

**ELABORATION DE STRATEGIE D'ADAPTATION  
DES RESSOURCES EN EAU  
AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES**

## AUTEURS

- **Monsieur Birama DIARRA, Ingenieur Agrométéorologie**  
**Chef Division Recherche et Developpement**  
**Direction Nationale de la Meteorologie (Mali)**  
**BP 237 Bamako**  
**Tel/fax : 00(223)2206204/00(223)2202110**  
**Cel : 00(223)6103428**  
**E-mail : biramadia@yahoo.fr**
- **Monsieur Cheick HAMALA DIAKITE, Docteur Geographe**  
**Institut d'Economie Rural- Centre de Recherche**  
**Agronomique de SOTUBA (Mali)**  
**BP 262 Bamako**  
**Tel/fax : 2223775**  
**Cel : 00(223)6365484**  
**E-mail : hamala.diakite@ier.ml**
- **Monsieur Mamoudou MACINA, Ingenieur d'élevage**  
**Consultant independent - Bamako (Mali)**  
**Cel : 00(223)6411325**  
**E-mail : mamadoumacina@yahoo.fr**

## Sommaire

<b>AUTEURS</b> .....	<b>2</b>
<b>Sigle</b> .....	<b>5</b>
<b>Résumé</b> .....	<b>6</b>
<b>I - INTRODUCTION</b> .....	<b>7</b>
<b>II - OBJECTIFS DE L'ETUDE</b> .....	<b>8</b>
<b>III - METHODOLOGIE</b> .....	<b>9</b>
<b>IV - HISTORIQUE DE PERCEPTION DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES</b> .....	<b>9</b>
<b>V - POURQUOI L'ADAPTATION AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES</b> .....	<b>12</b>
<b>VI - IMPACTS DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR LES RESSOURCES EN EAU</b> .....	<b>13</b>
6.1 <i>Impacts sectoriels</i> .....	16
6.2 <i>Impacts socio-économiques et environnementaux</i> .....	16
<b>VII - INVENTAIRE DES STRATEGIES D'ADAPTATION DES RESSOURCES EN EAUX AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES ,FORCES ET FAIBLESSES</b> .....	<b>17</b>
7.1- <i>Evaluation , planification des ressources en eau</i> .....	17
7.1.1 Les ressources en eau de surface. ....	18
7.1.2 Les ressources en eaux souterraines, leur répartition géographique et leur quantification .....	26
7.2 <i>Mise en valeur des ressources en eau au Mali</i> .....	29
7.2.1 Eaux de surface.....	29
7.2.2 Eaux souterraines et secteurs économiques du Mali.....	31
7.3 <i>Protection et prévention des nuisances liées à l'eau au Mali</i> .....	32
7.3.1 Qualité des eaux de surface .....	32
7.3.2 Qualité des eaux souterraines .....	33
7.4 <i>Stratégies d'adaptation existantes dans le secteur des ressources en eau</i> .....	34
7.5 <i>Forces et faiblesses des stratégies d'adaptation existantes des ressources en eau</i> .....	36
<b>VIII - DEFINITION DES STRATEGIES D'ADAPTATION DES RESSOURCES EN EAU ET RENFORCEMENT DES CAPACITES</b> .....	<b>38</b>
8.1 <i>-Stratégies d'adaptation au niveau local et individuel</i> .....	39
8.2 <i>-Stratégies d'adaptation au niveau institutionnel</i> .....	41
8.3 <i>Stratégies de renforcement des capacités</i> .....	45
<b>IX- IDENTIFICATION DU DISPOSITIF FINANCIER ET LA STRATEGIE DE RECOUVREMENT DES COUTS</b> .....	<b>46</b>
9.1 <i>Au plan interne</i> .....	47
9.2 <i>Au plan externe</i> .....	49
<b>X.- IDENTIFICATION DU DISPOSITIF INSTITUTIONNEL EN MATIERE DE LEGISLATION DES EAUX</b> .....	<b>50</b>

<i>10.1 Adaptation de la législation sur l'eau : .....</i>	<i>50</i>
<i>10.2 Gestion des Eaux partagées avec les Pays voisins et Accords Internationaux.....</i>	<i>50</i>
<b>XI -CONCLUSION.....</b>	<b>51</b>
<b>XII –RECOMMANDATIONS.....</b>	<b>53</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>54</b>
<b>A N N E X E S.....</b>	<b>56</b>
<b>TERMES DE REFERENCE DE L'ETUDE SUR L'ELABORATION DE STRATEGIE D'ADAPTATION .</b>	<b>57</b>

## Sigle

AND	Autorité Nationale Désignée
CC :	Changement climatique
CNCCM	Comité National sur les Changements Climatiques au Mali
CILSS :	Comité Inter-Etats de Lutte contre la Sécheresse au Sahel
CNRST :	Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique
COMANAV	Compagnie Malienne de Navigation
CO2 :	Gaz carbonique
CSLP	Cadre Stratégique de Lutte contre la Pauvreté
DNA :	Direction Nationale de l'Agriculture
DNM :	Direction Nationale de la Météorologie
DNH:	Direction Nationale de l'Hydraulique
DNSI :	Direction Nationale de la Statistique et de l'Informatique
ENI:	Ecole Nationale d'Ingénieurs
FAO :	Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture
GEF(FEM) :	Global Environment Facility
GES :	Gaz à Effet de Serre
IER:	Institut d'Economie Rurale
INRSP :	Institut National de Recherche en Santé Publique
IPCC :	Intergouvernemental Panel on Climate Change
MDP	Mécanisme pour un Développement Propre
MCG:	Modèles de Circulation Générale
MSPA	Ministère de la Solidarité des Personnes Agées
MSSPA	Ministère de la Santé de la Solidarité et des Personnes Agées
NCAP	Programme d'assistance Neerlandaise aux Etudes sur les changements Climatiques
NEPAD	Nouveau partenariat pour le développement de l'Afrique
OMD	Objectifs du millénaire pour un développement durable
OMM :	Organisation Météorologique Mondiale
OMVS	Organisation pour la Mise en Valeur du fleuve Sénégal
ONG :	Organisation non Gouvernementale
PANA	Programme d'Actions Nationaux pour l'Adaptation aux changements climatiques
PIB :	Produit Intérieur Brut
PNPE	Politique Nationale de Protection de l'Environnement
PTI	Programme triennal d'investissement
SAP :	Système d'Alerte Précoce

## Résumé

Depuis la conférence des Nations Unies sur l'Environnement et le Développement (CNUED) tenue à RIO de Janeiro en Juin 1992, les questions de changements climatiques occupent une place importante dans la protection de l'environnement, aussi bien au niveau des pays (pays industrialisés) historiquement responsables de ces changements que ceux n'ayant joué qu'un rôle mineur (pays en développement).

La manière et surtout l'intensité selon les-uelles les habitants d'une région sont affectés par les effets des changements climatiques dépendent pour une large part de deux facteurs :

- La fragilité du milieu naturel vis à vis des extrêmes météorologiques et des variations climatiques
- La capacité d'adaptation de la population.

Les pays en développement situés dans des espaces naturels instables et menacés sont particulièrement vulnérables. Qui plus est, ils n'ont en raison de leur retard économiques et social, que des moyens limités pour s'adapter aux changements climatiques.

Cette situation n'est, en principe, guère nouvelle, depuis toujours les hommes ont dû s'adapter aux variations climatiques. Toutefois les changements climatiques annoncés pour les décennies à venir dépassent largement, par leur rapidité et leur intensité, les capacités d'adaptations des sociétés. Les mesures traditionnelles d'adaptation aux changements climatiques ne suffisent plus, et les sociétés concernées deviennent encore plus vulnérables.

Cela ,touche avant tout les populations très démunies des pays en développement. Celles-ci souffrent tout particulièrement des répercussions du dérèglement climatique car leur survie dépend directement de l'espace naturel, de l'agriculture, des ressources en eau qui sont gravement perturbés par les changements climatiques continus. Or, du fait de leur extrême pauvreté, de leur faible niveau d'instruction et du manque d'infrastructures, la plupart de ces personnes n'ont pas d'autres moyens pour assurer leur existence. La situation des plus pauvres est encore aggravée par les effets du changement climatique.

Un processus qui s'intensifie et qui « cimente » la pauvreté. Ce qui nécessite des stratégies d'adaptation notamment aux ressources en eau.

## I - INTRODUCTION

Le Mali, pour montrer son engagement à combattre les changements climatiques a posé un certain nombre de jalons qui sont :

- La signature de la convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques le 22 septembre 1992 et sa ratification le 28 décembre 1994 ;
- La signature du protocole de Kyoto, le 02 janvier 1999 et sa ratification le 11 février 2002 ;
- L'élaboration de sa communication nationale initiale en 2000
- La désignation d'un point focal des changements climatiques en 1992
- La mise en place d'une Autorité Nationale Désignée (AND) du Mécanisme pour un Développement Propre (MDP) en 2003.

Le Mali continue à honorer ses engagements au titre de la Convention et du Protocole de Kyoto, le plus souvent en coopération avec ses partenaires. Les Pays Bas se sont révélés être un partenaire de choix dans ce domaine. Les deux pays ont engagé ensemble des études sur la vulnérabilité et l'adaptation du pays aux effets néfastes des changements climatiques, dans le cadre du Projet intitulé « Programme d'Assistance aux Etudes sur les changements Climatiques, NCAP »

Les études se sont réalisées en deux phases.

1. la première phase de 18 mois s'est achevée en 2003. elle a contribué à produire les résultats suivants :
  - un scénario climatique pour le Mali ;
  - une étude sur la vulnérabilité/ adaptation des ressources en eau des bassins du Sankarani et du Baoulé aux effets des changements climatiques ;
  - une étude de vulnérabilité et adaptation aux changements climatiques des cultures de mil et sorgho ;
  - une étude sur la vulnérabilité adaptation du maïs et du coton aux effets des changements climatiques.
2. la deuxième étape, composée de 2 parties de 18 mois chacune, visera essentiellement l'adaptation des ressources en eau et la formulation des éléments d'une politique nationale des changements climatiques ainsi que l'évaluation des options retenues dans la phase 1.

Les objectifs visés par cette phase sont entre autres :

- assister le pays dans la préparation, la formulation, la mise en œuvre et l'évaluation de la politique nationale sur les changements climatiques.
- Informer, sensibiliser sur la problématique des changements climatiques.
- Accroître l'implication des décideurs politiques, scientifiques et des divers milieux de la société civile dans le débat sur les changements climatiques ;
- Promouvoir les expériences entre pays en matière de changement climatique.

Plusieurs études ont été menées au cours de cette 2<sup>ème</sup> phase notamment :

- Perception des risques des changements climatiques par les couches les plus vulnérables;
- Evaluation des coûts des options d'adaptation et des impacts socio-économiques de la phase 1.

## **II - OBJECTIFS DE L'ETUDE**

La présente étude intitulée « Etude sur l'élaboration de stratégies d'adaptation aux changements climatiques » a pour entre autres objectifs de :

- faire l'inventaire des stratégies d'adaptation aux changements climatiques notamment en matière d'évaluation, de planification des ressources en eau, de mise en valeur, de protection et de prévention des nuisances liées à l'eau ;
- Identifier les forces et faiblesses de ces stratégies ;
- Définir la stratégie sur le plan institutionnel et en matière de transfert des compétences et de renforcement des capacités ;
- Identifier le dispositif financier et la stratégie de recouvrement des coûts ;
- Identifier le dispositif institutionnel en matière de législation des eaux ;
- Identifier le dispositif institutionnel en matière des eaux partagées.

### **III - METHODOLOGIE.**

La méthodologie de l'étude comporte 3 phases

1. la revue documentaire et bibliographique, cette phase a connu les activités suivantes :
  - analyse de la documentation relative au thème à traiter ,
  - la définition et la précision des rôles et responsabilités de chaque membre de l'équipe.
2. l'analyse et l'interprétation des données et informations collectées
3. la rédaction du rapport .

### **IV -HISTORIQUE DE PERCEPTION DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES**

Les changements climatiques, c'est à dire les modifications du climat à l'échelle de la planète sont devenus une réalité nettement perceptible. Dès à présent, les changements climatiques ont de graves répercussions sur l'homme et la nature dans notre pays et dans nombre de régions du monde.

Dépuis la fin du XIXe siècle, la température moyenne de la terre a augmenté d'environ 0,6 degré celcius (ref, 3è rapport d'évaluation du GIEC) avec comme conséquence ; une élévation du niveau des mers atteignant jusqu'à 20 cm au XXIe siècle. L'organe subsidiaire du conseil scientifique et technologique de la Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC) et le Groupe Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC ou IPCC) prédisent que d'ici 2100 la température globale de la surface de la terre pourrait augmenter de 1,4 à 5,8° celcius avec comme conséquence une élévation du niveau des mers de 9 à 88 centimètres.

La responsabilité de ce fort réchauffement incombe de manière déterminante, surtout dans la seconde moitié du XXIe siècle à l'homme. Parmi les principales causes de cette élévation des températures, on trouve les rejets croissants dans l'atmosphère de gaz à effet de serre (GES) comme le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), le méthane, etc...

La formation de CO<sub>2</sub> résulte essentiellement de la combustion de sources énergétiques fossiles, telles que le pétrole, le gaz et le charbon, mais aussi de la

destruction des forêts . Le méthane provient principalement des décharges et de la riziculture irriguée.

C'est pourquoi la première Conférence mondiale sur le climat tenue en 1979 considéra que les changements climatiques constituent des problèmes sérieux pour l'Humanité. Elle fut suivie par un certain nombre de conférences intergouvernementales de 1980 à 1990. Le Groupe Intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) fut établi en 1988 par le programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) et l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM) avec comme mandat d'évaluer l'état des connaissances existantes sur le système climatique et les changements climatiques, les impacts environnementaux, économiques et sociaux des changements climatiques ainsi que les stratégies de réponse possibles. Le GIEC publia son premier rapport d'évaluation en 1990, qui apporta la preuve scientifique des changements climatiques et permit aux gouvernements de fonder leurs décisions politiques sur l'information disponible le plus à jour. Il eut un effet remarquable à la fois sur les décideurs politiques et le grand public et servit de base aux négociations sur les changements climatiques. En 1990, la deuxième conférence mondiale sur le climat opta pour un traité – cadre sur les changements climatiques appelé Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC) qui fut adopté le 9 Mai 1992 à New York. Il entra en vigueur le 21 Mars 1994. **L'objectif ultime de la CCNUCC est au terme de l'Article 2 « de stabiliser conformément aux dispositions pertinentes de la Convention, les concentrations de gaz à effet de serre 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 ».**

Mais le texte de la Convention énonce des principes généraux et ne contient pas de clauses contraignantes. La réalisation de l'objectif de la convention exige des pays industrialisés d'importants efforts de réduction de leurs émissions. C'est ainsi qu'à la première conférence des Parties (CdP1) à Berlin en 1995, un Groupe Spécial dénommé Groupe Spécial sur le mandat de Berlin fut mis en place pour négocier un protocole à la Convention. Il fut adopté le 11 Décembre 1997 à Kyoto et porta le nom de Protocole de Kyoto. Il fait **obligation aux pays Annexe I (Pays développés et pays en transition) de réaliser une réduction de leurs émissions de gaz à effet de serre d'au moins 5% par rapport au niveau de 1990 entre les années 2008 et 2012.**

Les pays en développement ne sont pas concernés par des objectifs de réduction de leurs émissions, mais peut entreprendre des actions dans ce sens.

Un mécanisme de coopération au titre du protocole a été élaboré. Il s'agit notamment :

- des échanges d'émissions
- de la mise en œuvre conjointe
- du Mécanisme pour un Développement Propre (MDP).

Les deux premiers sont exécutés entre pays de l'Annexe I (Pays développés et pays en transition) alors que le troisième l'est entre pays de l'Annexe I et pays en développement et vise un double objectif à savoir :

- permettre aux pays développés bailleurs de fonds, de satisfaire à son engagement de réduction d'émissions ;
- contribuer à assurer le développement durable des pays en développement.

C'est seulement le 16 Février 2005 que le protocole entra en vigueur après de multiples blocages.

En attendant, au Mali l'inventaire des émissions de gaz à effet de serre (GES) a été fait en 1995 et qui montre que le pays reste un puits de carbone ( bilan négatif , ref Etudes Changement climatiques CNRST), c'est-à-dire n'émet presque pas de GES. Il reste, cependant que d'autres études soient menées afin de confirmer ces résultats.

