période 1961-1990.

Le retour des années à hydraulicité moyenne se traduira par l'augmentation de la fréquence et de l'importance des inondations.

Les dégâts provoqués par les inondations dues aux fortes pluies peuvent être divers (destruction de maisons d'habitation et de champs de cultures, pertes de vies humaines et animales dans certaines localités) La montée brusque des eaux des fleuves peut provoquer l'inondation des stations de traitement des réseaux d'adduction d'eau potable.

Les difficultés d'évacuation des eaux pluviales entraîneront une stagnation et par conséquent, la prolifération de maladies hydriques et la contamination des eaux de puits et puisards.

Dans tous les scénarios les demandes d'eau pour les différents usages seront théoriquement couvertes par les ressources en eau renouvelables. Cependant la mauvaise répartition de cette ressource dans le temps et dans l'espace affectera que la satisfaction des besoins dans le cas du scénario 1 pendant la saison sèche (mars à juin). En effet, il faut rappeler que plus de 80% du volume des crues s'écoulent entre août et fin octobre.

#### **b) Impacts intersectoriels**

L'augmentation des températures avec une baisse des précipitations aura un impact négatif sur le secteur de l'agriculture par une baisse de la production céréalière qui est tributaire des pluies.

La réduction des surfaces inondées dans le delta central (de 36000 km<sup>2</sup> en 1969-70 à 8500 en 1972-73) et les bas-fonds, mares et lacs a provoqué la réduction des productions halieutiques. Les captures de poisson sont passées de 110 000 tonnes en année moyenne (comme 1966) à 54 000 T en année sèche (comme 1984) soit, une baisse de près de 50%.

A l'horizon 2025 dans l'optique du scénario 1, il sera pratiquement impossible d'envisager la culture de riz par submersion contrôlée comme actuellement dans les Offices Riz de Ségou et Mopti ainsi que San, sans ouvrage hydraulique. Pour ce qui concerne les périmètres de maîtrise totale, les volumes d'eau disponibles pour les cultures de contre saison seront limités compte tenu de la faiblesse des apports des fleuves surtout pendant l'étiage.

La persistance du déficit hydrique pourrait donc avoir comme conséquences logiques, la perte des cultures et de vies humaines de suite de famine.

Le secteur de l'énergie sera affecté par la réduction des apports à Selingué et un accroissement de l'évaporation, suite à l'augmentation de la température. Il faudra donc s'attendre à une baisse de la production d'énergie qui aura un impact sur l'économie.

Le secteur du transport fluvial sera également affecté.

#### **c) Impacts socio-économiques et environnementaux**

La baisse de la pluviométrie va entraîner des conflits fonciers à cause de la réduction des terres cultivables et des pâturages, l'exode des populations vers les centres urbains, avec comme conséquences l'accroissement du chômage et de l'insécurité.

La dégradation du couvert végétal augmentera l'érosion des sols et favorisera le comblement des cours d'eau des lacs de retenue d'eau.

La fréquence des inondations suite à une augmentation des précipitations provoquera des pertes économiques avec l'occupation actuelle des lits des principaux cours d'eau.

#### **d) Analyse de la sensibilité du secteur et de la zone d'étude**

Les eaux de surfaces ont une forte sensibilité à un changement climatique. En effet une baisse de 18% de la pluie entraîne une diminution de 35% des ressources en eau de surface; tandis que pour une augmentation de 15% des pluies, les ressources en eau de surface augmentent de 54%. Il est à signaler également que l'augmentation de température dans le cas d'un changement climatique augmente l'évaporation qui s'exerce sur ces eaux de surface.

Les eaux souterraines renouvelables ont par contre une sensibilité moyenne: l'augmentation de 15% des pluies entraîne une augmentation de 9% des ressources renouvelables, tandis que la baisse de 20% des précipitations entraîne une diminution de 15% des ressources renouvelables.

Le nord de la zone d'étude situé en climat sahélien a la plus forte sensibilité au changement climatique.

#### **e) Stratégie d'adaptation**

L'analyse de l'évolution des paramètres climatiques (températures et précipitations) dans le bassin du Niger à Mopti fait apparaître, aussi bien dans le cas du maintien des conditions actuelles que dans le cas du doublement des émissions de gaz carbonique, la nécessité d'une gestion plus efficace des ressources en eau.

Les stratégies à adopter doivent tenir compte des conditions physiques du terrain et des possibilités économiques.

Face à la pénurie d'eau suite aux années déficitaires en pluie, les autorités maliennes ont adopté depuis le début des années 1980, un certain nombre de stratégies pour la satisfaction des besoins en eau :

- l'hydraulique villageoise et pastorale consistant à l'exécution d'ouvrages équipés de pompes manuelles,
- l'hydraulique urbaine par la réalisation de systèmes d'adduction d'eau soit à partir des eaux de surface, soit à partir de forages à gros débit.
- l'hydraulique agricole par des aménagements en maîtrise totale de l'eau à partir des eaux de surfaces des principaux cours d'eau.

Cette politique a fait ses preuves, malgré les insuffisances relevées dans le Schéma Directeur de Mise en Valeur des Ressources en Eau du Mali, 1991.

Aussi dans le cadre d'un changement climatique, ces options sont à poursuivre en corrigeant les insuffisances.

Ainsi les options suivantes peuvent être envisagées :

#### **Réalisation d'ouvrages :**

- la réalisation de points d'eau pour la couverture totale des besoins en eau des populations rurales,
- la réalisation de système d'adduction d'eau pour la couverture totale des besoins des populations urbaines,
- le surcreusement de 200 mètres et puits pour le cheptel,
- la réalisation de petits barrages de retenues pour l'agriculture et la recharge des nappes d'eau souterraine,
- La réalisation de barrages de régulation du régime des cours d'eau permanents.



### **Combinaison de l'utilisation des eaux de surface et des eaux souterraines pour la satisfaction des besoins en eau :**

- Dans les centres urbains en bordure des cours d'eau permanent, l'adduction d'eau est uniquement basée sur les eaux de surface. L'utilisation des eaux souterraines permettrait de fournir à faible coût de l'eau aux quartiers périphériques et d'être une alternative à une pollution accidentelle des eaux de surface.
- Au niveau de l'agriculture l'utilisation des eaux de surface non pérenne et des eaux souterraines pour l'irrigation serait dans le sens d'un développement harmonieux de la zone d'étude.

### **Protection contre les inondations**

- Aménagement des berges,
- constructions de caniveau pour l'évacuation des eaux de ruissellement dans toutes les zones sensibles,
- Elaboration au niveau de toute zone à risque d'un plan d'évacuation.

### **Protection contre la pollution**

- réseau de suivi de la qualité des eaux
- Mise en œuvre de programmes de lutte contre l'ensablement des fleuves (notamment le fleuve Niger).

### **Recherche Education**

- Evaluation quantitative et qualitative des ressources renouvelables en vue d'améliorer le niveau des connaissances tant sur les eaux de surface que souterraines,
- Evaluation des réserves par la réalisation de forages profonds pour définir les conditions d'exploitation,
- Réalisation de projets pilotes (petits périmètres irrigués, recharge artificielle des nappes),
- Sensibilisation et éducation de la population.

### **f) Stratégie de mise en œuvre**

Les différentes options devront être traduites en programmes et projets.

Les stratégies pour la mise en œuvre de ces options sont d'ordre institutionnelle, juridique et financière.

#### **Sur le plan institutionnel :**

- création d'un Observatoire de Changement Climatique afin de suivre et d'analyser les différents paramètres climatiques. Cet observatoire pourra être créé auprès de la Direction Nationale de la Météorologie.
- création d'une Autorité par Bassin Hydrologique pour une meilleure gestion des ressources en eau. Par exemple Haut Bassin du Niger, Bassin du Bani. Cette structure se composera de tous les acteurs du secteur de l'eau.

#### **Sur le plan juridique :**

- Elaboration de textes réglementaires sur le régime des eaux

#### **Sur le plan financier**

- implication des populations bénéficiaires dans le financement des ouvrages, garant d'un meilleur entretien. La politique de décentralisation facilitera cette action.
- création d'un fond national de l'eau
- Mobilisation des financements extérieurs.

### Conclusion :

La projection des paramètres climatiques (températures, précipitations) suivant les tendances observées au cours des dernières décennies dans le Bassin du fleuve Niger à Mopti donne un réchauffement moyen de 0,7°C et une diminution des précipitations de 18% par rapport à la moyenne 1961-1990 à l'horizon 2025.

Dans le cadre des Changements Climatiques aboutissant à une augmentation des précipitations de 15% par rapport à la moyenne 1961-1990 l'influence sur le secteur des ressources en eau se traduira par une augmentation des débits des principaux cours d'eau (Bani, Niger) de 54% tandis que la recharge des nappes aquifères augmentera de 9%.

Un tel scénario après les dernières décennies de déficit pluviométrique se caractérisera par la fréquence des inondations qui auront des conséquences graves avec l'occupation actuelles des lits majeurs des cours d'eau (habitations, agriculture sèche).

Malgré leur accroissement, suite à l'augmentation de la population et des surfaces irriguées, les besoins en eau seront couverts par les ressources disponibles dont la mise en valeurs nécessitera des coûts relativement importants. Cependant des périodes critiques apparaîtront annuellement lié aux régimes des cours d'eau.

