

THEME
EVALUATION DES PRESSIONS EXERCEES SUR
LES RESSOURCES EN EAU PAR LA VILLE DE
BAMAKO AU MALI

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU MASTER EN
GESTION INTEGREE DES RESSOURCES EN EAU (GIRE)

Présenté et soutenu publiquement le2009 par

Seydou MILLIMONO

Travaux dirigés par : Dr. Harouna KARAMBIRI
UTER Gestion et Valorisation de l'Eau et l'Assainissement

Jury d'évaluation du stage :

Président : Prénom NOM

Membres et correcteurs : Prénom NOM
 Prénom NOM
 Prénom NOM

Promotion 2008/2009

REMERCIEMENTS

Mes sincères remerciement à :

- ❖ Monsieur Paul GINIES, le Directeur Général du 2iE pour son ingénieux travail et son engagement à faire de cet institut un pôle de développement du continent ;
 - ❖ La commission Européenne pour son initiative combien de fois exaltante à financer cette formation ;
 - ❖ Pr Hamma YACOUBA, Responsable de la filière Master spécialisé GIRE pour sa bienveillance à cette promotion GIRE ;
 - ❖ Dr Harouna KARAMBIRI, le Chef de l'UTER Gestion et Valorisation de l'Eau et l'Assainissement, pour son sens attentif et l'encadrement qu'il m'a assuré ;
 - ❖ Monsieur Bega OUEDRAOGO, pour les efforts consentis dans le choix de ce thème
 - ❖ Tous mes enseignants du 2iE pour leur noble travail ;
 - ❖ Monsieur Dounanké COULIBALY, Chef de l'Unité de Gestion du PAGIRE à la Direction Nationale de l'Hydraulique au Mali, pour sa disponibilité tout le long de mon stage à assurer à mes côtés un encadrement responsable pour la réalisation de ce travail. A travers lui tous ses collègues trouvent là l'expression de mes sentiments les plus respectueux ;
 - ❖ Tous les travailleurs de la Direction Nationale de l'Hydraulique pour leur franche collaboration. Que les bonnes relations existant entre ce service et le 2iE puissent s'élargir d'avantage pour une amélioration continue de la connaissance des ressources en eau et une adaptation de la théorie à la pratique dans le cadre de la formation professionnelle que le 2iE s'est assigné ;
 - ❖ Mes parents, mes amis et à mon épouse pour leurs soutiens moral et matériel ;
 - ❖ Je tiens également à remercier tous les camarades de la promotion GIRE et tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à la réalisation de ce travail ;
- Que le tout puissant ALLAH les sache gré et les-combles de joie et de bonheur dans leurs familles respectives.

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

2iE:	Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
ANTEA:	Eau et Environnement
BREESS:	Bureau de Recherche et d'Exploitation des Eaux Souterraines et de Surface
CDI:	Centre de Documentation et d'Informatique
DAH:	Division Aménagements Hydrauliques
DCO:	Demande Chimique en Oxygène
DHR :	Division Hydraulique Rurale
DHU:	Division Hydraulique Urbaine
DIRH:	Division Inventaire des Ressources Hydrauliques
DNR :	Division Normes et Réglementation
DRHE:	Direction Régionale de l'Hydraulique et de l'Energie
EDM:	Énergie Du Mali
ETP:	Evapotranspiration Potentiel
GAM :	Générale Alimentaire Malienne
GIE	Groupe d'Intérêt Economique
GIRE:	Gestion Intégrée des Ressources en Eau
IGM:	Institut Géographique du Mali
PAGIRE:	Plan d'Action pour la Gestion Intégrée des Ressources en Eau
RGPH:	Recensement Général de la Population Humaine
R.D:	Rive droite
SAEPCUS :	Section Approvisionnement en Eau Potable des Centres Urbains et Secondaires
SAH:	Section Aménagements Hydrotechniques
SEEPU :	Section Evacuation des Eaux Pluviales et Usées
SHF:	Section Hydraulique Fluviale
SHP:	Section Hydraulique Pastorale
SHV:	Section Hydraulique Villageoise
SIESO:	Section Inventaire des Eaux Souterraines
SIESU:	Section Inventaire des Eaux de Surface
SIPAL:	Société Industrielle des produits Alimentaires du Mali
SN:	Section Normes
SODEMA:	Société des Détergents du Mali
SONATAM:	Société Nationale de Tabac du Mali

SR: Section Réglementation

TAMALI: Tannerie du Mali

TAO: Tannerie de l'Afrique de l'Ouest

Unité de Gestion du Plan d'Action pour la Gestion Intégrée des Ressources en

UG/PAGIRE: Eau

UMPP: Usine Malienne de Produits Pharmaceutiques

RESUME

Les ressources en eau dans la ville de Bamako subissent des pressions qui ont modifié ces deux dernières décennies l'hydraulicité dans cette zone. Le but de cette étude est d'évaluer ces menaces par un état des lieux, une identification des différentes pressions et une proposition des recommandations.