Par ailleurs, les résultats des études menées au Mali montrent qu'à l'horizon 2100 on assisterait à une diminution de la pluviométrie qui se traduirait par un déplacement des isohyètes vers le Sud (disparition de l'isoyète 1200 mm).

L'analyse des événements extrêmes pour la température a permis de comparer les occurrences de températures maximales supérieures à la moyenne maximale de la normale 1961-1990 des horizons temporels 2050 et 2100. De cette analyse, on retient :

- pour la période 1961-1990, la température moyenne maximale est de 30,5°C avec 50% d'occurrence d'avoir des températures supérieures à cette moyenne de 30,5°C.

- en 2050, la température moyenne maximale serait de 32,5°C et l'occurrence des températures supérieures à cette valeur serait de 40%.
- en 2100, la température moyenne maximale serait de 34,5°C et l'occurrence des températures supérieures à cette valeur serait de 36%.

Les températures seraient donc en hausse dans l'ensemble du pays de plus de 2°C.

Ces mêmes études ont permis de constater qu'avec l'analyse de sensibilité par rapport aux variations des paramètres climatiques, une augmentation de 5 % de la pluviométrie par rapport à la moyenne 1961-1990, la situation pluviométrique au Mali correspondrait à celle de la période humide et qu'une diminution de 10 % de la pluviométrie par rapport à la normale 1961-1990 entraînerait une situation de sécheresse au Mali. Cette situation de sécheresse serait constatée sur la première moitié de l'hivernage (mai, juin et juillet ) à partir de l'horizon 2025. La même situation pourrait s'installer dès l'horizon 2020 si la réaction du climat aux perturbations devenait plus rapide.

Aussi, les changements climatiques étant globaux, l'étude menée en août 2005 sur la perception des risques des changements climatiques par les couches les plus vulnérables dans les localités de Kiban (Koulikoro), Diouna (Ségou) et Massabla (Sikasso) a dégagé les principaux risques climatiques que sont la sécheresse, les inondations, les variations de température et les vents. Ces risques ont des impacts très importants sur le développement socio-économique. Des options prioritaires d'adaptation ont été développées.

## **V - POURQUOI L'ADAPTATION AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES**

Depuis quelques décennies, le climat de notre planète se modifie, ce qui a de conséquences de plus en plus graves. Les changements climatiques à l'échelle du globe provoquent des modifications progressives et durables, telles que l'augmentation de la température moyenne et, partant l'élévation du niveau des mers.

Les événements climatiques extrêmes deviennent par ailleurs plus intenses et plus fréquents. De nombreux domaines vitaux se trouvent ainsi menacés sur l'ensemble de la planète citons notamment les ressources hydriques, la production agricole, les zones côtières et les zones d'habitat humain ainsi que l'approvisionnement énergétique et le secteur de la santé.

Les risques engendrés ont des formes très variées selon les régions. Tandis que certaines zones seront littéralement noyées sous l'eau, celles ci viendront à manquer dangereusement dans d'autres. Ainsi dans certains pays, les inondations deviendront de plus en plus fréquentes et l'intensité des périodes de sécheresse augmenteront dans les pays qui souffrent d'ores et déjà du manque d'eau.

D'autres pays et régions doivent se préparer à subir des événements climatiques extrêmes, tels que tempêtes, glissement de terrain et avalanches. Des villes entières, des réseaux routiers et des pôles économiques pourraient ainsi etres menacés.

La manière de faire face aux changements climatiques de plus en plus considérables devrait par conséquent constituer une des préoccupations majeurs des stratégies de développement durable dans les pays concernés.

Malheureusement , on ne dispose pas d'analyses de risques systématiques qui pourraient permettre de prévoir qui sera concerné, quand et comment. Ce qui est néanmoins certain, c'est que seront touchés le plus durement ceux qui pourront moins bien s'adapter parce qu'ils manquent de moyens techniques et financiers, à savoir les pays pauvres et les populations démunies des pays en développement.

C'est la raison pour laquelle les pays en développement demandent aux nations industrialisées, principaux responsables des changements climatiques, de les soutenir activement dans la planification et la mise en œuvre de mesures d'adaptation .

Des fonds d'adaptation aux changements climatiques notamment pour les pays en développement sont en cours de negociation par les organes subsidiaires de la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques. Un programme quinquenal d'adaptation aux changements climatiques est aussi en cours de negociation au plan international.

## **VI -IMPACTS DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR LES RESSOURCES EN EAU**

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.

Il est maintenant établi que les activités humaines entraînent un accroissement des gaz à effet de serre, ce qui tend à produire un réchauffement du climat. Les changements climatiques conduiront logiquement à des changements de qualité des ressources en eau. L'évaluation de l'impact des changements climatiques sur ces ressources devient donc une nécessité au Mali.

Pour les ressources en eau du bassin du fleuve Niger, les eaux de surfaces ont une forte sensibilité à un changement climatique. En effet, des études ont montré qu'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 18%.

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. Dans les zones à climat sahélien, on a la plus forte sensibilité aux changements climatiques avec deux scénarios possibles :

- **Dans l'hypothèse du 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 conséquences 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. Au cours des deux dernières décennies, une forte réduction des apports des fleuves et alimentation des nappes (de 50 à 80%) a été enregistrée alors que les apports de pluies ont été relativement faibles (20 à 50%). Cette situation a eu pour conséquence l'arrêt de l'écoulement sur le fleuve Niger à Niamey en juillet 1985, et le Bani à Douna un an sur deux depuis 1984. On devrait donc s'attendre à un assèchement quasi-annuel du Bani à Douna au moins d'une durée d'un mois ;

- Une baisse des niveaux piézométriques va également, entraîner le tarissement des nappes superficielles que constitue la source principale d'alimentation en eau des populations rurales ;

- Une baisse de l'hydraulicité des fleuves aura également pour conséquence le tarissement des mares dont l'alimentation est liée aux crues. Il faut se rappeler qu'en 1984, le fleuve Niger n'est pratiquement pas sorti de son lit mineur et les seuils qui contrôlent l'alimentation des mares et lacs n'ont pas été

atteints. C'est ainsi que le lac Faguibine s'est assèché (CHAMARD et al , Septembre 1997).

La qualité des eaux superficielles 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 l'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 d'années à hydraulicité moyenne se traduira par l'augmentation de la fréquence et de l'importance des inondations. En effet, l'une des caractéristiques des inondations étant leur limite dans le temps (période de fortes pluies ou maximum des crues), les conséquences sont par nature, catastrophiques. Le fleuve Niger a connu en 1967 une crue extrêmement forte qui a atteint des niveaux exceptionnels dans le haut bassin Guinéen et surtout au Mali. Les eaux ont causé d'importants dégâts matériels : des milliers d'habitations détruites, des centaines de familles sans abris, des dizaines de milliers d'hectares de cultures noyées. En 1994, quelques cas d'inondation dues aux eaux du fleuve Niger ont été observés à Bamako, (zones spontanées), Diré et Tonka. Les inondations d'origine pluviales sont quasi permanentes dans la ville de Bamako faute de réseau adéquat de drainage des eaux de ruissellement. Les dégâts provoqués par les inondations dues aux fortes pluies peuvent être divers (destruction de maison d'habitation et de champs de cultures, pertes de vies humaines et animales dans certaines localités des régions de Koulikoro, Ségou et Mopti). La montée brusque des eaux des fleuves peut provoquer l'inondation des stations de traitement des réseaux d'aduction d'eau potable. C'est pourquoi, il n'est pas exclu que des épidémies de maladies d'origine hydrique (choléra, dysenterie, etc.) succèdent à ces fortes inondations. Les difficultés d'évacuation des eaux pluviales entraîneront une stagnation et par conséquent, la prolifération de maladies hydriques et la communication des eaux des pluies et puits ( MSSPA 1990,MSPA 1997).

Dans **tous les scénarios**, la demande d'eau pour les différents usages sera théoriquement couverte par les ressources en eau renouvelables. Cependant la mauvaise répartition de cette ressource dans le temps et dans l'espace fera que la satisfaction des besoins se posera dans le cas du scénario 1 pendant la saison sèche (mars à juin). Il faut rappeler que plus de 80% du volume des crues s'écoulent entre août et fin octobre.

## **6.1 Impacts sectoriels.**

L'augmentation des températures avec une baisse des précipitations aura un impact 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 km<sup>2</sup> en 1972-73) et l'assèchement des bas-fonds, mares et lacs a provoqué la réduction des productions halieutiques. Les captures de poissons sont passées de 110 000 tonnes en année moyenne (comme 1966) à 54 000 T en année sèche (comme en 1984) soit, une baisse de près de 50% (SHENDAN D , 1985).

A l'horizon 2025, il sera pratiquement difficile d'envisager la culture de riz par submersion contrôlée comme actuellement dans les Offices Riz de Ségou et Mopti ainsi qu'à 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 des suites de famine.

Le secteur de l'énergie sera affecté par la réduction des apports à Sélingué 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.

## **6.2 Impacts socio-économiques et environnementaux.**

La baisse de 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, de l'insécurité et de problèmes de santé. L'accès à l'eau surtout potable est un objectif du programme décennal de santé « PDS » adopté par le gouvernement du Mali. C'est à dire que la disponibilité en eau potable et le niveau de santé sont liés. L'eau est un élément indispensable à la vie. Sans elle, aucune communauté ne peut vivre et se développer économiquement.

Dans les cas de pénuries ou de dislocation des systèmes de productions ruraux, certaines activités traditionnellement secondaires comme la coupe du bois prennent une grande importance. Ainsi les acteurs de tous les secteurs dont la productivité a baissé ont tendance à s'y donner. Pour certains petits bassins tel que Dioïla,

Bougouni et Sélingué, l'activité de coupe de bois sera favorisée par la proximité relative des grands centres urbains comme Bamako et elle jouera momentanément le rôle d'une source de revenus mais seulement à court terme, car le plateau forestier de ces zones ne tiendra pas longtemps devant une pression accrue et qui plus est en période de sécheresse. De manière générale, 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.

## **VII - INVENTAIRE DES STRATEGIES D'ADAPTATION DES RESSOURCES EN EAUX AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES, FORCES ET FAIBLESSES**

### **7.1- Evaluation , planification des ressources en eau**

Pays sahélien soumis fortement aux aléas climatiques, le Mali n'en recèle pas moins d'importantes ressources en eau de surface et souterraines, mais réparties de manière inégale sur le plan spatial. Le réseau hydrographique comporte les bassins fluviaux du Niger qui s'étend sur 300.000 km<sup>2</sup> et du Sénégal à l'Ouest sur 155.000 km<sup>2</sup>. Ces deux fleuves constituant l'essentiel des ressources en eau de surface pérennes ont un potentiel d'écoulement annuel respectif de 46 milliards de m<sup>3</sup> à Koulikoro (Niger) et 10 milliards de m<sup>3</sup> à Kayes (Sénégal). Les ressources en eau de surface non pérennes, importantes et bien réparties sont estimées à 15 milliards de m<sup>3</sup>.

Par ailleurs, on compte 17 grands lacs situés dans la partie septentrionale du pays principalement sur la rive gauche du fleuve Niger, dont les lacs Faguibine, Télé, Gouber, Kamango, Daoukiré, Daouana, Fati, Horo, Kabara, Débo. Ceux-ci, ainsi qu'un important réseau de mares permanentes à semi-permanentes notamment dans la zone du Gourma, sont utilisés pour les cultures de décrue et pour l'élevage.

Dans ces bassins, on a répertorié près de 400 zones humides (plaines inondables, lacs, mares, oueds etc.) dont certaines comme le lac Walado-Débo, le lac Horo et la plaine de Séri sont classées sites Ramsar, et plus récemment le Delta Intérieur du Niger dans sa globalité ce qui en fait la 2<sup>ème</sup> plus grande zone humide d'Afrique.

Les ressources en eau souterraine renouvelables des aquifères, évaluées à 66 milliards de m<sup>3</sup>, avec des réserves de plus de 2700 milliards de m<sup>3</sup>, sont également

suffisantes. Il faut cependant signaler que les ressources existantes sont caractérisées par la grande variabilité saisonnière de leurs potentiels, liés notamment au régime pluviométrique et à la faible capacité d'alimentation des aquifères.

L'essentiel des ressources en eau du Mali provient des eaux de pluies que reçoit le pays. La pluviométrie est caractérisée par une forte variation inter annuelle et une mauvaise répartition spatiale. Sur la base d'une pluviométrie moyenne de 335 mm calculée sur la période 1965 – 2001 pour l'ensemble du pays, les pluies apportent en moyenne chaque année 415 milliards de m<sup>3</sup> d'eau et favorisent la recharge des nappes souterraines.

On classe en deux grandes familles les ressources en eau au Mali. Ce sont :

- les ressources en eau de surface,
- les ressources en eau souterraine.

### **7.1.1 Les ressources en eau de surface.**

#### **7.1.1.1 Les Ressources en eau de surface pérennes**

Au Mali, le système hydrographique est constitué par les bassins du haut Sénégal et du Niger moyen. Ces fleuves drainent à eux seuls :

- en année moyenne **70 milliards de m<sup>3</sup> d'eau** ;
- en année humide **110 milliards de m<sup>3</sup> d'eau** ;
- en année sèche **30 milliards de m<sup>3</sup> d'eau**.

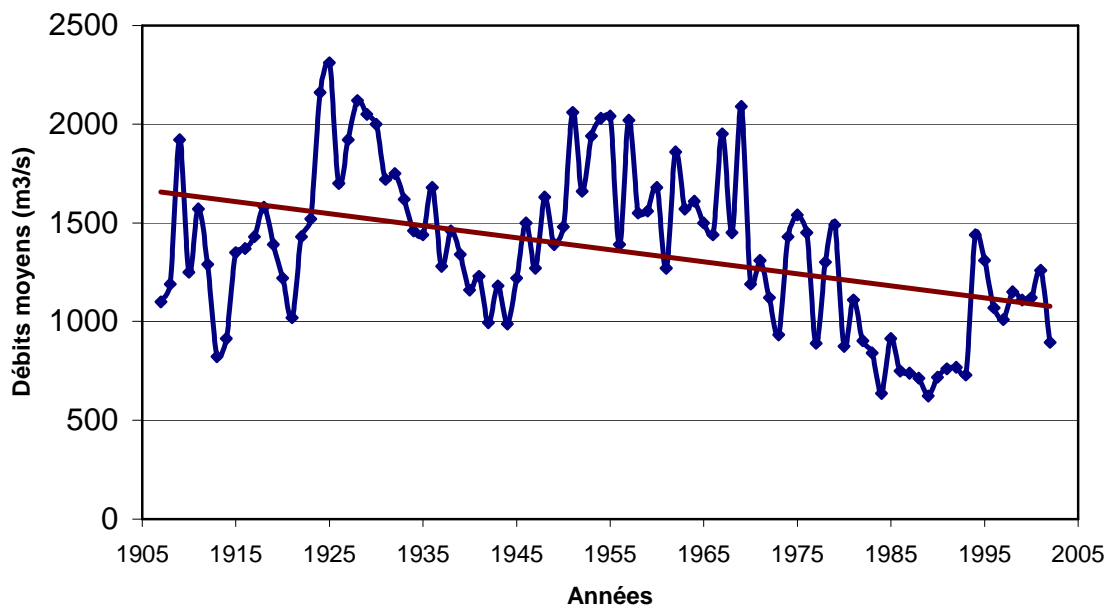
D'une façon générale, les cours d'eau permanents sont concentrés au sud et au centre du pays, alors que le nord se caractérise par la présence de nombreuses vallées fossiles.

#### **a) Le fleuve Niger et ses affluents**

Ce fleuve dont le bassin occupe près de 7,25% de la superficie du continent est l'un des plus grands fleuves d'Afrique d'une longueur de 4200 km dont 1700 km au Mali. Il prend sa source en territoire Guinéen où il n'a que 4% de son bassin versant. Le Mali et le Niger sont deux pays qui en dépendent presque entièrement, cependant 90 % des eaux du fleuve Niger proviennent hors de leurs frontières. Au Mali, le bassin du fleuve Niger avec une pluviométrie moyenne de 690 mm occupe 31% du territoire national et recèle un potentiel irrigable de 556 000 ha dont 130 000 ha sont actuellement mises en valeur (soit 23.%). Aussi 44% de la population du pays occupe le bassin du Niger..