Aussi les options d'adaptation à des Changements Climatiques dans le Bassin du Niger devront être orientées sur une meilleure gestion des ressources en eau, qui s'appuiera sur:

- une meilleure connaissance des ressources;
- la création de point d'eau pour la satisfaction des besoins en eau des populations rurales;
- la réalisation des systèmes d'adduction d'eau dans les centres urbains;
- la réalisation d'ouvrages de régulation des régimes des cours fleuves.

Pour une meilleure connaissance de la répartition des précipitations mensuelles sous l'effet des Changements Climatiques l'utilisation de Modèles de Circulation Régionaux s'impose.

Il est recommandé la création d'un observatoire de changement Climatique et la création d'autorité des principaux bassins pour une meilleure gestion des eaux.

### 3.3. Les Programmes d'Actions Transversaux (PATN) :

Les programmes d'action transversaux sont des programmes nationaux prioritaires élaborés dans le cadre du Plan National d'Action Environnemental (PNAE) et approuvés pour financement par la table ronde des partenaires au développement. Le présent tableau a pour but de faire ressortir la cohérence entre les objectifs de ces différents programmes et les objectifs des options envisagées dans le cadre des changements climatiques.

Intitulé des programmes intersectoriels nationaux	Objectif	Liens avec la CCNUCC
Programme national d'aménagement du territoire	Disposer d'outils cohérents garantissant la gestion durable de l'espace et des ressources	Propositions d'action induite Les inventaires de GES réalisés font partie de ces outils à partir desquels des stratégies de développement durable peuvent être élaborées dans le sens de la réduction des émissions  Création de cellule de statistique climatique

**Intitulé des programmes Objectif intersectoriels nationaux**

Programme national de gestion des ressources naturelles (PNGRN)

Inverser, sinon freiner la tendance à la dégradation des ressources naturelles

**Liens avec la CCNUCC**

**Propositions d'action induite**

La maîtrise de la gestion des ressources naturelles consolidera la base d'un développement durable.

Mise en œuvre et diffusion d'équipements d'énergie populaire pour les usages domestiques (foyers améliorés, réchauds à pétrole, fours à charbon à rendement amélioré pour réduire les émissions de GES (CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub>) etc.

Meilleure utilisation des engrais chimiques et intensification de l'utilisation de la fumure organique et des engrais biologiques pour réduire la dégradation des terres et les émissions de N<sub>2</sub>O.

Diffusion d'équipements domestiques en bois, charbon de bois et à pétrole à économie d'énergie pour réduire les émissions de GES et lutter contre la dégradation des terres et des forêts.

Programme national de maîtrise des ressources en eau

Assurer une gestion appropriée des ressources en eaux et garantir leur accès à toutes les utilisations de manière durable

Le développement de l'hydroélectricité aidera à atténuer les émissions de CO<sub>2</sub> et autres GES.

L'amélioration de la gestion de l'irrigation atténuera les émissions de CH<sub>4</sub> (passage de la submersion libre à la submersion contrôlée, dans les périmètres rizicoles par exemple).

Gestion de l'eau dans les canaux d'irrigation notamment à l'Office du Niger

Programme national d'amélioration du cadre de vie

Protéger la qualité de la vie et accroître le niveau de bien-être des populations rurales et urbaines

L'amélioration de la gestion des déchets urbains permettra d'atténuer les émissions de CH<sub>4</sub>

Sensibilisation et formation des populations à la gestion des déchets.  
Traitement industriel des déchets

**Intitulé des programmes Objectif  
intersectoriels nationaux**

**Liens avec la CCNUCC  
Propositions d'action induite**

Appui à la création et au fonctionnement d'une fédération régionale des GIE d'assainissement

Programme national de développement des ressources en énergies nouvelles et renouvelables

Contribuer à satisfaire durablement les besoins énergétiques par la promotion de l'utilisation ENR pour réduire la pression sur les ressources ligneuses et protéger l'environnement.

L'amélioration des technologies traditionnelles et l'utilisation des énergies alternatives réduiront la pression sur les ressources ligneuses et contribueront à l'atténuation des émissions de GES

Promouvoir des techniques et technologies d'utilisation rationnelle des énergies.

Diffusion de chauffe-eau solaires et de systèmes photovoltaïques domestiques.

Vulgariser les équipements adaptés.

Programme national de gestion des informations sur l'environnement

Disposer d'informations fiables et accessibles à tous les utilisateurs pour une meilleure gestion de l'environnement

La préparation de la communication nationale pour la conférence des Parties de la CCNUCC comprend l'inventaire des émissions de GES l'élaboration des différentes options d'atténuation des émissions de GES et les études d'impact et d'adaptation

Appui à la recherche sur les variétés agricoles adaptées aux Changements Climatiques

Appui à la diffusion de l'expérience du projet d'assistance agro-hydro-météorologique au Mali

Programme national de suivi des Conventions

Veiller au respect des engagements pris par le Mali au titre des différentes Conventions signées

Dans le cadre de la CCNUCC, l'élaboration de la communication nationale (qui intègre les inventaires de GES les stratégies de réduction, l'analyse des options de politique sur les changements climatiques ainsi que les études de vulnérabilité/adaptation) fait partie des engagements

Création d'une structure

**Intitulé des programmes Objectif  
intersectoriels nationaux**

Programme national de Améliorer la  
recherche sur la lutte compréhension du  
contre la désertification et phénomène de  
la protection de désertification et  
l'environnement concevoir des outils et  
méthodes efficaces de  
parade

**Liens avec la CCNUCC**

**Propositions d'action induite**

interministérielle pour la mise en  
œuvre de la CCNUCC

Création d'un observatoire sur les  
changements climatiques

Publication d'un bulletin de suivi de  
la conventions sur les Changements  
climatiques

Elaboration et mise en œuvre de  
stratégies d'atténuation des émissions  
de GES

Ce programme peut aider à élaborer  
toutes les stratégies de réductions  
liées à la limitation des  
défrichements, à l'augmentation des  
puits de séquestration du carbone par  
les plantations, le reboisement et  
l'abandon des terres

Etudes de vulnérabilité aux effets des  
changements climatiques dans les  
secteurs de l'énergie, la foresterie,  
des sols des ressources en eau ;

Elaboration de stratégies d'adaptation  
aux effets des changements  
climatiques dans les secteurs ci-  
dessus cités

Opérations de reboisement  
intensification de l'agriculture lutte  
contre les feux de brousse

Mise en place d'un système de suivi  
de l'évolution des ressources  
naturelles en fonction des  
changements climatiques.

**Intitulé des programmes  
intersectoriels nationaux**

Le programme  
d'information, d'éducation  
et de communication en  
environnement

**Objectif**

Contribuer à modifier le  
comportement des  
différents acteurs en vue  
de leur participation  
active à la protection de  
l'environnement global

**Liens avec la CCNUCC**

**Propositions d'action induite**

Mise en œuvre de programmes de  
formation dans le domaine de  
l'analyse des effets des changements  
climatiques, de l'évolution de leurs  
impacts, de la planification  
énergétique, ainsi que de l'analyse  
macroéconomique des impacts ;

Mise en œuvre d'un programme de  
formation pour l'élaboration des  
projets dans le domaine des  
changements climatiques (y compris  
les calculs des coûts de base et des  
coûts incrémentaux) ;

Mise en place des activités  
d'information et de sensibilisation  
des décideurs politiques et du public ;  
Elaboration de modules de formation  
d'information et de sensibilisation  
dans le domaine des changements  
climatiques

Appui aux ONG, aux organisations  
paysannes et à la presse pour la  
diffusion de l'information

## CHAPITRE IV : AUTRES INFORMATIONS

### 4.1. Difficultés techniques, matérielles et financières rencontrées

De l'expérience acquise lors de la préparation de cette première Communication nationale, les recommandations suivantes méritent une attention particulière.

Les difficultés rencontrées sont :

- Le manque de données au niveau national permettant d'effectuer le calcul des émissions de GES ce qui a amené l'équipe nationale à souvent des données par défaut utiliser le plus,
- Le manque de facteurs locaux d'émission ce qui a amené l'équipe nationale à utiliser les facteurs par défaut proposé dans le guide.
- L'insuffisance de l'expertise nationale pour l'élaboration des scénarios climatique et le manque de données appropriées pour le développement de tels scénarios.
- L'insuffisance de l'expertise nationale pour l'identification et l'évaluation des éléments de calcul des coûts et bénéfices des options d'atténuation.
- L'insuffisance de l'expertise national pour l'utilisation des outils d'analyse des études de vulnérabilité et adaptation,
- La faiblesse de l'expertise nationale pour la formulation de projets dans le domaine des changements climatiques,
- L'inexistence d'un cadre institutionnel spécifique aux questions de changements climatiques.

### 4.2. Propositions de projets sur les changements climatiques :

Suite aux études techniques, des propositions de projets ont été faites dans les domaines de l'atténuation de la vulnérabilité/adaptation et dans celui des émissions. Ces proposition sont consignées dans le document et nécessitent des soutiens financiers de la part des partenaires au développement.

Les thèmes sont :

1. l'adaptation dans le secteur de l'Agriculture et des ressources en eau,
2. le renforcement des puits dans le secteur du changement d'affectation des terres et foresterie,
3. l'atténuation des émissions dans les secteurs de l'Energie, de l'Agriculture et de l'Elevage,
4. la mesure de facteurs locaux d'émission de GES.
5. La lutte contre la dégradation des terres comme mesure d'adaptation
6. La lutte contre l'ensablement du fleuve Niger comme mesure d'adaptation.
7. La promotion et la diffusion des équipements énergies nouvelles et renouvelables.

### 1. Justification de l'étude :

Dans les études précédentes, on a appliqué des Modèles de Circulation Générale (MCG) donnés dans la littérature pour l'Afrique et le Sahel. Ces modèles utilisent les expériences de réaction d'équilibre qui évaluent la réaction d'équilibre du climat mondial suite au doublement de la concentration de dioxyde de carbone dans l'atmosphère.

## AUTRES INFORMATIONS

Cependant, ces méthodes comportent des imperfections qui entachent leurs estimations.

Par contre, les expériences de réaction transitoire que nous voulons utiliser dans cette étude simulent les caractéristiques de la perturbation atmosphérique face à une progression continue dans le temps des concentrations de gaz à effet de serre. Ces modèles liés présentent les avantages suivants :

- la facilité d'application,
- l'introduction d'une dimension temps,
- la possibilité d'étudier les incertitudes.

### 2. Description de l'étude :

#### 2.1. Objectif :

L'objectif de cette étude est d'élaborer un scénario climatique décrivant de façon cohérente et plausible l'état futur possible du climat du Mali. Cette étude est nécessaire pour les études de Vulnérabilité/adaptation pour le secteur de l'Agriculture et des Ressources en Eau.

#### 2.2. Activités de l'étude :

- Formation sur les modèles transitoires MAGICC et SCENGEN,
- Acquisition des données météorologiques nécessaires à l'élaboration du scénario climatique sur l'ensemble du pays,
- Construction d'un scénario climatique correspondant au pays et à la zone d'étude.

#### 2.3. Méthodologie :

Cette étude sera réalisée en utilisant l'approche par les modèles transitoires dont les principales étapes sont :

- la standardisation des sorties des modèles de circulation globale pour obtenir des types de changement par degré de réchauffement global ;
- la mise à l'échelle des types de changement obtenus en utilisant les sorties des modèles climatiques globaux simples ;
- l'application des changements climatiques ainsi obtenus à la situation climatique de départ.

##### 2.3.1. Données :

Les besoins en données concernent l'ensemble du pays. Pour cela, toutes les stations météorologiques (station synoptiques, stations agro-climatiques et postes pluviométriques) de la Direction Nationale de la Météorologie (DNM) seront utilisées. Les principaux paramètres concernés sont :

- les coordonnées géographiques de la station,
- la température,
- l'insolation,
- la pluviométrie.

##### 2.3.2. Base de référence climatologique :

La période standard 1961-1990 actuellement définie par l'OMM sera choisie comme période de référence de l'étude.



## AUTRES INFORMATIONS

### 2.3.3. Limites de prévisibilité :

L'année 1995 sera l'année de base pour les émissions de gaz à effet de serre conformément à l'inventaire de gaz à effet de serre effectué au Mali.

L'horizon temporel choisi sera l'année 2025 conformément à l'étude de Vulnérabilité/Adaptation de Mai 1998 du projet RAF/93/G31.

### 2.3.4. Construction des scénarios climatiques :

La procédure de construction de scénarios climatiques à partir des modèles transitoires MAGICC et SCENGEM sera la suivante :

- l'identification des mailles du modèle correspondant au Mali,
- le calcul des moyennes mensuelles ou saisonnières à long terme (au moins 30 ans) pour les paramètres climatiques cités,
- le calcul des moyennes à long terme correspondants pour la période de perturbation,
- le calcul de la différence ou du rapport entre les valeurs de contrôle et les valeurs de perturbation ;
- l'ajustement des données observées du climat initial aux différences ou rapports calculés ;
- l'estimation annuelle, à partir de l'année de référence 1995, de la concentration en CO<sub>2</sub> et évaluation de son impact sur la variation des paramètres climatiques cités.

### 2.4. Résultats escomptés :

Scénarios climatiques les plus probables pour le Mali et pour la zone d'étude.

**Plan d'action de la vulnérabilité/adaptation de l'agriculture au Mali**

### 2. Description des études :

#### 2.1. Objectifs :

##### 2.1.1. Objectif général :

Contribuer à la sécurité alimentaire, à la réduction de la pauvreté et à la protection de l'environnement à travers l'utilisation des informations agro-climatiques.

##### 2.1.2. Objectifs intermédiaires :

1. Développer des prévisions climatiques opérationnelles orientées vers des applications utiles et adaptées aux besoins des utilisateurs,
2. Développer des variétés adaptées aux Changements Climatiques,
3. Mettre à la disposition des paysans les meilleures variétés de coton et de maïs,
4. Améliorer l'efficacité de l'utilisation des eaux de pluie par les paysans à travers l'adoption de conseils agro-climatiques et le choix des variétés adaptées disponibles pour les spéculations coton et maïs
5. Mettre à la disposition des paysans un paquet technologique de variétés adaptées et d'informations agrométéorologiques suivant les différents niveaux de pluviométrie
6. Amener les paysans à utiliser les paquets technologiques.

## AUTRES INFORMATIONS

### 2.2. Activités du projet :

- Collecte et traitement de données agro-climatiques, pluviométriques et socio-économiques,
- Mesure de paramètres météorologiques, hydrologiques et pédologiques,
- Suivi phénologique du coton et du maïs,
- Analyse de la Vulnérabilité du coton et du maïs aux effets des Changements Climatiques,
- Etude d'impacts potentiels des Changements Climatiques sur les productions de coton et de maïs,
- Développement des méthodes de prévision agro-climatique de rendement des cultures de maïs et de coton pour les différentes zones agro-écologiques,
- Evaluation des impacts socio-économiques liés aux effets des Changements Climatiques sur les productions de maïs et de coton,
- Recherche et sélection des variétés de coton et maïs pouvant résister aux effets des Changements Climatiques pour les différentes zones agro-écologiques,
- Elaboration d'un paquet technologique de conseils pratiques d'adaptation pour les paysans et les encadreurs ruraux,
- Formation et de sensibilisation des encadreurs ruraux et des paysans,
- Sensibilisation des décideurs et des usagers sur les enjeux environnementaux et socio-économiques des Changements Climatiques.

### 2.3 Objectif final :

Elaboration d'un paquet technologique pour les paysans en fonction des scénarios de changement climatique.

La formation d'un noyau d'encadreurs et de paysans à l'adoption du paquet doit contenir :

- Des listes de variétés culturales de coton et de maïs pour les différentes zones agro-écologiques de la zone d'étude en fonction des changements climatiques prévus dans les scénarios.
- Des conseils agro-écologiques (ex : calendrier de dates de semis etc.).
- Un programme et des supports de formation appropriés pour les encadreurs et les paysans.

### 2.4. Méthodologie :

- Collecte et traitement des données météorologiques, hydrologiques, pluviométriques, pédologiques,
- Elargissement de la base génétique des espèces : collecte de variétés, croisements, mutation, transformation génétique,
- Caractérisation morpho-physiologique et enzymatique,
- Analyse et élaboration de conseils agro-hydro-météorologiques,
- Diffusion des conseils par la radio nationale et par les radios de proximité,
- Alphabétisation et formation des paysans et encadreurs ruraux,
- Application par les paysans et les populations rurales des conseils agro-hydro-météorologique.

## AUTRES INFORMATIONS

### 2.5. Zone d'étude :

La zone d'étude est la zone couverte par la Compagnie Malienne de Développement Textile (CMDT). C'est une zone située à cheval entre la zone Soudanienne Sud et la zone Soudano-guinéenne où la pluviométrie est supérieure à 900 mm.

En effet, cette zone couvre le Sud du pays entre 10 et 13,5° Nord et 12 et 5° Ouest et a une grande potentialité agricole. C'est cette zone qui fournit la majeure partie de la production de cultures vivrières sèches (mil, sorgho, maïs) et des cultures de rente comme le coton. Cette zone a également bénéficié de l'encadrement des paysans depuis plus de trente ans d'où la disponibilité de données sur les productions agricoles.

### 2.6. Résultats escomptés :

- Existence de variétés adaptées de maïs et de coton aux Changements Climatiques,
- Disponibilité de variétés auprès des paysans,
- Utilisation des variétés par les paysans,
- Prévion de début et de fin de saison de pluies,
- Calendrier prévisionnel de semis du coton et du maïs,
- Bulletin de veille climatique.

## 2. Description des études :

### 2.1. Objectifs de l'étude :

Réduire la pression sur les ressources forestières (en diminuant la consommation de bois dans les ménages) par la promotion de technologies à économie d'énergie localement développées et par la promotion des équipements d'éclairage solaire.

#### 2.1.1. Objectifs immédiats :

- Sélectionner parmi les technologies localement mises au point celles qui sont les plus performante du point de vue économie d'énergie et les plus simple à utiliser par les ménages,
- Permettre la fabrication et l'utilisation en masse par les ménages des technologies à économie d'énergie localement développées.
- Permettre la fabrication et la diffusion en masse au niveau des ménages des produits de substitution au bois énergie déjà localement expérimentés.

#### 2.2. Description des activités :

- Détermination des caractéristiques thermiques et énergétique des technologies à économie d'énergie localement fabriquées (fours, fourneaux et cuisinières à charbon, réchauds à pétrole),
- Détermination des caractéristiques énergétiques des produits de substitution au bois énergie localement fabriqués (briquettes et charbon de résidus agricoles, agglomérés de poussières de charbon...),
- Sélection des produits les plus efficaces du point de vue production d'énergie,
- Augmentation de la production des combustibles de substitution les plus efficaces du point de vue production d'énergie.
- Augmentation de la production des technologies économes d'énergie (fours, fourneaux, cuisinières à charbon de résidus agricole, réchauds à pétrole),

## AUTRES INFORMATIONS

- Promotion et diffusion des technologies et des combustibles de substitution,
- Promotion des équipements solaires photovoltaïques pour l'éclairage domestique.