Ses principaux affluents sont le Bani (long de 900 km) et le Sankarani. Le Bani à son tour est constitué du Bagoé, du Baoulé et du Banifing. Le débit moyen (fig1) inter-annuel, calculé sur la période allant de 1907 à 2002 à Koulikoro à l'entrée du Delta Central qui était de 1300 m<sup>3</sup> en 1978, n'était plus que 624 m<sup>3</sup> en 1989 et de 895 m<sup>3</sup> en 2002 pour un volume moyen de 46 milliards de m<sup>3</sup> par an. Cette tendance à la baisse pourrait se poursuivre avec les changements climatiques. Le volume minimum écoulé étant de 20 milliards de m<sup>3</sup> en année sèche (1984) et le maximum de 61,5 milliards de m<sup>3</sup> en année humide (1967). Dans le delta intérieur du Niger 40 à 50 % des débits d'entrée sont perdus par évapotranspiration, infiltration, irrigation, avec de sérieux problèmes environnementaux.

Fig. 1. Variations des débits annuels du fleuve Niger à Koulikoro

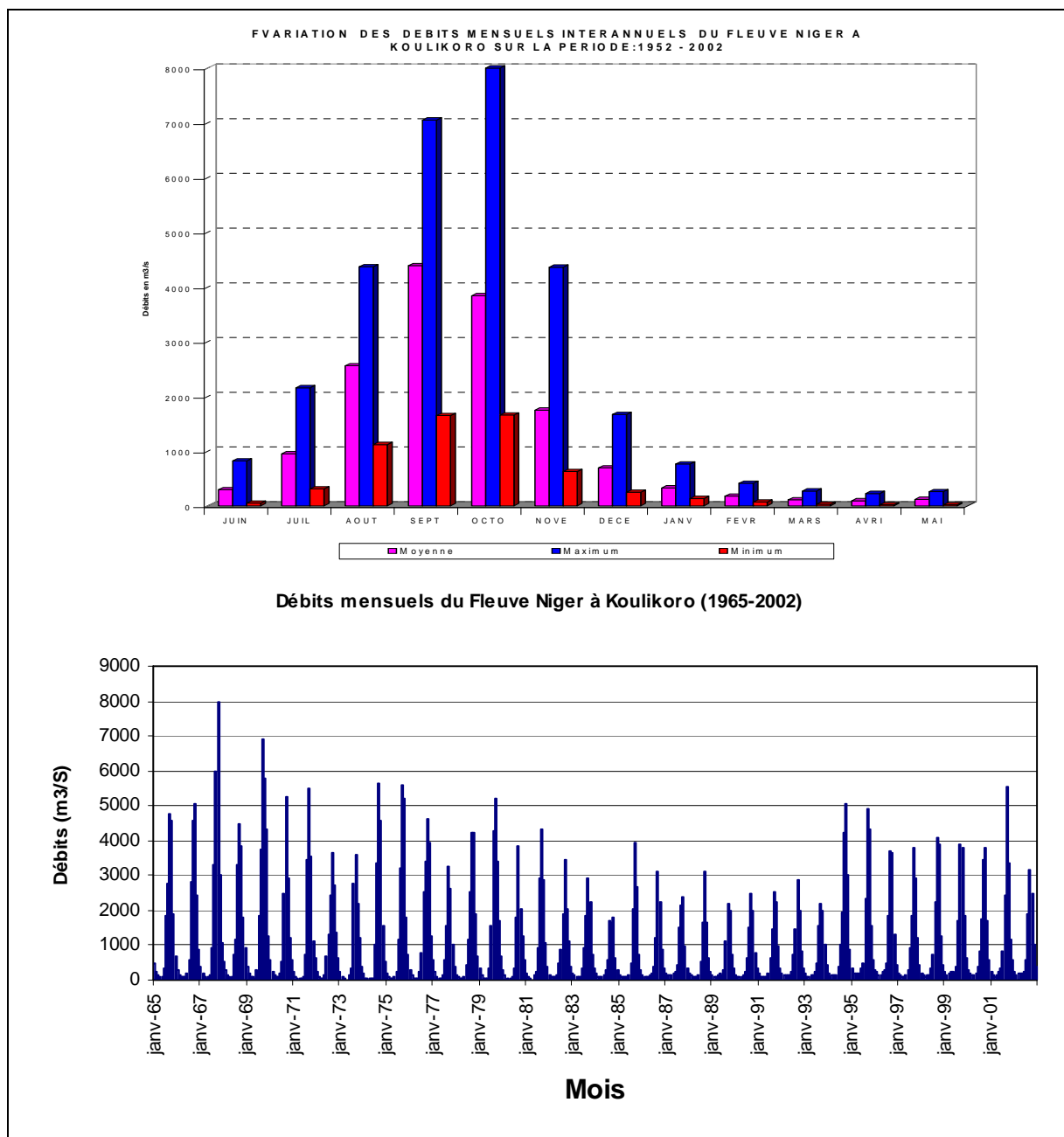


Source DNH

Au Mali, le Bani, affluent majeur a vu ses caractéristiques hydrauliques changer durant ces dix dernières années. La moyenne inter-annuelle est de 478 m<sup>3</sup>, avec une baisse de 6% par rapport à la moyenne de la période 1907/1979. Le débit maximum observé est de 345 m<sup>3</sup>/s en 1964, tandis que pendant la période 1980/1990, le débit a été nul à plusieurs reprises et les 5 dernières années le Bani ne coulait plus pendant les mois d'Avril, Mai et Juin

En ce qui concerne le Sankarani, les crues et les étiages sont artificiels depuis la mise en eau du Barrage de Selingué. A partir de mi-Mars les débits turbinés sont supérieurs à 100 m<sup>3</sup> /s et à 200 m<sup>3</sup>/s à partir de juin.

Fig2. Variation mensuelle des écoulements du fleuve Niger à Koulikoro.

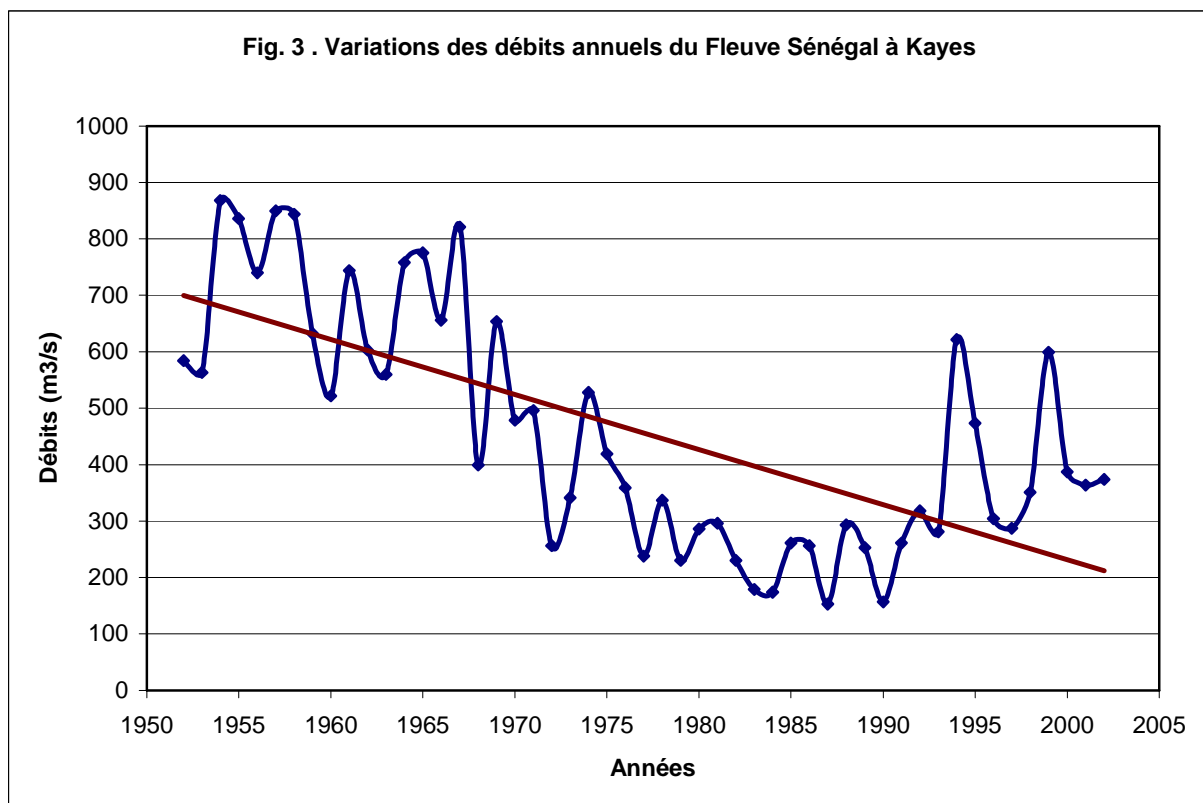


Source DNH

Les mois de Mars, Avril et Mai sont les mois des étiages sévères, tandis que les mois de septembre et octobre représentent la période des plus hautes eaux (fig2). Le maximum de débits inter annuels par mois se situe en octobre à Koulikoro.

### b) Le fleuve Sénégal et ses affluents

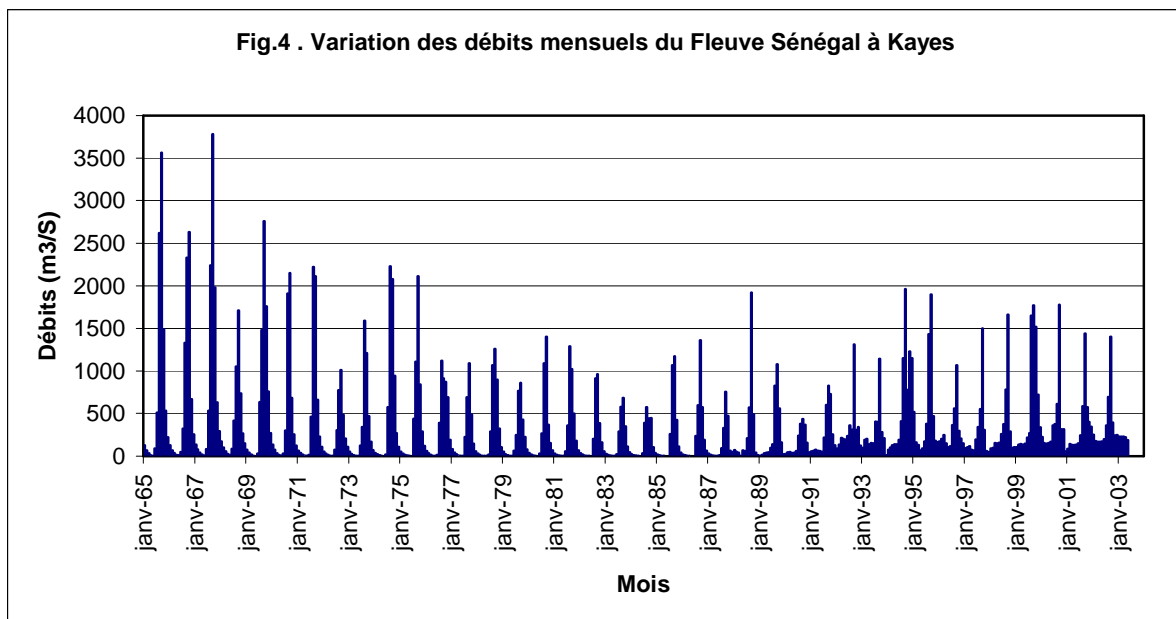
Le bassin du fleuve Sénégal à l'ouest du pays reçoit une pluviométrie moyenne de 550 mm et occupe 10% du territoire national. Il concerne seulement 13% de la population et a un potentiel irrigable au Mali de 15 000 ha. Avec ses principaux affluents (Falémé, Bafing, Bakoye, Baoulé) le volume écoulé moyen est de 10,5 milliards de m<sup>3</sup> à Kayes par an (minimum de 5 milliards). Les débits moyens (fig3) varient de 284 m<sup>3</sup>/s en année décennale sèche à 829 m<sup>3</sup>/s en année décennale humide (minimum de 162 m<sup>3</sup>/s). Les graphiques suivants montrent la variabilité annuelle et mensuelle et la tendance à la baisse des débits du fleuve Sénégal à Kayes au Mali.



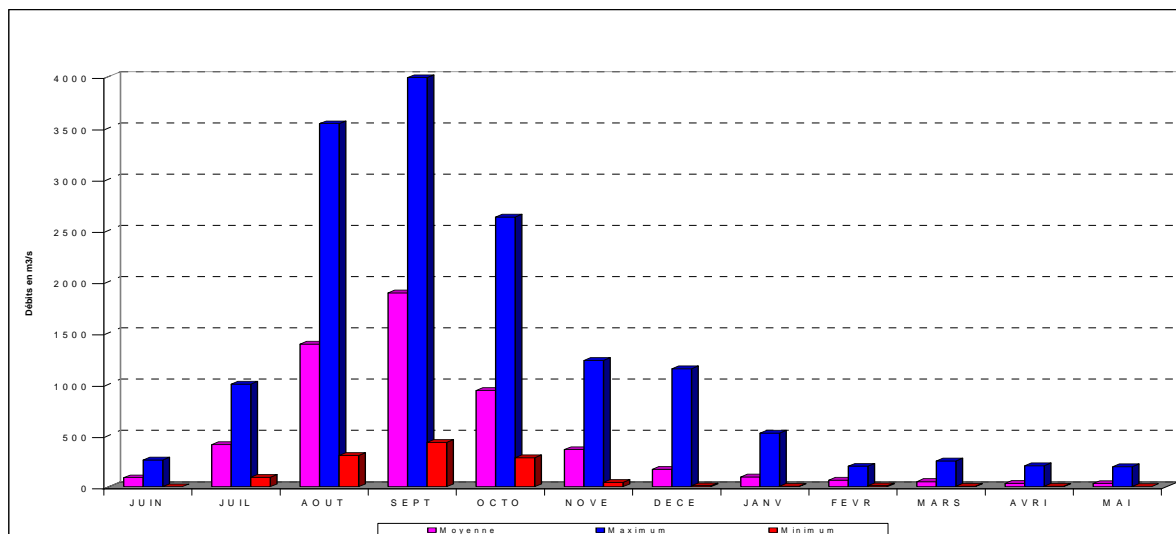
Source DNH

Les débits du fleuve sont contrôlés en grande partie par le barrage de Manantali , avec une retenue de 11 milliards de m<sup>3</sup>. Cet ouvrage commun a été réalisé grâce aux efforts de l'Organisation pour la Mise en Valeur du fleuve Sénégal (OMVS), une organisation regroupant le Mali, la Mauritanie et le Sénégal.

La forte variabilité des débits mensuels et annuels (fig4 et 5) est une caractéristique générale du régime des fleuves au Mali. Les débits de crue peuvent varier dans un rapport de 1 à 10 entre une année sèche et une année humide. D'après les données actuelles de la Direction Nationale de l'Hydraulique (DNH), les apports souterrains pour les cours d'eaux ne représentent qu'une fraction des apports par ruissellement avec des valeurs de 2 à 5 fois plus faibles.



**Fig.5 . Variations des débits mensuels inter annuels du Fleuve Sénégal à Kayes sur la période 1952 – 2002**



Source DNH

La figure 5 montre que le maximum de débits mensuels du fleuve Sénégal se situe au mois de Septembre

**Tab.1 : Superficies des bassins actifs fluviaux occupées par le Mali**

Bassin fluvial	Superficie occupée par le Mali		Populations des bassins fluviaux	
	Superficie Km2	En % de la superficie du pays	Population	En % de la population totale
Niger*	386 000	31	5 200 000	44
Sénégal*	121 000	10	1 500 000	13
Volta**	12 430	1	625 000	5
<b>Total</b>	<b>519 430</b>	<b>42</b>	<b>7 325 000</b>	<b>62</b>

Source : \* Estimation de la Mission ACDI du diagnostic des grands fleuves d'Afrique de l'Ouest

\*\*Banque mondiale

Le déséquilibre dans la localisation des ressources en eau de surfaces pérennes contribue à expliquer l'inégale de l'occupation de l'espace agricole malien.