Enfin, le projet permettra de mesurer le pouvoir calorifique des espèces forestières utilisées comme bois énergie. Toutes ces données constituent des informations précieuses pour les stratégies d'atténuation des émissions de CO<sub>2</sub>.

### 2.4. Méthodologie :

- Mesure de l'efficacité énergétique des technologies localement fabriquées,
- Choix et amélioration des équipements les plus efficaces,
- Audit énergétique de la chaîne de production dans le cas des unités industrielles,
- Amélioration de la chaîne de production des technologies retenues par la formation du personnel et l'amélioration des équipements de production (production de briquettes et charbon à partir des résidus agricoles),
- Mesure de l'efficacité énergétique des différentes espèces de bois,
- Adoption d'une politique de sensibilisation pour la sélection des espèces à utiliser comme bois énergie en fonction de leur efficacité énergétique et de leurs faibles facteurs d'émission de GES.

### 2.5. Zone d'étude :

La zone d'étude est le Sud et le Centre du Pays. Elle se situe essentiellement au Sud du 13ème parallèle. C'est dans cette zone que l'utilisation du bois énergie est très marquée. En plus, cette zone correspond à la limite de la barrière verte envisagée pour contenir l'avancée du désert.

### 2.6. Résultats escomptés :

Les résultats escomptés sont les suivants :

- Des équipements à économie d'énergie localement fabriqués
- Des combustibles de substitution au bois énergie localement fabriqués,
- Des unités industrielles et artisanales de fabrication d'équipements technologiques à économie d'énergie et des produits de substitution au bois énergie,
- Augmentation du taux d'utilisation des technologies à économie d'énergie et des combustibles de substitution au bois énergie,
- Diminution de la pression sur les ressources forestières,
- Des techniciens et artisans qualifiés pour la fabrication locale des équipements et des produits de substitution,
- Une politique de sélection des espèces forestières destinées à l'usage de bois énergie,
- Des facteurs locaux d'émission de GES disponibles pour les espèces locales forestières destinées à l'usage de bois énergie.

**Projet de l'eau et de l'énergie pour le développement durable dans le petit bassin arable (Projet de l'eau et l'énergie)**

### 1. Description des études :

Le projet vise le secteur de l'eau et ses utilisations pour les besoins agricoles, pastoraux et énergétiques. Il s'insère dans la politique du Gouvernement pour une meilleure maîtrise de l'eau, une utilisation rationnelle et intégrée des ressources en fonction des besoins, et par la

## AUTRES INFORMATIONS

même occasion, à la protection de l'environnement par la lutte contre les effets néfastes des Changements Climatiques (sécheresse, désertification et les pollutions).

En effet, suite à la persistance de la sécheresse, les ressources en eau non pérenne sont de plus en plus sollicitées pour les aménagements agro-pastoraux à l'échelle des communautés rurales. La mise en œuvre de la politique de décentralisation offre de nouvelles perspectives d'investissements dans le domaine de la valorisation des ressources en eau tant pour des fins agricoles que pastorales à partir de petites retenues.

Face à cette situation, la Conférence Nationale sur le Secteur de l'eau tenu en Juin 1990 avait retenu entre autres, la nécessité de poursuivre les efforts en vue de :

- La connaissance et la mise en valeur des ressources en eau non pérenne, domaine où les données de base font défaut, limitant ainsi le développement de cette ressource,
- La poursuite de approfondissement des études sur les ressources en eau souterraine, notamment sur l'évolution des nappes, leur réaction à l'exploitation, leur ressources renouvelables et l'évolution de leur qualité.

En plus de ces deux points il est indispensable d'ajouter la connaissance de l'impact des changements climatiques sur les ressources en eau notamment dans le Delta Central

### 2. Objectifs :

#### 2.1. Objectif général :

L'objectif à long terme du projet est de contribuer à la réalisation de l'autosuffisance, de la sécurité alimentaire et la protection des ressources à partir de l'exploitation d'informations hydrologiques fiables et de prévisions prenant en compte les impacts des Changements Climatiques.

#### 2.2. Objectifs spécifiques :

Parmi les objectifs immédiats du projet on peut citer :

- L'évaluation du potentiel (quantitatif et qualitatif) des ressources en eau de surface non pérenne des marres, lacs, bas-fonds et petits cours d'eau et des eaux souterraines en vue de leur valorisation et leur protection contre les aléas d'origine climatiques et anthropiques (surexploitation et pollution).
- L'évaluation de l'impact des changements climatiques sur les ressources en eaux de surface et non pérennes.
- L'évaluation des besoins en eau des populations au moyen d'enquêtes socio-économiques et l'identification de sites pouvant faire l'objet d'aménagement du type hydro-agro-pastoral en vue de la réalisation de l'autosuffisance alimentaire du pays.
- La mise en place d'une banque intégrée de données sur le bassin du fleuve Niger au Mali à partir des résultats des études et enquêtes de terrain en vue de la mise en place d'un système opérationnel d'appui conseil au usagers.
- La lutte contre les effets néfastes des Changements Climatiques tels que l'ensablement du lit du fleuve et des canaux de remplissage des marres et lacs à partir du fleuve Niger dans la zone lacustre du Delta du Niger.
- Amélioration du niveau de vie et de revenu des femmes par un accroissement et une diversification de l'exploitation et de la mise en valeur intégrée des ressources en eau.

#### Activités du projet :

Pour atteindre les objectifs ci-dessus cités, les activités suivantes seront menées :

## AUTRES INFORMATIONS

- Equipement d'un réseau de cinq (5) bassins représentatifs des conditions d'écoulement prévalant au Mali en vue de l'observation de l'évolution des eaux de surface et des nappes,
- Etude de l'impact des changements climatiques sur le comportement hydrologique des petits bassins qui contribuent à l'alimentation du fleuve Niger,
- Etude de la qualité des eaux de surface et souterraines dans l'état actuel et dans la perspective des changements climatiques,
- Etudes de transports solides,
- Enquêtes de terrain pour identifier les besoins des populations,
- Analyses des cartes images satellitaires et échos radars pour identifier les sites potentiels de retenu d'eau et la dynamique des inondations,
- Etude des impacts socio-économiques des changements climatiques sur les ressources en eau,
- Archivage des données collectées sur un support informatique,
- Elaboration d'un paquet technologique en vue de l'adaptation aux effets des changements climatiques : prévision des crues dans la partie nord du pays, prévision des pluies dans les zones sud du pays, maîtrise des eaux de surface et gestion des eaux souterraines,
- Intégration des données collectées dans un système d'information géographique,
- Elaboration et diffusion de rapports techniques sur les potentialités des ressources en vue du contrôle de la qualité et de l'exploitation des ressources,
- Diffusion des résultats,
- Formation et sensibilisation des usagers.

### 2.4 Méthodologie :

- Collecte de données (hydrologique climatiques et de données sur les sols),
- Choix de bassin représentatifs à partir d'étude de cartes, de visite de terrain et de la disponibilité des données,
- Mesure directes au niveau des bassins de paramètres météorologiques, hydrologiques et géomorphologiques,
- Analyse et traitement des données pour l'évaluation des impacts des changements climatiques en utilisant le scénario climatique existant pour le pays,
- Elaboration d'outils d'aide à la planification et à l'exploitation des ressources en eau à partir de mesures et de stratégies d'adaptation aux effets des changements climatiques.

### 2.5. Zone d'étude :

La zone d'étude est le Haut Bassin du Bani-Niger. Le choix de cette zone est guidé par le rôle prépondérant qu'il joue dans la dynamique des écoulements au niveau du Niger moyen et supérieur.

### 2.8. Résultats escomptés :

Les principaux résultats escomptés à la fin de cette assistance sont :

- Une disponibilité d'informations hydrologiques fiables pour une gestion rationnelle des ressources en eau non pérenne du bassin du Niger,
- Une sécurisation des futurs ouvrages hydro-agro-pastoraux à réaliser dans la région sur la base d'informations plus fiables,
- Un système de prévision des crues pour les exploitants agricoles le long du fleuve,

## AUTRES INFORMATIONS

- Un système de sécurisation du remplissage des réservoirs d'eau dans la zone lacustre du Delta du Niger,
- Une meilleure protection des ressources en eau à partir d'informations fiables sur l'évolution de leur quantité et de leur qualité,
- L'inventaire des besoins des populations en eau pour divers usages,
- L'inventaire des sites potentiels de réalisation d'ouvrage hydro-agro-pastoraux dans la région.

### Amélioration de la gestion de l'eau pour la riziculture irriguée (OIN, 2000)

#### 1. Introduction :

L'objectif principal de cette étude est de réduire les émissions de méthane dues à la riziculture irriguée par une meilleure gestion des eaux d'irrigation.

#### 2. Justification de l'étude :

Actuellement, les réseaux de canaux d'irrigation sont surdimensionnés pour véhiculer des débits sociaux permanents. En effets, les eaux qui circulent dans les canaux d'irrigation permettent actuellement de satisfaire non seulement les besoins en eau des rizières mais aussi ceux des populations et des animaux : ce qui constitue une source considérable de gaspillage de l'eau.

D'autre part il est actuellement admis que la dégradation des sols est essentiellement due au niveau élevé de la nappe phréatique. Ce fait est favorisé par le mauvais drainage, ou l'absence de drainage pour maintenir la nappe à un niveau raisonnable.

Les options d'atténuation retenues ici, permettront de passer d'un mode inondation intermittente avec aération simple à une inondation intermittente avec aération multiples au niveau du système d'irrigation.

Dans sa politique de promotion du riz l'Office du Niger ambitionne d'attirer les investisseurs privés pour une augmentation des superficies aménagées.

Ceci entraînera un besoin en eau d'irrigation plus élevé. Et, si des dispositions ne sont pas prises pour sensibiliser et former les populations concernées, une utilisation abusive de l'eau aura des conséquences négatives sur l'environnement.

L'enjeu réside dans l'intensité culturale qui est de 110 % autrement dit l'occupation des sols de cultures est de 8 mois dans l'année (avril à novembre). C'est dire que si la gestion de l'eau n'est pas bien suivie, il y aura une alcalinisation poussée et surtout l'apparition de conditions favorables aux émissions de  $CH_4$ .

C'est dans cette optique que se situe l'étude d'amélioration de la gestion de l'eau. Les émissions de  $CH_4$  à l'Office du Niger sont dues à la décomposition anaérobie des substances organiques suite à la riziculture. Une meilleure gestion de l'eau qui fournirait aux plantes de

## AUTRES INFORMATIONS

riz la quantité d'eau indispensable tout en réduisant au tant que possible l'immersion des terres contribuerait à réduire les émissions de CH<sub>4</sub>.

Par ailleurs, l'irrigation des terres de l'Office du Niger à partir de l'eau du fleuve Niger a conduit au fil du temps à leur dégradation suite à la remontée de la nappe phréatique qui a favorisé les dépôts alcalins issus de l'utilisation des engrais chimiques. Cette situation favorise également les émissions de N<sub>2</sub>O.

Selon les résultats d'une enquête réalisée en Août 1990, 7 % des rizières sont dégradées ou en cours de l'être, tandis que la dégradation frappe jusqu'à 24 % des zones de maraîchage (JP. Barral et M.K Dicko 1996).

De l'analyse du mode de gestion actuel de l'eau à l'Office du Niger et de ses conséquences sur le niveau des émissions de GES, les mesures suivantes peuvent être prises pour envisager une amélioration significative :

1. l'amélioration du système de drainage pour éviter non seulement la dégradation des sols, mais aussi la stagnation inutile de l'eau dans les parcelles. C'est la meilleure solution, mais dans les conditions actuelles de l'Office du Niger, la réalisation d'un drainage profond coûterait trop cher ;
2. le redimensionnement des débits des canaux des réseaux d'irrigation afin qu'ils puissent véhiculer seulement des débits d'irrigation et la réalisation de forages dans les villages pour satisfaire les besoins sociaux (ceux des populations et des animaux) ;
3. l'organisation et la formation des producteurs autour de l'entretien du réseau tertiaire ;
4. le renforcement du contrôle de la gestion de l'eau par une plus grande responsabilisation des agents de l'Office du Niger chargés de cette tâche ;
5. la sensibilisation des paysans pour qu'ils utilisent juste la quantité d'eau nécessaire dont les cultures ont besoin en leur expliquant les dangers d'une utilisation abusive de l'eau (dégradation des sols, baisse de rendement, augmentation des quantités d'engrais et des émissions de GES, etc.) ;
6. la mise en place d'une redevance de fonctionnement et d'un fond d'entretien du réseau tertiaire (gestion paysanne).

### 3°) Méthodologie :

Dans le cadre de la mise en œuvre de ce programme, les besoins en formation seront actualisés pour chaque année de la phase d'étude à partir d'un diagnostic participatif.

Les différents canaux d'information et de sensibilisation des exploitants seront essentiellement : les radios rurales, les prêches, le théâtre utile, les échanges d'expériences, les concertations.

Les formations en salle compléteront le niveau de technicité des agents d'encadrement responsables de la gestion de l'eau.



## AUTRES INFORMATIONS

Ce programme commencera par une sensibilisation des cadres de l'Office du Niger et des populations sur les effets des GES sur l'environnement.

Des guides d'animation seront produits pour chaque thème de formation jugé pertinent.

### 4°) Résultats attendus

A la suite de ces actions de formations et de sensibilisation des populations de la zone Office du Niger,

**Projet PNE : Plan de la réduction des émissions de gaz à effet de serre dans le secteur de l'Agricole - Cote d'Ivoire**

Initié par le Ministère de l'Environnement, ce projet est sur le point de démarrer. Il s'agira plus tard de l'intensifier en le répliquant dans d'autres localités du pays.

### 1. Fondement :

Les immenses espaces de la zone aride du Mali sont en dégradation sous les effets conjugués de :

- la péjoration climatique qui a réduit la productivité sur l'ensemble du territoire,
- l'exploitation traditionnelle des pâturages devenue incontrôlée et destructrice
- l'extension de l'agriculture dans les zones humides de la zone aride ce qui réduit les réserves fourragères de saison sèche et l'espace pastoral

Avec la réduction des pluies, les surfaces dégradées des pâturages sont très importantes et les éleveurs continuent à les utiliser malgré leur faible productivité.

Le présent projet se propose d'aider les communautés à adopter une solution alternative efficace sans quitter leur territoire traditionnel ce qui correspond à leurs propres expériences et à des traditions très anciennes qui sont en voie de disparition.

### 2. Objectif principal du projet:

Conserver la biodiversité et augmenter la fixation du carbone par le développement d'un système de gestion des ressources naturelles des terres arides qui inverse la tendance actuelle à la dégradation et établit une production animale durable à un niveau suffisant pour satisfaire les besoins d'une population croissante d'éleveurs qui se sédentarise progressivement.

### 3. Objectifs spécifiques :

- Mettre en œuvre un programme de démonstration intégré de développement et d'utilisation durable des ressources locales en terres, en végétaux, en eau, en énergie en l'élevage du bétail.
- Assurer la stabilité du système de gestion des ressources naturelles
- Rendre les systèmes de gestion traditionnels plus résistants à la péjoration climatique
- Choisir les options que l'on peut étendre à l'ensemble des zones arides similaires.

## AUTRES INFORMATIONS

Le projet contribuera en outre à la conservation/réhabilitation des objectifs de la biodiversité dans deux écosystèmes (aride et semi-aride) et à l'augmentation de la fixation du carbone dans ces écosystèmes. Un de ces objectifs est de quantifier les coûts et bénéfices de la réhabilitation des ces écosystèmes, y compris l'évaluation des surcoûts de la fixation additionnelle de carbone. Il s'agit de quantifier les coûts et les bénéfices de l'augmentation de la productivité des pâturages sahéliens dans le contexte d'un système de gestion intégrée des ressources naturelles locales.

### Projet de réhabilitation des écosystèmes

Il s'agira d'intensifier ce projet qui est déjà opérationnel au niveau du MDRE en le répliquant à d'autres localités du pays.

#### 1. justification du projet :

Le développement du Mali repose sur les ressources naturelles et l'économie reste essentiellement agro-pastorale. Cependant, depuis plus de 2 décennies, les ressources naturelles renouvelables connaissent une nette régression due aux effets cumulés des aléas climatiques, des effets anthropiques et des politiques de gestion des ressources naturelles inadaptées. La persistance de cette dégradation a amené le département du développement rural à reformuler la politique nationale de gestion des ressources naturelles dont l'un des axes stratégiques consiste à favoriser l'initiative privée aussi bien en matière de réalisation de reboisement qu'en matière d'investissement dans les filières de production forestière et autres.

C'est dans ce cadre que le MDRE a initié l'opération pour un Mali vert qui est une activité de restauration des écosystèmes forestiers et de protection de l'environnement basée sur l'engagement volontaire des populations. Elle est organisée annuellement et couvre l'ensemble du territoire national.

D'autre part dans le cadre de la politique agricole, le gouvernement a décidé d'équiper 80 % des exploitations rurales en matériels agricoles de base (1 charrue, 1 paire de bœufs, 1 charrette). Dans le souci de garantir que cette incitation au secteur agricole profite au secteur forestier, le gouvernement décide que ce équipement se fera dans le cadre de l'opération pour un Mali vert, les paysans recevant l'équipement sur la base des reboisements effectués et réussis.

Aujourd'hui, l'équipement du monde rural constitue une contrainte à l'augmentation de la productivité et de la production. Actuellement, 31 % seulement des paysans sont équipés. Dans le souci de porter ce taux à 60 % d'ici l'an 2002 et d'assurer l'autosuffisance alimentaire des populations rurales, le présent projet constitue une réponse au problème de l'intensification et de la modernisation de notre agriculture à l'heure de l'intégration sous-régionale.

#### 2. Objectifs spécifiques :

- assurer l'équipement des paysans qui se distingueront par la réalisation d'actions de plantations susceptibles de générer à terme des ressources financières ;
- augmenter la production et la productivité agricole à travers l'équipement octroyé ;



## AUTRES INFORMATIONS

### Méthodologie :

- Utilisation de réseaux de mesure au sol des paramètres physiques ;
- Utilisation de la télédétection par imagerie satellitaire, échos radar et sodar ;
- Utilisation de la photographie aérienne, des cartes et d'un système d'information géographique.

### Projet 1011 : ~~Estimation des facteurs locaux d'émission de gaz à effet de serre (GES)~~

#### Justification :

La presque totalité des pays africains ont utilisé les facteurs d'émission par défaut utilisés dans le guide IPCC des inventaires faute de facteurs locaux d'émission. Malheureusement, de l'avis de la majeure partie des experts qui ont travaillé avec ces facteurs, ils méritent d'être vérifiés au niveau local par des mesures in-situ. Le présent projet s'inscrit dans cette perspective.