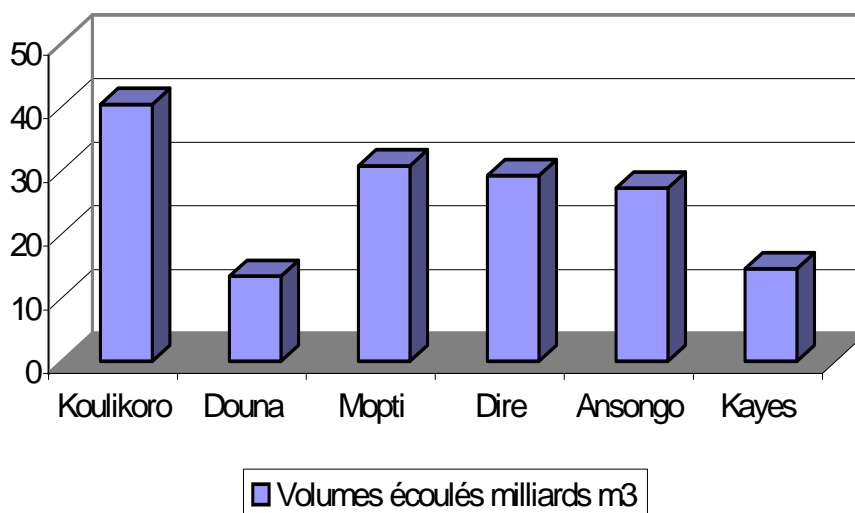
En résumé, il faut signaler que l'essentiel des eaux de surfaces pérennes du Mali est représenté par l'écoulement des fleuves Niger et Sénégal et leurs affluents. Il est aussi important de savoir que les eaux de surface pérennes contribuent pour environ 10 à 15% en volume à l'alimentation en eau des populations, le reste étant couvert par les eaux souterraines (tableau 2 et fig6).

**Tableau .2 . volumes moyens inter-annuels écoulés dans les principaux cours d'eau du Mali entre 1952 et 2002**

Fleuves affluents ou Stations	Modules (m3/s)	Volumes écoulés milliards m3
Niger Koulikoro	1280	40.36608
Bani affluent du Niger Douna	424	13.371264
Niger Mopti	974	30.716064
Niger Dire	926	29.202336
Niger Ansongo	864	27.247104
Sénégal Kayes	461	14.538096

Source DNH, COUREL et al 1997

*Fig. .6 VOLUMES MOYENS INTER-ANNUELS ECOULES DANS LES PRINCIPAUX COURS D'EAU DU MALI PERIODE: 1952 - 2002*



Source DNH, COUREL et al 1997

### 7.1.1.2 Les Ressources en eau de surface non pérennes

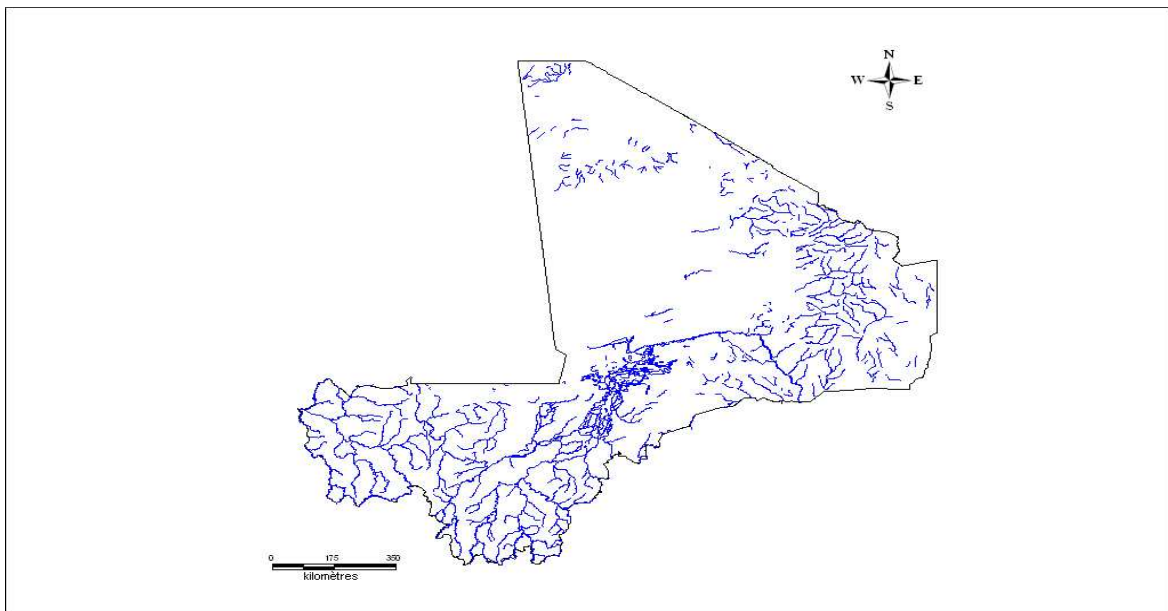
En dehors des deux grands fleuves et leurs affluents évoqués ci-dessus, des ressources en eau de surface non pérennes, c'est à dire des ressources en sites naturels capables (avec ou sans aménagement) de recueillir des ruissellements et de les conserver pendant un certain temps, existent dans presque toutes les régions du pays. Ces ressources au Mali sont particulièrement intéressantes à exploiter pour toutes les régions éloignées des fleuves ; elles permettent par exemple, de prolonger ou retarder un tarissement de nappe, d'augmenter par épandage d'eau les surfaces

irriguées, de constituer des réserves pour les besoins humains et animaux, de faciliter un maraîchage de contre-saison, etc...

De nos jours on a à présent une mauvaise connaissance du régime hydrologique des cours d'eau temporaires (fig7). Les données hydrométriques sur les petits bassins versants au Mali sont extrêmement rares, ce qui ne permet pas d'en assurer une meilleure gestion et envisager des aménagements susceptibles de concilier besoins humains et contraintes physiographiques et hydrologiques.

La campagne de mesures réalisées durant l'hivernage 1991 sur 9 petits bassins de moins 25 km<sup>2</sup> a conclu à des valeurs de coefficient de ruissellement très variables, de 1 à 22 %, selon les conditions pluviométriques, géomorphologiques et de couverture végétale. Les eaux de surface non pérennes, estimées à environ 15 milliards de m<sup>3</sup>, contribuent aussi, mais en proportion variable, à l'alimentation en eau des populations et surtout du bétail. Malgré leur importance, il n'y a malheureusement pas de mesures récentes au Mali sur des petites rivières pour connaître son impact réel au Mali. Il semble important de promouvoir rapidement des mesures sur les petites rivières au Mali, pour aider à répondre plus adéquatement aux besoins d'aménagement à l'échelle des petits bassins versants.

Fig.7 Carte de situation hydrologique du Mali (Source DNH).



### 7.1.2 Les ressources en eaux souterraines, leur répartition géographique et leur quantification

Les ressources en eaux souterraines du Mali sont estimées à plus de 2700 milliards de m<sup>3</sup> de réserves statiques avec un taux annuel de renouvellement évalué à 66 milliards de m<sup>3</sup> représentant la principale source pour l'alimentation en eau potable des populations. Le niveau de mobilisation des ressources en eau souterraine est encore très faible. Aussi la gestion des aquifères transfrontaliers sont nettement insuffisantes en dépit des énormes quantités d'eau (souvent de grande qualité) concernées. L'exploitation des eaux souterraines se fait à travers 15100 forages positifs et 9400 puits modernes à grands diamètres (DNH, 2003). On compte 9 systèmes aquifères correspondant aux différents étages stratigraphiques principaux. Selon les types de gisement on peut distinguer :

- La catégorie des aquifères de **type fissuré** semi – continu ou entièrement discontinus en fonction de la densité, l'extension et le degré d'intercalation des réseaux de fissure affectant la roche encaissante et en fonction des relations hydrauliques avec les nappes situées dans le recouvrement. Ce type d'aquifère se rencontre dans les formations cristallines, cristallophylliennes et sédimentaire du Précambrien et du primaire. Les aquifères semi-continus ou discontinus se rencontrent essentiellement dans les régions Sud (Sikasso), Ouest (Kayes) , Centre ( Koulikoro excepté sa partie Nord-Est, Ségou dans sa partie Sud, Mopti dans sa partie Sud) et Est du pays (zone Sud de la région de Gao et la majeure partie de la région de Kidal dans les massifs de l'Adrar des Iforas) ;
- La catégorie des aquifères de **type généralisé** associés aux formations peu ou pas consolidées, à porosité inter granulaire rencontrées dans les vastes bassins sédimentaires du Secondaire au Quaternaire(Nord-Est de Koulikoro, Centre et Nord de Ségou, Centre et Nord de Mopti, majeure parties de Tombouctou et Gao).

Les systèmes aquifères profonds sont souvent surmontés par des aquifères superficiels dans les formations d'altération latéritiques à la surface des plateaux dans les alluvions et colluvions des plaines et des fonds de vallée. En fonction des épaisseurs, de la pluviométrie et de la géomorphologie, les aquifères superficiels sont soit semi – continus et en liaison hydraulique avec les aquifères profonds, soit discontinus en situation perchée.

Un classement des systèmes aquifères en république du Mali est donné dans le tableau 3 et fig 8 ci-après.

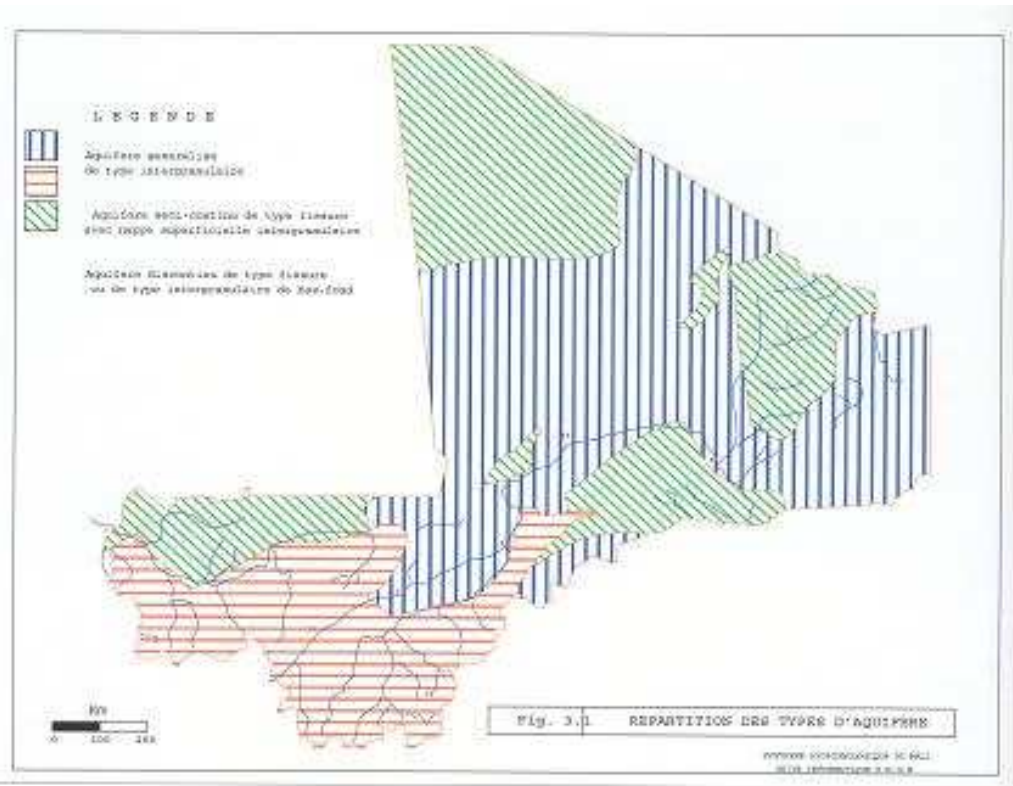
**Tableau 3 .** Classement des systèmes aquifères

Type d'aquifère	Etage stratigraphique	Lithologie dominante	Superficie (Km2)	% superficie du Mali
Aquifères généralisés	Continental terminal et quaternaire	argiles, sables, argiles sableuses, latérites	202 830	16
Aquifères généralisés	Crétacé supérieur et Eocène inférieur	calcaires, marnes	138 910	11
Aquifères généralisés	Continental terminal et intercalaire	sables, argiles, argiles sableuses	208 870	17
Aquifères généralisés	Continental intercalaire	sables, grès, conglomérats	82 320	7
Aquifères fissurés	Primaire Taoudenni	calcaires, grès	112 700	9
Aquifères fissurés	Cambrien	schistes, shales, calcaires, grès	66 060	5
Aquifères fissurés	Infracambrien tabulaire	grès, grès schisteux, schistes	174 810	14
Aquifères fissurés	Infracambrien plissé métamorphique	Schistes, calcaires, quartzites	97 420	8
Aquifères fissurés	Socle granitique et métamorphique	granites, grauwackes, micaschistes, schistes	156 080	13
Aquifères superficiels	Quaternaire	latérites, argiles, sables, graviers	Dispersés	-

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

Les aquifères généralisés caractérisés par une perméabilité de type inter granulaire et par des nappes continues couvrent la majeure partie des régions sahéliennes et désertiques de l'Est et Nord du Mali pour une superficie totale de plus de 630 000 km<sup>2</sup> soit 51 % du territoire. Les aquifères de fissures sont principalement rencontrés dans les régions soudaniennes et soudano – sahéliennes occupant 49 % du pays.

**Fig. 8. Répartition des aquifères principaux en République du Mali**



Source DNH 04

Dans les aquifères fissurés, les taux de réussite en forages productifs sont très variables, entre 40 et plus de 80%, et montrent que dans ce type d'aquifères, peuvent coexister des secteurs où les nappes sont discontinues et d'autres où elles sont semi-continues avec des réseaux de fissures denses et bien interconnectés. Les aquifères généralisés sont caractérisés par des taux de réussite très élevés, voisins de 100%.

Les débits moyens des forages dans les aquifères fissurés sont de l'ordre de 5 à 6 m<sup>3</sup>/h avec des débits spécifiques moyens variant entre 0.4 et 2.1 m<sup>3</sup>/h/m. Les transmissivités sont variables à l'échelle régionale allant de 0.00001 à 0.0003 m<sup>2</sup>/s avec des valeurs moyennes de l'ordre de 0.00005 m<sup>2</sup>/s.

Au niveau des aquifères généralisés, les débits moyens des forages sont de l'ordre de 7.7 m<sup>3</sup>/h avec plus de 20% des forages répertoriés dépassant les 20 m<sup>3</sup>/h. Les débits spécifiques sont généralement compris entre 5 et 10 m<sup>3</sup>/h/m. Souvent de type multicouche et semi-libres, ces aquifères ont des transmissivités fréquemment supérieures à 0.001 m<sup>2</sup>/s dans la partie supérieure, captée par les forages actuels.

## **7.2 Mise en valeur des ressources en eau au Mali**

Le Mali dispose d'un important potentiel hydrique. Ce potentiel, s'il est mobilisé avec des aménagements conséquents, permettra de satisfaire à très long terme les besoins du pays en matière d'approvisionnement en eau potable, d'irrigation et de production hydroélectrique. De nos jours, les besoins en eau du Mali, tous usages confondus, sont évalués approximativement à un peu plus de **6 milliards de m<sup>3</sup>** par an, dont 1 % pour l'approvisionnement en eau potable des populations, 1 % pour le cheptel et 98 % pour l'agriculture et les autres usages.

### **7.2.1 Eaux de surface**

Les cours d'eau dans les bassins desquels vit la presque totalité de la population du Mali jouent un rôle essentiel dans l'économie du Mali. Ils sont les moteurs du développement des activités économiques que sont : l'adduction en eau potable, l'agriculture, l'élevage, la pêche, l'industrie, le transport et l'artisanat. Les autres activités comme le tourisme et l'exploitation minière bénéficient des bienfaits de ces cours d'eau et de leurs affluents.

Sur le plan de l'adduction en eau potable, il faut dire que les principales villes du Mali possèdent un système d'approvisionnement en eau potable alimenté soit directement par le fleuve ou indirectement à partir de nappes phréatiques alimentées par les eaux du fleuve.

Les bassins des cours d'eau au Mali renferment les plus grands projets du pays en matière de production agro-pastorale. La production agricole irriguée (riz, surtout blé, cultures maraîchères) y est concentrée.