#### Objectif :

Déterminer les facteurs locaux d'émission de GES dans les secteurs de l'élevage, la riziculture irriguée, la combustion du bois et charbon de bois, les changements d'affectation des terres et la foresterie, les déchets solides et liquides.

#### Activités :

- Recherche bibliographique sur les facteurs locaux d'émission au niveau national sous-régional et régional ;
- Achat d'instruments de mesures ;
- Choix de sites de mesures ;
- Installation de capteurs de mesures ;
- Caractérisation climatique des sites de mesures ;
- Organisation des campagnes de mesures et de collecte d'information ;
- Analyse et traitement des données ;
- Comparaison avec des sites analogues de pays voisins ;
- Validation des facteurs ;
- Diffusion des résultats.

#### Résultats :

Disponibilité de facteurs locaux d'émission dans les différents secteurs.

### Projet 1012 : ~~Renforcement du Centre Régional d'Energie Solaire (CRES) de Niamey~~

Crée dans le cadre de la Communauté de l'Afrique de l'Ouest (CDAO), le Centre Régional d'Energie Solaire (CRES) avait pour vocation la promotion de l'énergie solaire au niveau des pays du Sahel. A ce titre il avait pour objectifs :

- La fabrication des équipements solaires,
- La recherche dans le domaine de l'énergie solaire,
- La formation.

Malheureusement, ce centre a été abandonné après la disparition de la (CDAO) sans qu'il ait eu les moyens et le temps de faire face à ses missions si importantes surtout dans le contexte de la sauvegarde du climat.

Aujourd'hui, la relance de ce centre doit faire partie des programmes prioritaires sous-régionaux des pays du Sahel puisque chacun d'eux aspire à la promotion de l'énergie solaire.

## AUTRES INFORMATIONS

Ce projet pourrait s'inscrire dans le cadre des organisations sous-régionales actuelles comme la Communauté des Etats de l'Afrique de l'Ouest (CEDAO) ou du Comité Inter-état de lutte contre sécheresse au Sahel (CILSS).

### **Projet 1712 : Système de la pollution atmosphérique due au transport routier**

#### **Objectifs :**

1. Mettre en place un système de mesure et de suivi de la pollution atmosphérique due aux émissions de GES dans le secteur du transport routier,
2. Elaborer et mettre en application des mesures permettant d'atténuer la pollution atmosphérique.

### **Projet 1713 : Étude de Vulnérabilité et d'Adaptation aux changements climatiques**

#### **Objectifs :**

1. Mettre un système de mesures et d'observation continues des paramètres climatiques et non climatiques d'évolution des écosystèmes les plus vulnérables aux changements climatiques.
2. Evaluer les impacts actuels futurs des changements climatiques sur les ressources liées aux écosystèmes.
3. Prévoir des mesures et stratégies d'adaptation.

### **Projet 1714 : Recherche sur les sous-produits agricoles et les déchets agricoles en vue de développer des sources alternatives d'énergie**

**Objectif :** intensifier la recherche appliquée au niveau des huiles végétales alcools et résidus agricoles dans le souci d'aboutir à des combustibles de substitution au hydrocarbures conventionnels et au bois énergie.

#### **4.3. Recherche et observation systématique :**

Le Mali n'a pas de programme spéciaux de recherche dans le domaine des changements climatiques à cause du manque de financement et de l'insuffisance des ressources humaines. Néanmoins, certaines Institutions de l'état mènent des activités de recherche appliquée ayant des liens avec les changements climatiques comme :

- L'Institut d'Economie Rurale dans le domaine de la Vulnérabilité/Adaptation en agriculture et ressource en eau.
- L'Institut polytechnique rural de Katibougou dans le domaine de l'agriculture.
- La Direction nationale de la Météorologie en agro-météorologie et dans le domaine des observations systématiques.
- Le Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique en physique de l'atmosphère.
- L'école Nationale d'Ingénieurs en Energie.

Le soutien international pour la mise en place au niveau national d'un système d'observation sur le climat et ses impacts s'avère indispensable.

#### **4.4. Formation, éducation et sensibilisation du public :**

Le projet PNUD/FEM de renforcement des capacités a beaucoup contribué à l'information, à la sensibilisation et à la formation du public. La pérennité et l'effet multiplicateur de ce travail initié sont assurés par :

## AUTRES INFORMATIONS

- le nombre de cadre nationaux formés et l'appartenance de ces cadres à des structures différentes mais le plus souvent complémentaires.
- l'insertion au niveau du programme de formation de l'école Nationale d'Ingénieurs (option Energétique) d'un module de formation sur les changements climatiques.
- l'implication des enseignants chercheurs de l'Université dans les formations et sensibilisation sur les changements climatiques. C'est par exemple le cas de l'école Normale Supérieure dans les cours de géographie.
- l'Ouverture d'une formation post-universitaire sur la physique de l'atmosphère avec une grande composante sur les changements climatiques. Cette formation a été initiée par l'Institut Supérieur de Formation et de Recherche Appliquée, le Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique et la Météorologie Nationale.
- Le programme de formation et d'information en environnement (PFIE) qui s'occupe de la formation et de l'élaboration de supports de formation pour les enfants.

A cet acquis il faut ajouter les séminaires et ateliers de formation et de sensibilisation organisés par les partenaires au développement pour différents types de participants incluant les services publics, les décideurs politiques, les ONGs et le secteur privé.

La presse locale s'intéresse également de plus en plus aux problèmes de changements climatiques ce qui se traduit par l'émergence de journalistes spécialisés dans le domaine. Ces communicateurs constituent aujourd'hui les relais pour les informations internationales sur les changements climatiques.

Toutes ces dispositions vont contribuer à vulgariser l'information et la sensibilisation sur les changements climatiques au Mali. Ces efforts méritent d'être soutenus par un appui financier de la part de la communauté internationale.

### 4.5 Mesures institutionnelles :

Le Décret n°98415/PM-RM du 24 Décembre 1998 fixe le cadre institutionnel de la gestion des questions environnementales.

Le cadre institutionnel de la gestion des questions environnementales est composé d'un Comité Interministériel, d'un Comité Consultatif et d'un Secrétariat Technique Permanent.

Le Comité Interministériel est chargé de :

- Faire le point de l'évolution de la situation environnementale dans le pays et proposer au Gouvernement les mesures de sauvegarde de l'environnement et de lutte contre la dégradation de l'environnement et la désertification ;
- Veiller à la prise en compte de la dimension environnementale dans la conception des projets de développement et des schémas d'aménagement du territoire ;
- Orienter les actions des structures sectorielles impliquées dans la gestion de l'environnement et la lutte contre la désertification ;
- Evaluer la mise en œuvre des Conventions, Traités et Accords internationaux que le Mali a ratifiés en matière d'environnement et de lutte contre la désertification.

## AUTRES INFORMATIONS

**Le Comité Interministériel est composé comme suit :**

**Président :** Le Ministre chargé de l'Environnement

**Premier vice-président :** Le Ministre chargé de la Santé

**Deuxième vice-président :** Le Ministre chargé de l'Industrie.

**Membres :**

- Le Ministre chargé des Mines ;
- Le Ministre chargé de l'Administration Territoriale ;
- Le Ministre chargé des Travaux Publics ;
- Le Ministre chargé des Transports ;
- Le Ministre chargé de l'Education de Base ;
- Le Ministre chargé de l'Urbanisme ;
- Le Ministre chargé du Développement Rural ;
- Le Ministre chargé de la Communication.

Le Comité Interministériel se réunit une fois par semestre sur convocation de son président. Il peut se réunir en session extraordinaire sur convocation de son président ou à la demande d'un de ses membres. Le Secrétariat des réunions du Comité Interministériel est assuré par le Secrétariat Général du Ministère chargé de l'Environnement.

Les avis, propositions et recommandations du Comité Interministériel sont adoptés à la majorité simple. En cas de partage des voix, celle du président est prépondérante.

Le Comité Interministériel est assisté du Comité Consultatif et du Secrétariat Technique Permanent.

**Le Comité Consultatif est chargé de :**

- Favoriser la participation des acteurs nationaux, notamment la société civile, dans le sauvegarde de l'environnement et la lutte contre la désertification ;
- Donner un avis sur les projets de textes législatifs et réglementaires relatifs à la gestion de l'environnement ;
- Donner un avis sur toute question relative à l'environnement dont il sera saisi par le Ministre chargé de l'Environnement.

**Le Comité Consultatif est composé comme suit :**

**Président :** le représentant du Ministre chargé de l'Environnement ;

**Premier vice-président :** Le Directeur National des Industries ;

**Deuxième vice-président :** Le Directeur National de la Santé.

Le Comité Consultatif se réunit une fois par semestre sur convocation de son président, à la demande du Ministre chargé de l'Environnement ou d'un tiers de ses membres. Il peut se réunir en session extraordinaire sur convocation de son président. Le Secrétariat des réunions du Comité Consultatif est assuré par le Secrétariat Technique Permanent.

**Le Secrétariat Technique Permanent est chargé de :**

- Assurer le suivi de la mise en œuvre des décisions du Comité Interministériel et du Comité Consultatif ;
- Suivre la mise en œuvre des programmes du Plan d'Action Environnementale ;

## AUTRES INFORMATIONS

- Veiller à la cohérence des mesures à prendre en matière de sauvegarde de l'environnement ;
- Promouvoir et suivre les mécanismes financiers et la mobilisation des financements concernant la protection de l'environnement et la lutte contre la désertification ;
- Promouvoir et évaluer les actions nationales de recherche, de formation et de communication sur la sauvegarde de l'environnement et la lutte contre la désertification.