Sur le plan de l'Agriculture, le Mali tire profit du potentiel offert par le fleuve Niger traversant son territoire en bonne partie aride et non propice à la culture pluviale. On trouve principalement l'irrigation de surface, pratiquée sous trois formes et sur une période de sept mois, de juin à décembre : 1) la maîtrise totale, 2) la submersion contrôlée, et 3) la culture de décrue. La maîtrise totale occupe environ 80 000 ha, dont 57 000 ha dans les aménagements de l'Office du Niger qui fournit à lui seul 45% de la production nationale de riz. La submersion contrôlée occupe environ 90 000 ha dans les plaines d'inondation des régions de Ségou et de Mopti et dans les mares de la région de Tombouctou. La culture de décrue, pratiquée dans les lacs et mares de la région de Tombouctou, occupe quelque 60 000 ha. Sur le reste du pays, plus de 700 petits barrages utilisant les ressources en eau non pérennes ont été construits et de nombreux aménagements de bas-fonds ont été réalisés, souvent avec l'aide d'ONG. Il existe ainsi au Mali des terres d'une

superficie globale estimée à 230 000 ha bénéficiant des eaux du fleuve à différents degrés, sans compter la culture maraîchère et arboricole très répandue à proximité des agglomérations urbaines.

Sur le plan de l'élevage, les vallées du fleuve et de ses affluents servent de zones de repli pour la majorité du cheptel malien en saison sèche où de vastes superficies sont couvertes de végétation abondante (bourgoutières par exemple) ; l'importance de ces pâturages dépend du niveau et de la durée des crues. Le delta intérieur en particulier attire de grands troupeaux à cause de l'abondance de fourrage, notamment le bourgou. On estime à environ 200.000 m<sup>3</sup>/j soit 75 millions de m<sup>3</sup>/an les besoins actuels du cheptel pour un effectif global de 5,64 millions d'UBT; environ 10 à 15% de ces besoins seraient couverts par les eaux de surface

La pêche est pratiquée un peu partout mais ses principaux centres sont le delta Intérieur du Niger. La production nationale varie de moins de 40 000 tonnes en année sèche comme en 1984 à plus de 100 000 tonnes en moyenne (1994) ou humide (1970). Le réservoir de Manantali sur le fleuve Sénégal a permis la création de ressources halieutiques non négligeables et leur exploitation par 300 pêcheurs. Le site est, avec le delta intérieur du Niger et le lac de Sélingué, un des trois pôles de concentration du potentiel halieutique du pays.

La navigation est surtout développée sur le tronçon Koulikoro\_Gao (1308 km) du Fleuve Niger pendant la période juillet – décembre par la compagnie Malienne de Navigation (COMANAV) avec un trafic annuel moyen estimé à 15 000 passagers et 15000 tonnes et toute l'année par les petites et grosses pirogues (pinasses). Concernant le fleuve Sénégal, le Mali est le pays membre de l'OMVS qui s'intéresse le plus à sa navigabilité. Le transport fluvial sur les 950 km entre Saint-Louis et Ambidedi servirait au désenclavement de sa zone occidentale.

Concernant la production énergétique, on dénombre dans le bassin du fleuve Niger deux centrales hydroélectriques, l'une au barrage de Sélingué sur le Sankarani et l'autre sur une dérivation du fleuve à Sotuba, près de Bamako. À la première, la puissance installée et la production annuelle moyenne sont de 44 MW pour 180 GWh, et à la deuxième, de 5,4 MW pour 40 GWh. L'énergie produite par les deux centrales (220 GWh/an) répond à quelque 40% de la demande d'énergie électrique du pays. On dénombre d'autres sites identifiés et/ou étudiés non encore équipés représentant un potentiel total de 329 MW.

Le bassin du fleuve Sénégal recèle de grandes potentialités en énergie hydroélectrique. Seuls deux sites ont été mis en valeur : Manantali sur le Bafing

avec un potentiel de 200 MW et Félou (0,6 MW). La production moyenne d'énergie à Manantali est estimée à 800 GWh/an. Il existe deux sites où les eaux lâchées de Manantali pourraient être returbines. Il s'agit des chutes de Gouina et de Felou, situées sur le fleuve entre la confluence des rivières Bafing et Bakoyé et la ville de Kayes. Le site de félou avec une possibilité de mise en valeur pouvant être portée à 62 MW ; énergie moyenne prévisionnelle : 320 GWh/an. Les autres sites étudiés non équipés ont une puissance installée variant de 383 MW (énergie moyenne prévisionnelle de 2077 GWh/an) à 458 MW (2344 GWh/an).

### **7.2.2 Eaux souterraines et secteurs économiques du Mali**

#### **• Secteur de l'agriculture**

Dans le secteur de l'agriculture, l'utilisation des eaux souterraines au Mali fait face à plusieurs contraintes dont les principales sont :

- difficultés de localisation des aquifères par rapport aux sites de cultures dans les zones d'aquifères discontinus, fortement compartimentés et avec de forts taux d'échec ;
- faibles débits unitaires qui sont souvent inférieurs à  $5\text{m}^3/\text{h}$  ;
- coûts d'exhaure très élevés dans le cadre de l'exploitation des eaux souterraines pour des fins agricoles.

Actuellement, les ressources en eaux souterraines dans le secteur de l'agriculture sont principalement utilisées dans le domaine du maraîchage.

Les besoins du cheptel au Mali sont estimés à environ 75 millions de  $\text{m}^3/\text{an}$  pour un effectif global de 5,64 millions d'UBT. La plus grande difficulté à laquelle il faut faire face dans le cadre de l'utilisation des eaux souterraines dans le domaine pastoral est celle de leur répartition spatiale inadéquate. On observe souvent une dichotomie entre la localisation des points d'eau et celle des pâturages, ce qui fait que l'eau peu se trouver en abondance en des lieux de pauvre pâturage et inversement.

#### **• Secteur de l'industrie**

La plupart des usines du pays sont localisées dans la ville de Bamako et environs et bénéficient des services du réseau de la société Energie du Mali à partir des eaux de surface du Fleuve Niger. Par ailleurs, il existe à travers le pays des industries alimentées à partir des eaux souterraines. Elles sont essentiellement dans les domaines agroalimentaires (Brasseries, huileries, boucheries), textile (fabrique de tissus, égrenage de coton ), minier (Mines d'or), hôtellerie. La consommation quotidienne en eaux souterraines de l'ensemble de toutes ces industries en dehors du domaine minier est estimé à plus de  $3000\text{m}^3/\text{j}$  . Il n'y a pas de données sur les

consommations en eaux souterraines des sociétés d'exploitation minière. Néanmoins cette consommation devra être assez élevée malgré que, la principale usine (Mine de Sadiola) utilise en partie l'eau de surface (à partir du fleuve Sénégal).

- **Secteur de l'artisanat**

Dans ce domaine, la plupart des acteurs, y compris dans les grandes villes préfèrent utiliser les eaux souterraines des puits ce qui revient moins cher que l'utilisation de branchements à des réseaux d'adduction d'eau quand ils existent. Les principaux utilisateurs à ce niveau sont les groupements de teintureries, les forgerons et les cordonniers. Malheureusement il n'existe aucune donnée fiable à l'étape actuelle permettant de quantifier la sollicitation des nappes souterraines dans ce secteur.

### 7.3 Protection et prévention des nuisances liées à l'eau au Mali.

#### 7.3.1 Qualité des eaux de surface

En ne considérant que quelques paramètres essentiels indicateurs de pollution à savoir l'oxygène dissous ; le nitrate ; l'azote et le phosphate ( $O_2$ ;  $NO_3^-$ ;  $NH_4^+$ ;  $PO_4^{3-}$ ), il est possible de tirer quelques conclusions sur la qualité des eaux de surface (tableau.4).

**Tableau .4. Paramètres de qualité des eaux de surface**

Année	Paramètre Valeur moyenne / Normes OMS									
	Oxygène dissous		$NO_3^-$ mg/l		$NH_4^+$ mg/l		$PO_4^{3-}$ mg/l		Coliformes totaux (système addition) sans Colonies / 100 ml	
1980	12	-	0,01	-	0,00	0,5	0,00	-	-	10
1996	8	-	0,05	-	0,1	0,5	-	-	> 100	10
1999	6,7	-	1,2	-	0,11	0,5	0,11	-	-	10

Source MSSPA 1990, MSPA 1997

Dans l'ensemble, on constate une détérioration de la qualité des eaux de surface d'année en année. La teneur en phosphate – indicateur important pour la prolifération des plantes aquatiques qui était presque nulle en 1980 a atteint en 1999 le taux de 0,11 mg/l, d'après les données fournies par le laboratoire de la qualité des eaux de la Direction Nationale de l'Hydraulique.

Malgré la détérioration continue de la qualité des eaux de surface, il faut dire que, les résultats des mesures ponctuelles disponibles ne montrent pas pour le moment la présence d'une pollution physico-chimique alarmante des eaux. Elles ont par

contre une mauvaise qualité bactériologique (coliformes totaux et fécaux >100 colonies pour 100 ml) et ne sont donc pas propres pour la consommation sans traitement préalable. Elles peuvent toutefois être utilisées sans danger pour le lavage corporel, les sports et loisirs.

En conclusion, le constat amer qui s'impose est que, les principaux cours d'eau et leurs affluents, malgré leur pouvoir auto-épurateur lié à l'hydraulicité, sont de plus en plus sujets à diverses sources de pression exacerbant le phénomène de pollution des eaux de surface. Il s'agit :

- des déchets organiques humains et animaux : eaux usées domestiques ; eaux issues d'activités artisanales (teinturerie, tannage) ; eaux des abattoirs etc...
- des engrais organiques et chimiques et des produits phytosanitaires provenant des périmètres agricoles ;
- des rejets ou effluents industriels souvent non contrôlés au niveau des centres urbains ;
- des ordures et autres déchets solides provenant des ménages et des rues déversées dans le lit des fleuves.

### **7.3.2 Qualité des eaux souterraines**

Du point de vue hydro-chimique, le territoire de la République du Mali peut être divisé en trois zones :

- La zone Ouest, Centre Ouest et Sud du pays : elle regroupe les régions de Kayes, Koulikoro, Sikasso et Ségou. Les eaux dans cette zone sont généralement peu minéralisées avec des résidus secs inférieurs 0,4 mg/l (conductivités électriques inférieures à 500 $\mu$ S/cm). Particulièrement, la plupart des eaux souterraines dans le Mali sud (région de Sikasso) sont acides.
- La zone centre du pays (région de Mopti) : les eaux souterraines, contenues dans les formations du Continental Intercalaire et du Continental Terminal (aquifères généralisés) sont en général plus minéralisées que dans la zone sud et ouest. La partie centrale du delta actif du fleuve Niger constitue une exception. Effectivement, à ce niveau les eaux souterraines sont beaucoup plus douces. La zone est caractérisée par des eaux bicarbonatées, calciques et magnésiennes avec un pH globalement neutre à légèrement basique.
- La zone Est et Nord du pays (régions de Tombouctou, Gao et Kidal), les eaux souterraines provenant des aquifères généralisés sont souvent des eaux fossiles et sont en général beaucoup plus minéralisées que dans le reste du pays. Les conductivités électriques dépassent le plus souvent 1000 $\mu$ S/cm,

dépassant localement  $5000\mu\text{S}/\text{cm}$  et atteignant  $50000\mu\text{S}/\text{cm}$  dans les zones désertiques au Nord d'Arouane et dans la cuvette de Taoudenni. Les eaux de cette zone Est et Nord sont en général très chargées en chlorures, sulfates, sodium et magnésium. Elles sont basiques à légèrement acides en fonction de la décroissance de la minéralisation.

- D'une manière générale, les nappes d'eaux souterraines du Mali sont peu ou pas affectées par la pollution qui est due essentiellement aux activités humaines. Néanmoins il faut signaler qu'au niveau de grandes villes et dans des zones où les activités agricoles sont fortement tributaires de l'utilisation d'engrais et de pesticides, des cas de pollution ont été observés. Ces cas de pollution concernent principalement les nappes phréatiques peu profondes dans les alluvions et altérites. D'autres risques de pollution existent, quand on sait qu'il existe des liaisons hydrauliques entre ces nappes et celles profondes dans les roches fissurées qui les drainent.

Le cas de pollution le mieux étudié et le plus avéré est celui de la nappe phréatique de la ville de Bamako qui a fait l'objet de plusieurs études (ENI – 1991 ; ENI-INRS EAU –1991 ; IWACO B.V. – 1996 ; DNH). Ces études ont montré que, les teneurs en nitrate dans la nappe phréatique de Bamako est en général très supérieure aux normes eau potable. Ce nitrate provient essentiellement de l'infiltration des eaux usées des fosses et latrines. Malheureusement, on ne dispose pas de séries de mesures continues en des points d'observation pour permettre d'illustrer la variation des teneurs en nitrates.

#### **7.4 Stratégies d'adaptation existantes dans le secteur des ressources en eau**

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.

La gestion des ressources en eau en voie de diminution sous l'effet conjugué des changements climatiques néfaste et l'augmentation de la demande de plus en plus croissante nécessaire à la satisfaction des besoins en eau aussi variés, doit s'appuyer sur les opportunités naturelles afin de minimiser le poids des coûts difficilement supportables par une économie en quête de souffles.

Face à la pénurie d'eau suite aux années déficitaires en pluies, 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 surface des principaux cours d'eau.

Cette politique a fait ces preuves, malgré les insuffisances relevés dans le schéma directeur de mise en valeur des ressources en eau du Mali.

Aussi dans le cadre d'un changement climatique ces options sont à poursuivre en corrigeant les insuffisances. Il s'agit entre autres options/

**a) Réalisation d'ouvrages :**

- La réalisation de points d'eau pour la couverture totale des besoins en eau des populations rurales ;
- La réalisation de systèmes d'aduction d'eau pour la couverture totale des besoins des populations urbaines ;
- Le surcreusement de mares et puits pour le cheptel ;
- La réalisation de petits barrages de retenues d'eau pour l'agriculture et la recharge des nappes d'eau souterraine ;
- La réalisation de barrages de régularisation du régime des cours d'eau permanents.

**b) 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,
- Aussi le développement des systèmes de récupération des eaux de pluies des toits d'habitations à des fins domestiques ;
- 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 .

**c) Protection contre les inondations.**

- Aménagement des berges des cours d'eau constitue un vivier de protection des ressources hydriques
- Constructions de caniveaux 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 des eaux.

**d) Protection contre la pollution.**

- Réseau de suivi de la qualité des eaux.
- Protection des cours d'eau du versement des ordures et eaux usées .

**e) Recherche Education.**

- Evaluation quantitative et qualitative des ressources renouvelables en vue d'améliorer le niveau des connaissances tant sur les eaux de surfaces 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.

**7.5 Forces et faiblesses des stratégies d'adaptation existantes des ressources en eau.**

Le tableau ci-dessous donne les forces et faiblesses des stratégies d'adaptation des ressources en eau en cours au Mali

<b>STRATEGIES</b>	<b>FORCES</b>	<b>FAIBLESSES</b>
Inventaires des ressources en eau au Mali	Informations disponibles sur les grands cours d'eau (eaux de surface)	-Insuffisance d'informations sur les rivières , marigots et les eaux souterraines. -faible alimentation des aquifères liée au régime pluviométrique variable -les cours d'eau permanents sont concentrés au Sud et Centre du pays.
Stratégies d'adaptation des ressources en eau : -Hydraulique villageoise et pastorale	-Construction des ouvrages et des points d'eau équipés de pompes manuelles	-Mauvaise gestion des pompes -Insuffisance des pièces de

-Hydraulique urbaine	-Surcreusement des marres et puits pour le cheptel  -Systeme d'adduction d'eau de surface -Forages à gros debits -Realisation de barrage de regulation du regime des cours d'eau	rechange -Insuffisance de formation et de sensibilisation de la population -Tres peu d'ouvrages -Tres couteux et entretien difficile
-hydraulique agricole	-Construction des retenues d'eau -Amenagement des terres pour la rizicultures et le maraichage	-Nombre insuffisant -Mauvaise gestion -redevance trop chere pour les utilisateurs
-Strategies locales	-Existance de strategies locales	- Absence de coordination au niveau local
-Strategies institutionnelles	-Existance de plusieurs programmes et plans nationaux et internationaux de gestion des ressoiurces en eau	-Faible encrage institutionnel pour la mise en œuvre des stratégies d'adaptation, -Manque ou insuffisance de données, -Insuffisance de formation d'experts nationaux

En conclusion la projection des paramètres climatiques (température, précipitation) suivant les tendances observés 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 imputables à la hausse de la concentration de dioxyde de carbone, dans l'atmosphère, et sur la base des résultats des Modèles de Circulations Generales (MCG), l'on observera à l'horizon 2025 une élévation de température de plus de 2°C et une dimunition de la pluviométrie d'environ 15% par rapport à la moyenne 1961-1990.

Un tel scénario se caractérisera par la fréquence de desèchement des cours d'eau occasionnant l'occupation des lits majeurs de ces cours d'eau (habitations, agriculture sèche). En cas d'inondation pour les années exceptionnelles les consequences seront très graves pour ces occupants.

En outre, l'importante disponibilité des ressources en eau au Mali couvrira les besoins croissant en eau suite à l'augmentation de la population et des surfaces

irriguées. Cependant la mise en valeur de ces ressources nécessitera des coûts relativement importants. Les options d'adaptation aux changements climatiques dans le Bassin du Niger devront alors être orientées sur une meilleure gestion des ressources en eau. Qui s'appuiera sur :

- Une meilleure connaissance des ressources ;
- La création de points 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 des fleuves ;

## **VIII -DEFINITION DES STRATEGIES D'ADAPTATION DES RESSOURCES EN EAU ET RENFORCEMENT DES CAPACITES**

Les ressources en eau , bien que théoriquement abondantes au Mali, sont fortement menacées, entre autres par les gaspillages et/ou la gestion non rationnelle des réseaux d'irrigation (notamment au niveau des grands systèmes d'irrigation tels que l'Office du Niger), par la sédimentation et/ou l'ensablement des cours d'eau, des lacs et des mares, des plaines inondables et/ou les pollutions diverses ( pertes annuelles estimées à 30.000 milliards de m<sup>3</sup> d'eau dans le delta intérieur du Niger; dépôt annuel de 13 millions de tonnes de limon au niveau des grands cours d'eau). Aussi, elles sont menacées par la pollution des eaux de surface, mais également des nappes phréatiques profondes près des lieux de concentration de population (déversements d'eaux domestiques usées et industrielles et déchets ménagers dans les rivières et fleuves) .

Les phases successives de sécheresses et d'aridité qui ont sévi dans le pays au cours de ces 30 dernières années ont largement affecté les eaux de surface, et les surfaces inondables. A titre d'exemple, le Delta Intérieur du Niger qui mesurait 30 000 Km<sup>2</sup> en 1980, est réduit à près de 5 000 Km<sup>2</sup> actuellement (DNH 2004). Le débit moyen du fleuve Niger qui atteignait 1300 m<sup>3</sup> en 1978, n'était plus que de 895 m<sup>3</sup> en 2002 pour un volume moyen de 46 milliards de m<sup>3</sup> par an, sur la période allant de 1907 à 2002

Le degré de vulnérabilité des populations et l'exploitation des ressources en eau nécessite une stratégie de gestion concertée et rationnelle de ces ressources. à savoir :

- la sensibilisation des populations ;
- La diffusion de technologies générées par la recherche appliquée dans l'agriculture, la foresterie et l'élevage ;

- la protection des eaux contre la pollution de toute origine (rejets urbains, industriels, agricoles) ;
- la gestion intégrée des ressources en eau pour prendre en compte les spécificités des différents usagers ;
- le renforcement de la coopération sous-régionale en matière de gestion des ressources en eau transfrontalières.

L'analyse des différentes études menées a abouti entre autres à des stratégies d'adaptation afin de satisfaire les besoins en eau :

- Maîtrise totale de l'eau par irrigation ou par forages ( réalisation de barrages de retenue d'eau en vue de réguler le débit des fleuves ; surcreusement de puits et mares) ;
- Utilisation de variétés culturales adaptées aux changements climatiques (valorisation des ressources génétiques locales notamment leur faculté d'adaptation aux changements des conditions de culture qu'est la photosensibilité) ;
- Pratique de techniques culturales assurant une meilleure économie d'eau dans le sol ;
- Etablissement d'un système opérationnel d'élaboration et de dissémination des informations et conseils agrométéorologiques au monde rural ;

### **8.1 -Stratégies d'adaptation au niveau local et individuel**

Dans les zones où les déficits pluviométriques ont abouti à des situations de sécheresse, le problème de l'eau de boisson humaine et animale se pose avec acuité. Les sources d'approvisionnement naturelles en eau des communautés constituées par les eaux de surface et les eaux souterraines superficielles alimentées par les pluies seront amoindries et les populations s'adaptent en transportant et en stockant l'eau et en procédant à des forages aboutissant aux nappes superficielles, ces travaux sont proportionnels aux capacités et aux techniques locales. Les coûts que nécessitent ces activités constituent un facteur limitant et l'approvisionnement sera certainement insuffisant.

Au niveau des rizières et des potagers, les populations locales résolvent par l'irrigation, les insuffisances de la hauteurs des crues et de leur durée qui se sont accentuées ces dernières années. Il faut souligner que les espèces animales et végétales sauvages sont rarement prises en compte dans les stratégies locales en période de risque.

Actuellement les aires de pêche ont subi des modifications importantes qui ont influé fortement sur les activités de pêche et le stock de poissons dans les fleuves. Au niveau des barrages, la diminution de la quantité d'eau dans le fleuve a entraîné des fois en dehors du lac de retenue une réduction des surfaces inondées qui a induit le retour de toutes les espèces de poisson dans le lit mineur du fleuve. Ce mouvement de la ressource a entraîné une diminution des captures. Les mouvements de populations de pêcheurs vers d'autres sites, est une adaptation aux nouvelles situations créées.

Cette situation qui est entrain de perdurer, fait courir le risque d'aboutir à une diminution des surfaces de phréage et à une modification des macrocytes aquatiques, ce qui posera le problème de nourriture et de renouvellement de la ressource. La diminution de la ressource en qualité et en quantité poussera les pêcheurs à adapter les engins et les méthodes de pêche et ceci aboutira à terme à une surexploitation de la ressource qui entraînera à son tour une altération du stock. Comme en cas de toute pénurie, il faut s'attendre à des tensions entre les communautés. Des essais de pisciculture ont été menés avec l'appui des ONG, du Gouvernement, pour assurer la durabilité et la capacité de régénération de la ressource.

Une stratégie de survie des populations rurales en période de sécheresse prolongée reste les déplacements limités qui les rapprochent des points d'eau, des centres locaux où leurs activités peuvent encore être pratiquées et des centres d'approvisionnement. L'exode rural qui les conduit dans les centres urbains voire à l'extérieur du pays est aussi une conséquence courante des perturbations des systèmes classiques de productions fortement liés à la disponibilité de la ressource. Dans les cas de pénuries ou de dislocation des systèmes de productions ruraux, certaines activités traditionnellement secondaires comme la coupe de bois prennent une grande importance. Ainsi les acteurs de tous les secteurs dont la productivité a baissé ont tendance à s'y adonner notamment dans les zones situées à proximité des grands centres urbains comme Bamako et elle jouera momentanément le rôle d'une source de revenus mais seulement à cours terme, car le plateau forestier ne tiendra pas longtemps devant une pression accrue et qui plus est en période de sécheresse. Des techniques ancestrales permettent des fois de réguler les cours d'eau ou de stocker de l'eau par des digues et des petits barrages pour la consommation et le maraîchage. Ces procédés les obligent à utiliser des variétés peu exigeantes en matière d'eau. La diminution des surfaces cultivables et leur localisation dans les bas-fonds sont autant de stratégies d'adaptations.

## **8.2 -Stratégies d'adaptation au niveau institutionnel**

Les stratégies d'adaptation des populations aux effets des changements climatiques s'accompagnent de grands programmes et de conventions adoptés par le pays. Il s'agit entre autres :

- Des objectifs du millénaire pour un développement durable OMD :

En 2001, le PNUD a fixé les objectifs du millénaire pour un développement durable. Ces objectifs ont été adoptés par le Gouvernement du Mali. Le septième objectif du millénaire est consacré à la durabilité des ressources environnementales. Cet objectif vise trois cibles ;

- Intégrer les principes du développement durable dans les politiques nationales et inverser la tendance actuelle à la déperdition des ressources environnementales.
- D'ici 2015, réduire de moitié le pourcentage de la population privé d'un accès régulier à l'eau potable ;
- Parvenir d'ici 2020 à améliorer sensiblement la vie d'au moins 100 millions d'habitants de taudis.

- Du nouveau partenariat pour le développement de l'Afrique NEPAD :

Comme les objectifs du Millénaire, le Mali a aussi adopté le nouveau partenariat pour le développement de l'Afrique.

Dans ses objectifs à moyen et long terme le nouveau partenariat pour l'Afrique NEPAD, réserve le troisième et quatrième points au développement humain durable, à l'environnement et aux infrastructures. Ces points traduisent en partie la prise en compte des changements climatiques et de leurs conséquences dans les objectifs de développement.

- De l'étude Nationale Prospective « Mali 2025 :

La prise en compte des changements climatiques dans les plan, programme et stratégie de développement du Mali se justifie à travers la vision exprimée par les citoyens en 1998, sur l'image du « Futur du Mali ». Une vision consensuelle sur le devenir du pays à l'horizon 2025 a été construite autour des aspirations des individus à partir de l'Etude Nationale Prospective « Mali 2025 ». L'enquête menée sur l'ensemble du territoire a révélé que pour la majorité des maliens, les trois défis environnementaux majeurs à long terme sont :

- l'amélioration du cadre de vie des populations ;
- Un changement de comportement des populations vis à vis de l'environnement avec une participation aux efforts de protection ;
- La gestion des informations fiables sur l'environnement.

Les résultats de la même étude font ressortir que les maliens considèrent le réchauffement de la terre et la pollution, comme les grandes menaces pour

l'environnement. Les résultats de l'étude ont été adoptés en conseil des ministres par le gouvernement du Mali.

- Du Cadre Stratégique de Lutte contre la Pauvreté (CSLP) :

Plus récemment, le Mali a adopté en mai 2002 pour un horizon de moyen terme (2002 – 2006), son Cadre Stratégique de Lutte contre la Pauvreté (CSLP). Le Gouvernement a décidé de faire du Cadre Stratégique de Lutte contre la Pauvreté (CSLP) le cadre unique de ses politiques et stratégies à moyen terme et le principal document de négociation avec l'ensemble des partenaires techniques et financiers.

Les axes du CSLP portent sur :

- le développement institutionnel et l'amélioration de la gouvernance et de la participation (Axe 1) ;
- le développement des ressources humaines et de l'accès aux services sociaux de base (Axe 2) ;
- le développement des infrastructures de base et des secteurs productifs (Axe 3) .

Les axes 2 et 3 respectivement dans leur 4<sup>ème</sup> et 1<sup>ère</sup> composantes se rapportent à l'environnement et aux changements climatiques. L'une des composantes à trait à l'environnement et au cadre de vie et l'autre concerne le développement rural et les ressources naturelles.

L'élaboration du PANA s'inscrira dans le cadre donc de la lutte contre la pauvreté et les programmes seront inscrits dans les axes du CSLP et contribueront à la réalisation des différentes composantes de ces axes.

- Du programme triennal d'investissement (PTI) :

L'exercice de planification du développement économique et social repose au Mali sur l'élaboration et la mise en œuvre d'un programme triennal d'investissement (PTI). Ce processus de planification basé sur une révision annuelle des prévisions d'investissement s'étend sur 3 ans, avec un glissement annuel tous les ans. Ce programme comporte l'ensemble des projets éligibles au financement public et qui à ce titre sont considérés prioritaires pour le développement du pays. Seront alors pris en compte les projets et programmes qui visent l'environnement, le cadre de vie et les ressources naturelles. Toutefois certaines composantes telles que les activités génératrices de revenus, lorsqu'elles sont en liaison avec l'adaptation aux changements climatiques seront prises en compte.

- De la stratégie de l'énergie domestique afin de rationaliser la demande et l'offre en bois de chauffe ;
- Du programme regional AGRHYMET;

Le renforcement des capacités des pays en équipement et en personnel qualifié afin de développer des outils appropriés de gestion des ressources.

- Du programme de pluies provoquées de la Direction Nationale de la Meteorologie ;

Les activités de pluies provoquées vont demarrer au Mali en 2006 afin de reduire les poches de secheresse pour l'agriculture et de contribuer au remplissage des barrages et retnues d'eau à des fins d'hydroelectricité et de cultures de contre saison.

- De la Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE)

La gestion intégrée des ressources en eau (GIRE) est une approche de gestion concertée entre les acteurs en vue d'une utilisation judicieuse et rationnelle des ressources en eau. Elle a été inspirée par la conférence des Nations Unies sur la Terre tenue à Rio de Janeiro (Brésil) en 1992. La GIRE s'appuie sur un certain nombre de principes : la gestion intégrée et l'accès à l'eau, la protection de l'environnement et les risques liés à l'eau , ; la participation des populations dans la gestion des eaux par le transfert de certaines compétences aux collectivités décentralisées.. Le Mali , en reconnaissant les valeurs de l'eau a intégré l'approche GIRE dans sa politique nationale de l'eau depuis 2004 et a élaboré un Plan d'Action pour la Gestion Intégrée ds Ressources en Eau (PAGIRE) qui est en cours d'approbation par l'Assemblée nationale.

On peut ,cependant noter comme acquis dans la gestion des ressources en eau :

- Existence d'organismes sur les principaux bassins transfrontaliers (OMVS, ABN, ALG)
- Prise de conscience de la nécessité d'abandon d'une certaine forme de souveraineté nationale au profit du droit international
- Reconnaissance de la GIRE comme méthode de gestion des ressources partagées par les organismes de bassin.

La gestion des ressources en eau au Mali reste marquée par une approche sectorielle. Mais actuellement le problème de la définition de la taxation, des conditions de recouvrement et des règles d'attribution des ressources collectées se pose. Des études sont en cours pour la résolution des questions pratiques au niveau de la cellule GIRE de la Direction Nationale de l'Hydraulique dans le cadre du Programme National d'Infrastructures Rurales (PNIR).

Par ailleurs, il faut noter qu'à Bamako, la seule station de pompage de la capitale (station de Djicoroni) vieille de plus de 40 ans a largement dépassé sa capacité de production et fonctionne en surcapacité. Elle produit actuellement jusqu'à 135000 m3 d'eau par jour alors que sa capacité nominale est de 120000 m3 d'eau par jour.

Face à cette situation, des mesures d'urgence sont à prendre. C'est ainsi que la Direction Nationale de l'hydraulique a mené une étude dans le cadre de son plan d'alimentation en eau potable de Bamako dont les conclusions ont fait ressortir la nécessité de créer une seconde station de pompage à Kabala qui devra être fonctionnelle en 2009. Le coût de cette nouvelle station est estimé à 40 milliards de fcfa dont certains partenaires, notamment la Belgique ont déjà manifesté leur intérêt pour la construction de l'usine. D'autres sont en train d'étudier la possibilité de financer les installations connexes.

Mais en attendant, le gouvernement a obtenu des Pays-Bas un financement de 4 milliards de francs cfa pour l'exécution d'un certain nombre de mesures d'urgence afin d'éviter toute rupture pendant la canicule. Parmi celles-ci, il y a le renforcement de la capacité de la station de Djicoroni avec de nouveaux filtres. Cinq forages profonds seront réalisés en zone aéroportuaire pour alimenter les quartiers de Kalabancoro et Niamakoro et une trentaine de bornes fontaines sont prévues dans les quartiers périphériques de la capitale.

Le plan d'urgence qui s'étend sur la période 2006-2007 prévoit aussi des travaux pour la réduction de fuites d'eau au niveau des installations. Une vaste campagne de sensibilisation est en cours en direction de la population afin qu'elle évite le gaspillage.