### **Le Secrétariat Technique Permanent comprend :**

- Le Bureau de la Gestion des Ressources Naturelles et du Développement Durable ;
- Le Bureau des Conventions, Traités et Accords Internationaux ;
- Le Bureau de la Communication, de la Formation et de la Recherche.

Le Secrétariat Technique Permanent est dirigé par un Secrétaire Technique nommé par décret du Premier Ministre sur proposition du Ministre chargé de l'Environnement. Il a rang de Directeur National.

Les points focaux des Conventions sont rattachés techniquement au Secrétariat Technique Permanent. A ce titre, ils doivent rendre régulièrement compte de leurs activités au Secrétaire Technique Permanent.

Au Mali, la Direction Nationale de la Météorologie est le point focal des Changements climatiques nommé par le Ministère de l'Équipement, de l'Aménagement du Territoire, de l'Environnement et de l'Urbanisme (MEATEU); mais la CCNUCC sera mise en œuvre sous la conduite de ce département chargé de superviser l'élaboration de la politique environnementale du pays dans son ensemble. Le MEATEU coordonne les actions de tous les autres ministères dans le domaine et gère les implications environnementales des stratégies et programmes nationaux.

Dans le cadre de la CCNUCC, le MEATEU coordonne les activités à travers le Secrétariat Technique Permanent du Cadre Institutionnel de Gestion des Questions Environnementales (STP-CIGQE); tandis que les données d'ordre techniques sont fournies par diverses institutions nationales, services publics centraux (Météorologie, Hydraulique, Aménagement et Equipement Rural, Urbanisme, etc.), l'Université, les centres de recherche, les industries et les ONG.

Par souci d'opérationnalité, il est nécessaire d'apporter certaines améliorations à la structure actuelle du cadre institutionnel. Cette innovation consistera à désigner une partie du Comité Interministériel existant comme Comité National sur le Climat spécialement dédié aux problèmes de changements climatiques.

Son rôle sera de permettre l'insertion dans les options de politique nationale, des solutions de mise en œuvre de la CCNUCC envisagées par les structures techniques. Il doit également permettre de maintenir la dynamique des changements climatiques au niveau des instances de décision.



## AUTRES INFORMATIONS

Le cadre institutionnel proposé pour mettre en œuvre la CCNUCC pourrait ainsi avoir la structure suivante :

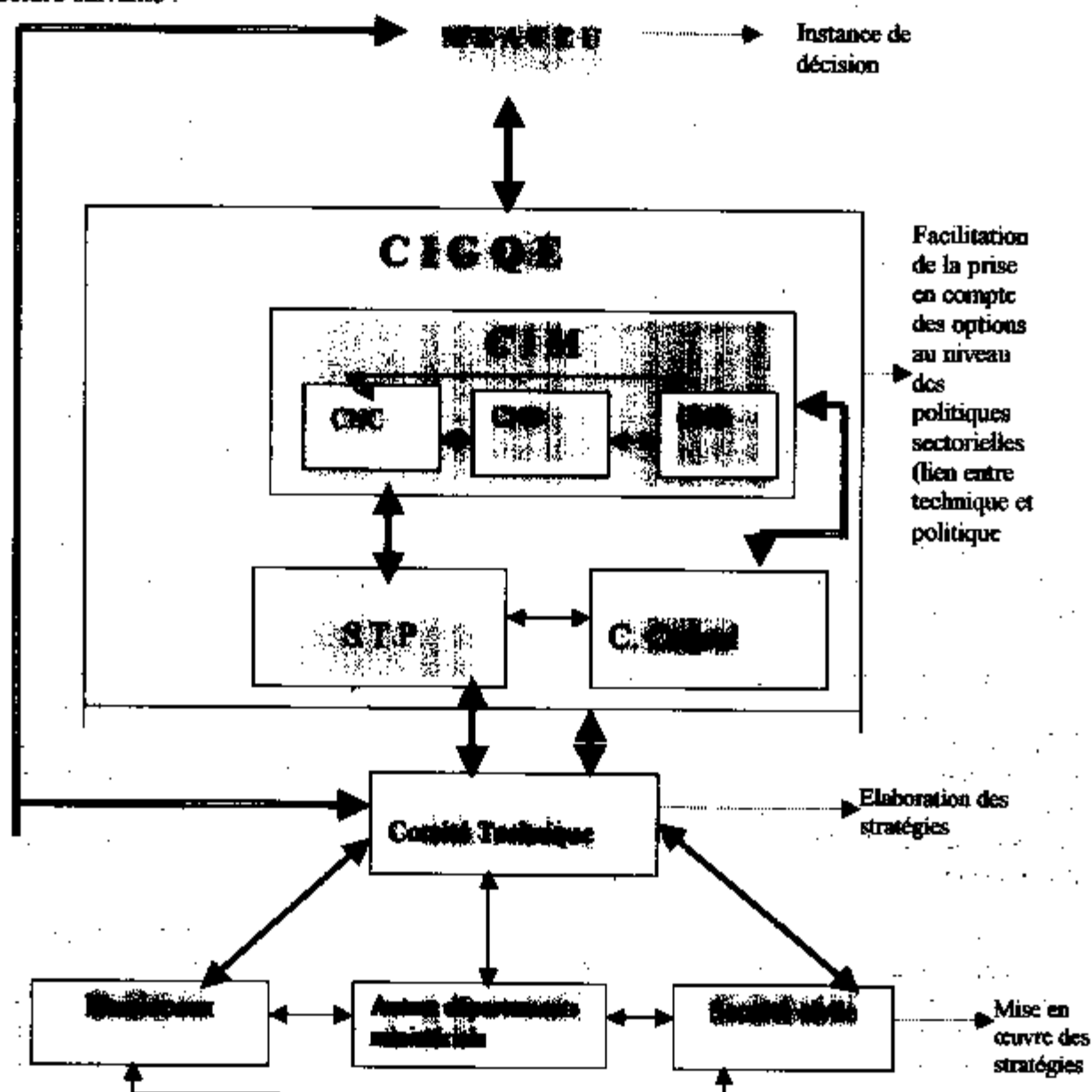


Figure 4.1 : Structure institutionnelle proposée pour la mise en œuvre de la CCNUCC au Mali

### Notations :

MEATEU :	Ministère de l'Équipement, de l'Aménagement du Territoire, de l'Environnement et de l'Urbanisme
CNC :	Comité National sur le Climat
CIGQE :	Cadre Institutionnel de Gestion des Questions Environnementales
CIM :	Comité Inter Ministériel
CND :	Comité National sur la Désertification
CNB :	Comité National sur la diversité Biologique
C. Consult :	Comité Consultatif
STP :	Secrétariat Technique Permanent
CNB :	Comité National sur la Biodiversité

## AUTRES INFORMATIONS

Le Comité Technique incluse les experts nationaux qui participent à l'élaboration de la Communication Nationale. Au Mali, ce groupe d'expert pluridisciplinaire fonctionne bien et a mené toutes les études techniques

L'établissement d'un mécanisme qui faciliterait l'intégration des objectifs de la Convention sur les Changements Climatiques dans les plans et programmes nationaux de développement

### 4.6 Mesures législatives et réglementaires :

Au titre de la protection de l'environnement, le Mali a adopté plusieurs mesures législatives et réglementaires bien avant la Convention sur les changements climatiques mais dont les objectifs concourent avec celles de cette convention. Parmi ces mesures, nous citerons l'ensemble des textes forestiers nationaux et l'adhésion du Mali à toutes les conventions internationales de protection de l'environnement.

Un accent mérite d'être mis sur les deux mesures suivantes :

- Le Mali a inscrit la protection de l'environnement dans sa loi fondamentale qui est sa constitution
- Le Mali a ratifié la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements climatiques le 28 Décembre 1994

Enfin, par la loi n°96055, l'Assemblée Nationale du Mali posait l'acte de création des Communes du Mali. Ceci était le début de la matérialisation de la décentralisation. Ainsi, initialement divisée en régions administratives et un district (celui de Bamako), le Pays est actuellement subdivisé en plus de 700 Communes.

La décentralisation relève de la volonté de l'état d'octroyer aux collectivités territoriales une autonomie financière et de gestion de leur terroir. De cette manière, elle s'avère un cadre propice de responsabilisation des populations pour la gestion de leurs problèmes environnementaux notamment ceux relatifs aux changements climatiques.