- De la Politique Nationale de Protection de l'Environnement (PNPE) avec les neuf (9) programmes nationaux que sont :
  - le Programme d'Aménagement du Territoire ;
  - le Programme national de Gestion des ressources Naturelles ;
  - le Programme national de maîtrise des ressources en eau ;
  - le Programme national des énergies nouvelles et renouvelables ;
  - le Programme national d'amélioration du cadre de vie ;
  - le Programme national de gestion des informations sur l'environnement ;
  - le Programme national d'information, d'éducation et de communication en environnement ;
  - le Programme national de suivi de la mise en œuvre des conventions sur la biodiversité, le changement climatique et la couche d'ozone ;
  - le Programme de recherche sur la lutte contre la désertification et la protection de l'environnement ;

En plus, des Programmes d'actions régionaux et locaux sont élaborés pour chaque région administrative .

La mise en œuvre des stratégies d'adaptation nécessite alors un **fort encrage institutionnel** notamment :

- La mise en place d'un Comité National sur les Changements Climatiques au Mali (CNCCM) doté des moyens conséquents.
- Le renforcement des groupes de travail thématiques existants ;
- La représentativité de toutes les institutions détentrices de données pour les études sur les changements climatiques au sein du Comité ;
- La sensibilisation des institutions membres du Comité National sur les Changements climatiques, sur l'importance et la nécessité de leurs implications afin d'assurer la pérennité dans le suivi des activités.

### **8.3 Stratégies de renforcement des capacités**

Les lacunes constatées lors des études précédentes sont entre autres :

- Le manque ou l'insuffisance des données dans certains secteurs (agriculture, changement d'affectation des terres et foresterie ), ;
- Le manque de facteurs d'émission adaptés au contexte national ou régional.;
- Les difficultés d'accès aux données et informations détenues par certaines institutions, notamment du secteur privé: industries, sociétés de commerce, banques, hôtels, sociétés pétrolières, etc. ;
- La faible fiabilité de certaines données d'activités des secteurs
- L'insuffisance des données par rapport à certaines variables sectorielles (moins de 30 ans), pour l'élaboration des scénarios climatiques de référence ;
- Le manque de données désagrégées, dans tous les secteurs notamment celui de l'énergie et des ressources en eau, pour réaliser les analyses appropriées;
- L'insuffisance de formation des experts nationaux

**La stratégie de renforcement des capacités passera alors par :**

- L'élaboration d'un programme de développement et de renforcement des capacités afin d'améliorer la collecte des données notamment sur les ressources en eau;
- Le transfert de technologies (entre autres, l'amélioration du niveau d'équipement des agriculteurs, afin de leur faciliter l'adoption des paquets techniques) ;
- L'élaboration d'un programme d'information, de sensibilisation du public et d'éducation ;
- L'élaboration d'une stratégie de formation et de recherche.

## **IX- IDENTIFICATION DU DISPOSITIF FINANCIER ET LA STRATEGIE DE RECOUVREMENT DES COUTS**

On peut citer , entre autres, les principales stratégies d'adaptation aux impacts négatifs des changements climatiques retenues par les populations dans les études déjà effectuées :

- Le **surcreusement des mares** afin de développer les cultures de contre saison et réduire l'exode rural. Ceci permettra en outre d'assurer la diversification des revenus, l'alimentation hydrique du bétail, l'eau de lessive, le développement de la pisciculture, etc..
- Le **reboisement par la plantation d'arbres fruitiers et d'essence exotiques à croissance rapide** pour la production de bois énergie et de bois service, en vue de réduire la pression sur l'environnement et de satisfaire aux besoins des populations.
- La **sécurisation de l'agriculture sèche** par l'utilisation de variétés tolérantes à la sécheresse et l'utilisation des informations météorologiques ;
- La **création de points d'eau modernes** (forages et puits à grand diamètre) et le **surcreusement de puits** pour répondre aux besoins des populations et du cheptel et promouvoir le maraîchage de case.
- La **domestication de l'énergie solaire** pour l'éclairage public et privé, le fonctionnement des radios privées dont le rôle est important dans la sensibilisation sur les changements climatiques, la fourniture d'énergie pour la réfrigération des produits, des aliments et des vaccins, ce qui va occasionner une réduction de l'utilisation du pétrole .
- **L'introduction de cultures fourragères** pour répondre aux besoins du cheptel pendant la saison sèche.
- La **construction de petits barrages de retenue d'eau** pour les cultures de maraîchage, la pisciculture, la recharge de la nappe et la promotion de l'arboriculture et de la riziculture ainsi que l'abreuvement du cheptel.
- La construction de diguettes pour réduire les effets de l'érosion hydrique, favoriser l'infiltration des eaux de pluies, permettre la rétention de la matière organique, et partant favoriser la productivité.
- La **promotion de crédits agricoles** aux populations pour réduire les coupes de bois qui sont utilisées pour générer des revenus.
- La **mécanisation de l'agriculture** pour réduire les efforts fournis pendant les travaux et rationaliser les superficies emblavées .

Une évaluation des coûts de certaines options d'adaptation pour une localité donnée figure dans le tableau 5 (ref etude sur l'évaluation des coûts...)

Tab.5 : Coût de certaines options d'adaptation

Désignation	Coûts (F CFA)
Coûts des éléments de maîtrise de l'eau	420 000 000
Evaluation de coûts de reboisement par des arbres fruitiers et de bois de service pour réduire la pression sur l'environnement	200 000 000
Estimation du coût de reboisement en vue de faire face aux besoins importants en bois de chauffe.	120 000 000
Estimation du coût de développement de variétés de mil et de sorgho tolérantes à la sécheresse et suivi de conseils agro-hydro-météorologiques.	110 000 000
<b>Total des investissements</b>	<b>850 000 000</b>

Sources etude NCAP phase II , Evaluation des couts....., Aout 2005

Les analyses montrent que **l'essentiel du financement des programmes** et projet provient des partenaires au développement et des ONG (nationales et internationales). Or, l'efficacité de l'ensemble de ces financements est limitée en raison entre autres des modes d'intervention et de l'insuffisance des ressources financières.

La mise en oeuvre des stratégies d'adaptation aux effets néfastes des changements climatiques exige d'importantes ressources financières publiques et privées qu'il faudra mobiliser au plan interne et externe.

### 9.1 Au plan interne

Il s'agira d'optimiser les financements existants (Budget de l'Etat/Collectivités décentralisées/ Société civile/ populations/ ONG/ autres) et de mettre en place un mécanisme approprié de mobilisation des ressources nécessaires .

L'approche réglementaire doit être complétée par un système d'aides et de mesures incitatives pour encourager toute action et toute initiative en matière de restauration des ressources naturelles et protection de l'environnement.

Les mesures incitatives préconisées comprennent entre autres:

- le système de consignation, Il s'agit de déposer une garantie pour l'utilisation judicieuse des ressources en eau ;
- des aides financières, subventions et systèmes de prêts bonifiés;
- des mesures d'allégement fiscal et de détaxation;

- la fixation du coût de l'utilisation des ressources de l'environnement en fonction de leur valeur réelle;
- le système de taxations et de redevances sur les produits.

Ce système de taxes et de redevances a pour objectifs essentiels de dissuader les utilisateurs ne respectant pas la législation en vigueur et d'améliorer les ressources financières au plan interne. Il comporte notamment:

- les redevances de déversement;
- les redevances sur produits;
- les licences ou permis de pollution;
- la surtaxe sur certains produits et équipements.

Par ailleurs, en plus de l'existence d'un fonds de développement de l'eau, la **mise en place d'un fonds pour le financement des stratégies d'adaptation** aux effets néfastes des changements climatiques au niveau national serait nécessaire. Ce fonds pourrait prendre la forme d'un fonds d'appui, voire d'une fondation ou sous toute autre mécanismes de financement durable, dont la mise en place doit répondre aux principes suivants: bonne gouvernance, transparence et décentralisation; souplesse dans la mobilisation et l'affectation; nécessité d'accroître la contribution nationale dans le financement de la protection des ressources en eau.

Le fonds devrait permettre la mobilisation progressive des différents acteurs, la mise en place d'un mécanisme de financement qui les associent constituant une sorte de garantie pour accroître et pérenniser les ressources financières destinées à financer les actions .

Ce fonds sera alimenté par diverses sources:

- **Contributions en nature ou en espèces de l'Etat**: subvention au titre de dotation initiale, inscription annuelle au budget d'Etat pour promouvoir et appuyer le financement de la protection des ressources en eau;
- **Prêts consentis à des conditions concessionnelles**, dans le cadre de l'aide publique au développement à des taux d'intérêts réduits et sur le long terme. Il est possible, qu'une partie ou la totalité des fonds issus d'un accord de partenariat vienne en contribution à un tel fonds/fondation ;
- **Dépenses pour des actions de protection de l'environnement**, prévues dans les budgets des collectivités territoriales décentralisées ;
- **Taxes et redevances** (Voir ci-dessus) ;
- **Impôts sur société**: il est loisible à l'Etat de lever un impôt spécial et y assujettir les entreprises et établissements, dont l'activité a des conséquences néfastes sur les ressources en eau. Les produits de cet impôt spécial, dont une assiette pourrait être le chiffre d'affaires ;

- **Contributions des partenaires au développement**: bi- et multilatéraux (Voir au plan externe ci-dessous)

Enfin, ce fonds, pourrait être également alimenté à partir d'activités socio-culturelles ou de dons provenant des secteurs privés ou de la société civile.

## **9.2 Au plan externe**

Il s'agit de trouver auprès des organisations et bailleurs de fonds notamment le FEM et la Banque Mondiale le financement des actions prioritaires, immédiates et urgentes d'adaptation aux changements climatiques.

La communauté internationale déploie des efforts importants pour appuyer le Mali dans ses efforts et tenter de freiner ou prévenir les effets désastreux de certains processus de dégradation (désertification, changement climatique, biodiversité,...). En effet, les partenaires au développement (bailleurs de fonds bi- et multilatéraux et ONG) participent à plus de 50 % au financement global des actions de lutte contre la désertification et de protection de l'environnement dont les ressources en eau.

Par ailleurs, dans le cadre des Conventions et Traités internationaux, et suite notamment au sommet mondial de Rio en 1992, plusieurs fonds et mécanismes (FEM, Agenda 21, CCD - FFPE,...) ont été mis en place et sont alimentés par certains gouvernements donateurs et organismes internationaux. Ces ressources importantes restent d'une manière générale insuffisamment exploitées par le Mali souvent par manque d'information ou par méconnaissance des mécanismes et procédures d'éligibilité.

Un effort important de mobilisation de l'aide existant au niveau de ces divers fonds doit être mené par les divers services intervenant dans le domaine de l'environnement et des ressources en eau et par les organismes du gouvernement chargés de la recherche et de la coordination des aides extérieures pour tirer le meilleur profit de ces ressources. Un groupe thématique composé des services techniques, chefs de projets, ONG, société civile, partenaires sociaux et autres structures de base doit être mis en place. Celui-ci serait chargé notamment d'examiner périodiquement (tout les six mois) le point sur les financements consacrés aux différents domaines dont la gestion des ressources en eau. Les résultats des réflexions et recommandations de ce groupe thématique pourraient à leur tour alimenter les travaux du Comité paritaire "Gouvernement-partenaires au développement", chargé plus spécifiquement du suivi de la mise en oeuvre de la gestion des ressources environnemental notamment celles de l'eau.

Par ailleurs, un mécanisme de coordination de l'aide devra être mis en place, comme préconisé par la politique de l'environnement.

## **X.- IDENTIFICATION DU DISPOSITIF INSTITUTIONNEL EN MATIERE DE LEGISLATION DES EAUX**

### **10.1 Adaptation de la législation sur l'eau :**

La législation sur l'eau (principalement le code de l'eau et ses décrets d'application) devra entériner les dispositions prises sur le plan institutionnel en définissant la composition, l'organisation et les modalités de fonctionnement des différents organes constituant la structure de gestion intégrée des ressources en eau aux échelons central et décentralisé. Elle devra également définir les modalités de financement du secteur de l'eau et de l'assainissement, reposant sur le double principes du pré-leveurs/payeurs et des pollueurs/payeurs. Les différents textes en vigueur devront être mis en cohérence.

**Sur le plan stratégique, la législation des eaux prendra en compte les aspects institutionnels et financiers de la gestion intégrée des ressources en eau, de façon à leur faire fournir une base légale et réglementaire.**

### **10.2 Gestion des Eaux partagées avec les Pays voisins et Accords Internationaux**

Au Mali, la question des eaux partagées revêt une importance particulière en raison de la présence des fleuves Niger et Sénégal et de leurs affluents dont certains bassins versants sont en commun avec d'autres pays de la sous région. Conformément aux dispositions préconisées sur le plan d'action régional pour la gestion intégrée des ressources en eau en Afrique de l'Ouest, il y a lieu de mettre les conventions existantes en conformité avec les nouveaux principes de gestion intégrée des ressources en eau (GIRE) et créer de nouvelles conventions sur les bassins où elles n'existent pas.

Il est prévu, à l'échelle de l'Afrique de l'Ouest la mise en place « d'un cadre de concertation, juridiquement contraignant sur la gestion des ressources en eau partagée avec deux objectifs spécifiques :

- L'instauration d'une convention en matière de gestion intégrée des ressources en eau partagées ;

- Le développement des capacités d'application de la convention cadre régionale.

Il est, en outre prévu un appui à la ratification et au suivi de l'application des conventions internationales intéressant l'eau.

Sur le plan stratégique, le Mali souscrit à l'initiative prise à l'échelon de l'Afrique de l'Ouest de créer un cadre régional de coopération en matière de gestion des eaux partagées et entend participer à son élaboration ainsi qu'à sa mise en application. La législation sur l'eau du Mali sera actualisée en prenant en compte les conventions internationales relatives à l'eau et ses modes de gestion.

## **XI -CONCLUSION**

Au Mali l'essentiel des eaux de surfaces pérennes est représenté par l'écoulement des fleuves Niger et Sénégal et leurs affluents. Ces eaux de surface pérennes contribuent pour environ 10 à 15% en volume à l'alimentation en eau des populations (besoins en eau, tous usages confondus, **6 milliards de m<sup>3</sup>** par an, dont 1% pour l'approvisionnement en eau potable des populations, 1% pour le cheptel et 98% pour l'agriculture et les autres usages), le reste étant couvert par les eaux souterraines qui sont également importantes.

Par conséquent, le pays dispose d'un important potentiel hydrique, qui, s'il est mobilisé avec des aménagements conséquents, permettra de satisfaire à très long terme les besoins du pays en matière d'approvisionnement en eau potable, d'irrigation et de production hydroélectrique.

Cependant les effets des changements climatiques se font sentir de plus en plus sur le développement socio-économique des pays notamment les pays en développement. Toutes les ressources de développement notamment les ressources en eau sont affectées par ces changements climatiques.

Pour cela , au Mali à l'horizon 2025, il sera pratiquement impossible d'envisager la culture de riz par submersion contrôlée comme actuellement dans les Offices Riz de Ségou et Mopti ainsi qu'à San, sans ouvrage hydraulique. Pour ce qui concerne les périmètres de maîtrise totale, les volumes d'eau disponible 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 Sélingué 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.

La Communauté Internationale a entamé des études et actions afin de réduire les effets des changements climatiques. Parmi ces mesures, on note l'adaptation des ressources aux effets néfastes des changements climatiques.

Les études d'adaptation aux ressources en eau menées au Mali, appuyées par le Programme d'Assistance aux Etudes sur les Changements Climatiques (NCAP) ont permis le développement des stratégies d'adaptation des ressources en eau aux effets des changements climatiques.

Cependant, les coûts de réalisation des mesures d'adaptation et leur recouvrement étant généralement au delà des moyens des populations, l'Etat devrait s'impliquer et aider à impulser les autres partenaires au développement pour la mise en œuvre d'une politique participative sur la maîtrise des ressources en eau au niveau national comme au niveau local .

**Dans ce contexte, la législation des eaux prendra en compte les aspects institutionnels et financiers de la gestion intégrée des ressources en eau, afin d'avoir une base légale et réglementaire.**

**Aussi, le Mali souscrit au niveau de l'Afrique de l'Ouest à la création d'un cadre régional de coopération en matière de gestion des eaux partagées et entend participer à son élaboration ainsi qu'à sa mise en application. La législation sur l'eau du Mali sera actualisée en prenant en compte les conventions internationales relatives à l'eau et ses modes de gestion.**

## **XII –RECOMMANDATIONS**

1. Retenir par sites d'études la réalisation d'un ouvrage à coût modéré pour faire face aux changements climatiques ;
2. Faire des mesures sur les petites rivières au Mali afin de permettre des aménagements adéquats de leurs bassins versants ;
3. Développer des études pour quantifier l'utilisation des nappes souterraines ;
4. Faire des relevés continus des eaux afin de déterminer la variation des teneurs en nitrates suite à l'infiltration des eaux usées des fosses et latrines ;
5. Améliorer l'accès à l'eau potable et aux systèmes d'assainissement par la promotion de l'énergie solaire ;
6. Renforcer la maîtrise des eaux de surface comme les petits barrages ruraux, l'aménagement des mares et des petits cours d'eau au niveau des villages ;
7. Promouvoir la création des mares artificielles ;
8. Mettre en place un fonds pour le financement des stratégies d'adaptation aux effets néfastes des changements climatiques au niveau national et local ;
9. Inviter les élus locaux à inscrire les projets environnementaux dans les plans locaux de développement ;
10. Contribuer à la gestion intégrée des ressources en eau ;
11. Définir et renforcer l'ancrage institutionnel de toutes les structures travaillant dans le domaine de l'eau ;
12. Développer des systèmes de récupération des eaux de pluies des toits d'habitations à des fins domestiques ;
13. Aménager les berges des cours d'eau afin de constituer un vivier de protection des ressources hydriques ;
14. Construire des caniveaux pour l'évacuation des eaux de ruissellement dans toutes les zones sensibles ;
15. Elaborer au niveau de toute zone à risque un plan d'évacuation des eaux ;
16. Elaborer un programme d'information, de sensibilisation du public et d'éducation ;
17. Elaborer une stratégie de formation et de recherche..

## BIBLIOGRAPHIE

1. NCAP II/STP/CIGQE, Août 2005, Rapport étude sur la perception des risques des changements climatiques par les couches les plus vulnérables. 44p,
2. NCAP II/STP/CIGQE, Août 2005, Rapport étude sur l'évaluation des coûts des options d'adaptation et des impacts socio-economiques de la phase I,
3. Ministère de l'Équipement de l'Aménagement du Territoire de l'Environnement et de l'Urbanisme. Juin 2000, Stratégie Nationale Initiale de mise en œuvre de la convention cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques, 72P
4. Ministère de l'Environnement, Ministère de l'Éducation. Avril 2003, Vulnérabilité et Adaptation des Ressources en eau aux effets des changements climatiques dans les bassins du Sankarani et du Baoulé, Projet Climat du Centre National de Recherche Scientifique et Technologique, 125p
5. CHAMARD PC, COUREL MF et SCHILLING MA; 1997, L'inondation des plaines du delta intérieur du Niger (Mali) Tentatives de contrôle: la réalité et les risques. Sécheresse, Vol8 N°3 Septembre 1997, 151-156.
6. DIARRA B., 1997 : Rationalisation de l'assistance agrométéorologique opérationnelle au monde rural. D.E.S. en Sciences de l'Environnement, Option Agrométéorologique, Fondation Universitaire Luxembourgeoise (F.U.M), Arlon, Belgique.
7. DNSI, 1997 : Perspective de population par cercle et par arrondissement (1993-1997). DNSI, 1997, Bamako.
8. GIEC Groupe de travail II, 1996 : Les Cahiers de Global Change N°7 : Conséquences de l'Évolution du Climat ; pp 51-53 ; GIEC, Juillet 1996
9. KONATE M., 1993 : Amélioration des projets pilotes d'assistance météorologiques à l'agriculture. Centre AGRYMET, Niamey
10. KONATE M. et K. TRAORE, 1987 : Agroclimatic monitoring during the growing season in semi-arid regions of Africa ; in Planning of growth, Toward a Reduction of Societal Vulnerability, Westview Press/Boulder an London;
11. LE HOUEROU HN, 1994. Changements climatiques et désertification. Sécheresse, n°2, vol4, Juin 1994, 95-111.
12. MSSPA, 1990 : Déclaration de politique sectorielle de santé et population ; MSSPA, 1990, Bamako.

- 13.MSPA, 1997 : Plan décennal de développement socio-sanitaire du Mali 1998-2007, MSPAS, 1997, Bamako.
- 14.PNUD/UNICEF/DNSI, 1995 : Bilan diagnostic du développement humain durable ; décembre 1995, DNSI, Bamako.
- 15.Ministere de l'environnement et de l'assainissement : Politique Nationale de l'environnement au Mali
- 16.SHENDAN D., 1985 : L'irrigation, promesses et dangers : l'eau contre la faim ? ; Earth Scan 1985 ; l'Harmattan (édition).
- 17.M.V.K SIVAKUMAR,..M. KONATE et S.M. VIRMANI, 1987 : Agroclimatologie de l'Afrique de l'Ouest : le Mali ; Bulletin d'information n°19, ICRISAT, décembre 1987.
- 18.UNEP, 1996: Hanbook on methods for climate change impact assessment and adaptation strategies, draft version 1.3., and institute for environmental studies October, 1996.
- 19.Etude Nationale Prospective « Mali 2025 ;
- 20.Rapport provisoire PANA en cours
- 21.DNH 2004 :Rapport national sur la mise en valeur des ressources en eau (187P)

*ANNEXES*

## **TERMES DE REFERENCE DE L'ETUDE SUR L'ELABORATION DE STRATEGIE D'ADAPTATION**

### **I. CONTEXTE / JUSTIFICATION**

Depuis la Conférence des Nations Unies sur l'Environnement et le Développement (CNUED) tenue à Rio de Janeiro, Brésil en juin 1992, les questions de changements climatiques tiennent une place de choix dans la protection de l'environnement, aussi bien au niveau des pays historiquement responsables de ces changements (pays industrialisés) que de ceux n'ayant joué qu'un rôle mineur (pays en développement)

Quoiqu'il en soit, pays industrialisés ou non, tous subiront, il est vrai à des degrés divers, les conséquences des changements climatiques. Dans cette mouvance, il est prévisible que les pays en développement soient les plus durement touchés en raison de leurs faibles capacités techniques, financières et humaines.

Le Mali, pour montrer son engagement à combattre les changements climatiques a posé un certain nombre d'actes, parmi lesquels on peut citer :

- la signature de la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques le 22 septembre 1992 et sa ratification le 28 décembre 1994 ;
- la désignation d'un Point Focal des Changements Climatique en 1998 ;
- la signature du Protocole de Kyoto, le 02 janvier 1999 et sa ratification le 11 février 2002 ;
- l'élaboration de sa communication nationale initiale en 2000 ;
- la mise en place d'une Autorité Nationale Désignée (AND) du Mécanisme pour un Développement Propre (MDP) en 2003.

Le Mali continue à honorer ses engagements au titre de la Convention et du Protocole de Kyoto, le plus souvent en coopération avec ses partenaires. Les pays Bas se sont révélés être un partenaire un partenaire de choix dans ce domaine. Les deux pays ont engagés ensemble des études sur la vulnérabilité/adaptabilité du Mali aux effets néfastes des changements , climatiques, dans le cadre du projet intitulé « Programme d'Assistance aux Etudes sur les Changements Climatiques, NCAP ». Les études se réalisent en deux phases :

1. la première phase de 18 mois s'est achevée en 2003. Elle a produit les résultats suivants :
  - un scénario climatique pour le Mali ;
  - une étude sur la vulnérabilité/adaptation des ressources en eau des bassins du Sankarani et du Baoulé aux effets des changements climatiques ;
  - une étude sur la vulnérabilité/adaptation du maïs et du coton aux effets des changements climatiques.

Cette première phase n'a pas couvert tous les domaines prioritaires concernés par l'adaptation des ressources aux effets néfastes des changements climatiques, d'où la nécessité de nouvelles études.

2. La deuxième étape, composée de deux parties de 18 mois chacune, visera essentiellement l'adaptation des ressources en eau et la formulation des éléments d'une politique nationale des changements climatiques ainsi que l'évaluation des options retenues dans la phase 1.

Les objectifs visés par cette phase sont entre autres :

- Assister le pays dans la préparation, la formulation, la mise en œuvre et l'évaluation de la politique nationale sur les changements climatiques ;
- Informer, sensibiliser sur la problématique des changements climatiques

- Accroître l'implication des dirigeants politiques, scientifiques et des divers milieux de la société dans le débat sur les changements climatiques ;
- Promouvoir les expériences entre pays en matière de changement climatique.

La présente étude intitulée : « l'étude sur l'élaboration de stratégie d'adaptation » rentre dans ce cadre.

## **II. OBJECTIFS DE L'ETUDE**

Les objectifs assignés à cette étude visent spécifiquement à :

- faire l'inventaire des stratégies d'adaptation aux changements climatiques notamment : en matière d'évaluation, de planification des ressources en eau, de mise en valeur, de protection et de prévention des nuisances liées à l'eau ;
- identifier les forces et faiblesses de ces stratégies ;
- définir la stratégie sur le plan institutionnel et en matière de transfert des compétence et de renforcement des capacités ;
- identifier le dispositif financier et la stratégie de recouvrement des coûts ;
- identifier le dispositif institutionnel en matière de législation des eaux ;
- identifier le dispositif institutionnel en matière des eaux partagées ;

## **III. RESULTATS ATTENDUS**

- L'inventaire des stratégies d'adaptation aux changements climatiques notamment : en matière d'évaluation, de planification des ressources en eau, de mise en valeur, de protection et de prévention des nuisances liées à l'eau est fait;
- les forces et faiblesses de ces stratégies sont identifiées;
- la stratégie sur le plan institutionnel et en matière de transfert des compétence et de renforcement des capacités est définie ;
- le dispositif financier et la stratégie de recouvrement des coûts sont identifiés ;
- le dispositif institutionnel en matière de législation des eaux est identifié ;
- le dispositif institutionnel en matière des eaux partagées est identifié.

## **III METHODOLOGIE**

L'étude sera réalisée par une équipe de trois consultants sous la coordination et la supervision du STP/NCAP.

Pour une question de synergie et d'économie financière et de temps, cette étude sera menée en même temps que celle sur les utilisateurs finaux des Ressources en eau. Et le dialogue avec les communautés.

## **IV. DUREE DE L'ETUDE**

L'étude s'étendra sur deux mois à compter de fin février 2006 et sera organisée comme suit :

- recherche documentaire et bibliographique du 28 février au 10 mars 2006 ;
- collecte et analyse des informations du 11 au 19 mars 2006 ;
- formation sur le WEAP 20 au 24 mars 2006;
- rédaction de la version provisoire du rapport d'étude du 25 mars au 1<sup>er</sup> avril 2006 ;
- soumission de la version provisoire au comité de pilotage du 02 au 05 avril 2006 ;
- reprise du document et insertion des observations du 06 au 13 avril 2006 ;
- préparation de l'atelier de validation du 13 Avril au 08 mai 2006 ;
- tenue de l'atelier de validation dans la période du 10 au 16 mai 2006 ;
- production du rapport final au plus tard le 1<sup>er</sup> juin 2006.

## **V. PROFIL ET NOMBRE DES CONSULTANTS**

La consultation sera menée par une équipe pluridisciplinaire de 3 personnes ayant les profils suivants :

Un Ingénieur en météorologie ayant une bonne connaissance des changements climatiques notamment en matière d'adaptation;

Un Ingénieur d'élevage ayant une bonne connaissance en planification et dans l'élaboration de stratégie, une connaissance des changements climatiques est souhaitée;

Un Géographe ayant une bonne connaissance en télédétection et en informatique, une connaissance des changements climatiques est souhaitée .

Les consultants s'organiseront dans la répartition des tâches entre eux en fonction de leur profil et définiront leur propre méthodologie de travail en restant toutefois conformes à la méthodologie définie plus haut.

#### **VI. TACHES DES CONSULTANTS**

- réaliser les activités définies dans les objectifs spécifiques de l'étude ;
- assurer et/ou participer à la facilitation de l'atelier national ;
- prendre en compte les amendements, et observations formulées par le Comité de Pilotage et de l'atelier national ;
- rédiger le rapport final de l'étude et le soumettre pour approbation au STP/NCAP.

#### **VII. RAPPORT**

Après la tenue de l'atelier de validation, les consultants disposeront d'un délai maximum de 10 jours pour soumettre un projet de rapport final au STP/NCAP qui vérifie la prise en compte des différents amendements et observations formulées dans les cinq jours qui suivent.

Le rapport sera considéré comme final en cas de non objection du STP/NCAP, le cas échéant, il sera repris et corrigé dans les cinq jours qui suivent.

Le rapport final sera déposé en deux copies dures et une copie électronique.

**ANNEXES :Les projets du programme triennal d'investissement**

<b>Intitulé du projet</b>	<b>Période</b>	<b>Montant (en millions de Fcfa)</b>
Progr CEAO hydrauliq Villageoise et pastorale Niafunké-Youwarou	1991-2005	6 550
Hydraulique Villagesoise en 7ème région (Gao)	2003-2007	4 411
Hydraulique Villagesoise Plateau Dogon	1996-2003	3 931
Projet Eau Potable dans le cercle de Tenekou	1996-2005	3 450
Hydraulique Villagesoise en 3ème, 4ème et 5ème régions	2000-2006	5 200
Réhabilitation 400 puits traditionnels en 1ère et 2ème Régions	2002-2007	1 236
Programme Régional Solaire Phase II	2002-2007	6 900
Hydraulique Villageoise et Pastorale(Phase III)	2002-2007	7 619
APE Centres Urbains et Ruraux Niore et Diema	2003-2007	4 302
Mobilisation Ressources Eaux et AEP en 1ère Région	2003-2007	7 000
Approv eb Eau Potable Kayes, Ségou & Mopti	2004-2007	9 053
Progr Alimentaire Eau Potable & Assainissement en Milieu Rural	2005-2009	13 270
Développement Agriculture Région de Kangaba	2005-2007	5 839
Alimentation Eau Potable & Assainissement Fana Centre Semi-urb	2005-2008	6 953
Répar Pompes et Réhab Pompes à Motricité Humaine à Tombouct	2005-2005	34
sécurisation AEP de Kidal	2005-2005	712
Assist technique à l'Orpaillage et à la promo de la femme (PPTE)	1997-2006	1 566
Progr Nat de Vulgarisation de la pourghère	2004-2008	508
Projet Energie Domestique Accès aux serv de base milieu Rural	2004-2008	32 000
Programme National Maîtrise Economie Energie Mali	2004-2005	107
Etude Electrification Villageoise en Energie Solaire (PEVES)	2003-2008	1 685
Plate-forme Multifonctionnelle de lutte contre la Pauvreté(PPTE)	1999-2005	5 070
Etude Relative à l'Electrification Rural	2005-2007	1 004
Desenclavement des Communes de Samé & Falemé/kayes	2005-2005	400
Progr Gouvernement d'Aménagement de 50 000 HA	2004-2007	6 000
Projet d'Aménagement Périmere Irrigé de Manikoura (PAPIM)	2001-2007	12 152
Extension du Réseau Météorologique (PPTE)	1998-2005	711
Développement Rural Intégré Mopti-Tombouctou	1998-2006	5 308
S'Equiper en Réboisant	1999- 2005	1 933
Developpement Agricole plaine Saoué	2000-2005	2 000
Appui à la Filière Sémencière	2003-2007	6 000
Projet d'appui à l'IER (Pays bas)	1999- 2005	4 318
Station recherche Agronomique de Cinzana	2001-2005	730
Programme sécurité alimentaire et Revenus Zone kidal (PSARK)	1999-2005	10 000
Projet de Développemnt intégré dans la Région de Ségou	2003-2006	6 000
Progr Compétitivité Diversification Agricole (PCDA)	2005-2007	910
Aménagement Parcelaire de 35 Ha à Tanima (PPTE)	2005-2005	97
Aménagement Hydro Agricole Bewani	2005-2008	7 565
S'équiper pour vaincre la pauvreté (PPTE)	2005-2005	150
Appui aux Initiatives de Base Extension PAIB (PPTE)	2005-2007	2 000
Etude Lutte contre la jacinthe d'Eau Fleuve Niger	2004-2005	276
Progr Régional Gest Intégré Ress Nat, du Bassin Niger/Gambie	2001-2005	1 200
Pojet envir Appui à la Lutte contre la Desertification / pers devept	2003-2006	7 785
Gest, Veget, Rehab, des Terres Zones Arides en Afrique	2002-2006	1 580
<b>Total</b>	-	<b>205 515</b>