## CHAPITRE V : BESOINS FINANCIERS, TECHNOLOGIQUES ET CONTRAINTES

Afin d'améliorer la qualité des prochaines communications nationales, il est nécessaire :

- Instauration d'un système de collecte de l'information ;
- Apporter une assistance technique aux équipes nationales pour les former à l'identification et à l'évaluation des éléments de calcul des coûts et bénéfices des options d'atténuation des émissions de GES ;
- Apporter une assistance technique pour former les équipes nationales aux calculs des coûts de base et des coûts incrémentaux ;
- Former les équipes nationales à l'élaboration de projets dans le domaine des changements climatiques ;
- Revoir à la hausse les budgets alloués pour préparer les communications nationales ainsi que le temps imparti pour cette préparation ;
- Former les équipes nationales à l'utilisation des outils d'analyse des études d'atténuation, de vulnérabilité et d'adaptation comme DSSAT, LEAP, COMAP, WATBAL, IRIS, MAGIC/SCHUNGEN etc..
- d'instaurer au niveau national et sous-régional un système permanent d'observation et de suivi de l'évolution des paramètres permettant d'évaluer les impacts des changements climatiques en particulier dans les secteurs de l'agriculture, des ressources en eau, de l'énergie, de la dégradation des terres et de la foresterie. Ceci nécessitera la constitution d'un réseau d'observation à l'échelle nationale et/ou sous-régional.
- d'assurer au niveau national un système continu de collecte des informations permettant d'analyser les impacts des changements climatiques afin de prévoir des stratégies d'adaptation appropriées. Ces informations devraient être intégrées dans un système d'information géographique (SIG) et dans une base de donnée nationale. Ceci nécessitera la mise en place d'une base de donnée et d'un réseau de collecte de l'information au niveau des institutions nationales, des ONG et du secteur privé.
- de renforcer l'expertise nationale afin de pouvoir mener des études dans le domaine des changements climatiques notamment en vulnérabilité et adaptation. Ceci nécessite des besoins de formation et d'équipement des institutions nationales et régionales en outils d'analyse.
- d'octroyer des bourses de formation au niveau universitaire et post-universitaire dans le domaine des changements climatiques.
- d'assurer un soutien financier à la recherche dans les études de détermination de facteurs locaux d'émission de GES, dans la recherche des technologies à économie d'énergie comme dans celle des combustibles de substitution au bois énergie. Ceci devrait être

## BESOINS FINANCIERS, TECHNOLOGIQUES ET CONTRAINTES

favorisé par un appui à la recherche universitaire et à la promotion des technologies adaptées à travers l'état, le secteur privé et les ONG.

- d'instaurer l'implication et la sensibilisation du public afin de prendre en compte dans toutes les activités de développement la dimension changement climatique qui fait partie des contraintes du développement durable.

Au Mali, la mise en œuvre de la politique de décentralisation devrait aussi être mise à profit pour servir de canal de formation, d'information et de sensibilisation aux impacts des changements climatiques et aux mesures permettant d'atténuer ces impacts.

## **BIBLIOGRAPHIE**

- 1) **Alpha Nounou TOURE, 1997** : Impact des rejets liquides des tanneries et de l'abattoir sur les eau du fleuve Niger à Bamako, Mémoire de fin d'études.
- 2) **Amadéou NIANGALY, 1997** : Evaluation de la pollution chimique des eaux résiduaires industrielles. Application à cinq unités industrielles de Bamako. Mémoire de Fin d'études, Mai 1997.
- 3) **B. BALLO** : L'analyse et le contrôle de la pollution des eaux du fleuve Niger par les rejets liquides urbains et industriels du District de Bamako, Mémoire de Fin d'étude.
- 4) **B. Grégoire, E. Koffi et J.-M. Grégoire** Atlas of fire seasonality and its interannual Variability for the African continent.
- 5) **BAD, 1991** : Rapport sur le développement de l'Afrique,
- 6) **CPS/MSSPA** : Enquête démographique et de santé 1995-1996, République du Mali. Direction Nationale de la Statistique et de l'Informatique (DNSI). Demographic and Heath Surveys (DHS), Macro International Inc.
- 7) **D. GRAVEL, 1991** : Stratégie et programmation du sous secteur de l'assainissement urbain. Gestion des déchets solides. Projet MLI/90/002. Rapport préliminaire, Décembre 1991
- 8) **DESSOUASSI Yaovi Robert - 1997**: Variabilité du niveau et de la qualité chimique des eaux souterraines dans le haut bassin du Niger au Mali. Comparaison avec la variabilité des écoulements de surface- Mémoire d'ingénieur- ENI, Bamako juin 1997
- 9) **DIARRA Joseph Marie, Bamako, Octobre 1995** : Dégradation de l'environnement et de la qualité de vie au Mali.
- 10) **Direction Nationale des transports** : Annuaire statistique des Transports Résultats 1995, Observatoire des Transports, Bamako.
- 11) **DNA** : Analyse des données de l'enquête agricole de conjoncture 1984-1993
- 12) **DNA** : Rapport annuels de la Direction Nationale de l'Agriculture, 1995
- 13) **DNE (MDRE)** : Rapports annuels 1990, 1991, 1992,
- 14) **DNHE (PROJET MLI/84/005) - 1990**: Synthèse hydrogéologique du Mali, Septembre 1990
- 15) **DNHE (PROJET MLI/84/005) - 1991**: Schema directeur de mise en valeur des ressources en eau du Mali Volume1-Rapport 2<sup>e</sup> édition Août 1991.

- 16) DNRFFH, 1990 à 1995 : Rapports annuels
- 17) DNSI/DNA, DIAPER, CILSS, PNUD, PANEM, 1995, : Rapport de campagne
- 18) EDM 1995 , 1996. : Rapport d'activité
- 19) ENP "Mali 2025" / Kouliko-Bamako, mai 1997 : Note sur l'exécution du projet.
- 20) ETUDE NATIONALE PROSPECTIVE
- 21) GLOBAL CHANGE-N°7, juillet 1996 p.93-116 : GROUPE INTERGOUVERNEMENTAL SUR L'EVOLUTION DU CLIMAT ( version officiel de la traduction officiel) 1996: Résumé officiel: Synthèse du deuxième rapport d'évaluation du GIEC.
- 22) GROUPE DE TRAVAIL II du GIEC ( version provisoire du texte officiel ) 1996: Analyse scientifique et technique des incidences de l'évolution du climat, adaptation et atténuation- Résumé à l'attention des décideurs- Les cahiers de GLOBAL CHANGE-N°7- juillet 1996 p.39-52, industrielles. Application à cinq unités industrielles de Bamako.
- 23) IPCC 1993 : Guide d'Inventaire des émissions de GES
- 24) IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories : Greenhouse Gas emissions from fuel Combustion, Expert Group Report July, 1996 chapter I ENERGY.
- 25) IPCC Working Group II, 1998: The Regional Impacts of Climate Change: An Assessment of Vulnerability. A special report of IPCC Working group II, Cambridge university Press.
- 26) IPCC, 1996 Guide des inventaires de GES (version 1996).
- 27) IPCC, UNEP, OCDE, OMM : Manuel simplifié pour l'inventaire des gaz à effet de serre : Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre Tome 2, 1994
- 28) Jean C Menant : Effets des feux de savane sur le stockage et l'émission du carbone et des éléments trace. Vol 11 déc. 93
- 29) Lester R. Brown & al 1996: L'état de la planète Nouveau Horizon traduit de l'américain par Henri Bernard ECONOMICA 49, rue Héricart, 75015 Paris.
- 30) MDRE, 1992 : Recensement du cheptel national Mai 1992
- 31) MDRE, 1995 : Politique forestière nationale du Mali déc . 95
- 32) Mémoire de fin d'études, Mai 1997.

- 33) PNAE/CID, août 96 : Analyse des informations sur l'état des ressources naturelles au Mali.
- 34) PNAE-CID, MDRE 1996 : Rapport du Groupe de Travail « Ressources naturelles et systèmes de production », thème 4 : sols
- 35) PNGRN, 1991 : Synthèse régionale Sept. 1991
- 36) Projet PNUD/RAF/93/G31 (Bamako) : la Revue des Options de Politique en matière de Changement Climatique
- 37) Projets PNUD/RAF/93/G31 et MIL/97/G32 CNRST (Bamako) : Atténuation dans le Secteur de l'Agriculture
- 38) Projets PNUD/RAF/93/G31 et MIL/97/G32 CNRST (Bamako) : Atténuation dans le Secteur de l'Elevage
- 39) Projets PNUD/RAF/93/G31 et MIL/97/G32 CNRST (Bamako) : Atténuation dans le Secteur des Ressources en Eau
- 40) Projets PNUD/RAF/93/G31 et MIL/97/G32 CNRST (Bamako) : Atténuation dans le Secteur de la Foresterie
- 41) Projets PNUD/RAF/93/G31 et MIL/97/G32 CNRST (Bamako) : Vulnérabilité dans le Secteur de l'Agriculture
- 42) Projets PNUD/RAF/93/G31 et MIL/97/G32 CNRST (Bamako) : Vulnérabilité dans le Secteur des Ressources en Eau
- 43) Projets RAF/93/G31 et MIL/97/G32 : Inventaire des émissions de gaz à effet de serre au Mali
- 44) R. DEGALLIER 1986 : Interprétation des variations naturelles du niveau des nappes souterraines. Applications aux données provenant du bassin versant de Korbogo (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat d'Etat, USTL, Montpellier, 1975 427p. Document du BRGM N° 11- 1986.
- 45) RT Wilson et al : « Recherches sur les systèmes des zones arides du Mali » Rapport de recherche N° 5, CIPEA
- 46) Samir Amous, 1993 : les émissions anthropiques de gaz à effet de serre au Sénégal et en Côte d'Ivoire, SECHERESSE Décembre 1993. Numéro 4 p. 245 à p. 249.
- 47) Secteur de l'Energie :
- 48) SED, 1996 : Analyse du secteur de l'Energie domestique Mali avril 1996
- 49) SIRPAO-INFO N° 2 (Ministère du Développement Rural et de l'Environnement), Sept - Oct. 1996,

50) TECSULT, **Projet 4681, Mai 1991. : Etude d'assainissement de Bamako. Composition des ordures ménagères** variability for the African continent.

51) **YE Ronglu, 1993: Studies on climate change problems and response measures in China,** China National Environmental Protection Agency 115 Xizhimennei Nanxiaoje, Beijing 100035, China p. 292-311, 1993.