Il ressort de cette étude que les pressions exercées sur les ressources en eau par la ville de Bamako sont principalement la pollution industrielle et domestique, les prélèvements, l'urbanisation anarchique et l'ensablement et la prolifération des plantes aquatiques.

La nappe superficielle est presque totalement contaminée par les eaux usées domestiques. Plusieurs unités industrielles dans la zone possèdent des dispositifs de prétraitement, pendant que d'autres déversent leurs eaux usées directement dans le fleuve Niger.

La station épuration en construction reçoit présentement les eaux usées de 17 unités industrielles sur 28 unités programmées. Le volume d'eaux usées domestiques évalué est compris entre 29600 et 41600 m³ par jour. Les teintureries dépourvues de dispositifs de traitement rejettent 16000 m³/an d'eaux usées.

Les prélèvements sont estimés en moyenne à 145776,197 m³ par jour pour l'EDM et 76071,195 m³ par jour pour la population. Alors que la disponibilité annuelle en eau de surface est estimée à 43 milliards de m³.

Le suivi de la qualité des eaux n'est pas systématique ; elle se fait à la demande.

Les occupations anarchiques des berges sont nombreuses.

Pour juguler ces multiples menaces les autorités ont pris plusieurs mesures effectives.

L'étude recommande une série de propositions de réduction de ces pressions.

Mots Clés : Ressource, Eau, Pression, Bamako, Usage

SUMMARY

The water resources in the town of Bamako undergo pressures which modified these two last decades the hydraulicity in this zone. The goal of this study is to evaluate these threats by an inventory of fixtures, an identification of the various pressures and a proposal of the recommendations. It comes out from this study that the pressures exerted on the water resources by the town of Bamako are mainly industrial and domestic pollution, the taking away, the anarchistic urbanization and the stranding and the proliferation of the watery plants. The surface tablecloth is almost completely contaminated by domestic waste water. Several production facilities in the zone have devices of pretreatment, while others pour their waste water directly in the Niger river. The station purification in construction receives at present waste water of 17 production facilities out of 28 programmed units. The volume of evaluated domestic waste water lies between 29600 and 41600 m³ per day. The dyeing deprived of devices of treatment reject 16000 m³/an waste water. The takings away are estimated on average at 145776,197 m³ per day for the EDM and 76071,195 m³ per day for the population. Whereas the annual availability out of surface water is estimated at 43 billion m³. The follow-up of water quality is not systematic; it is done with the request. The anarchistic occupations of the banks are numerous. To suppress these multiple threats the authorities took several effective measurements.

The study recommends series of proposition of reduction of these pressures.

Key Words: Resource, **Water, Pressure, Bamako, use**

SOMMAIRE

I. INTRODUCTION GENERALE.....	3
a. Contexte et justification	3
b. Problématique.....	4
c. Objectifs de l'étude.....	4
II. GENERALITE SUR LA ZONE D'ETUDE ET METHODOLOGIE.....	4
2.1. Présentation de la structure d'accueil : la direction nationale de l'hydraulique (dnh).....	4
2.2. Présentation de la zone d'étude	7
2.2.1. Situation géographique	7
2.2.2. Climat et végétation.....	7
2.2.3. Sols	8
2.2.4. Hydrologie	8
2.2.5. Hydrogéologie	8
2.2.6. Démographie	9
2.3. Méthodologie	9
2.4. Difficultés rencontrées	10
III. RESULTATS ET DISCUSIONS	10
3.1. Etat des lieux des ressources en eau et leur cadre de gestion.....	10
3.1. 1. La pluviométrie et la température	10
3.1. 2. Ensoleillement	12
3.1. 3. Humidité relative	12
3.1. 4. Ressources en Eau de surface	13
3.1. 7. Ressources en eau souterraine	15
3.1. 8. Bilan hydrique	16
3.1. 9. Qualité des eaux.....	16
3.1.9.1. Qualité des eaux de surface	17
3.1.9.2. Qualité des Eaux souterraines.....	20
3.1.9.1. Vulnérabilité de la nappe	22
3.1.10. cadre de gestion des ressources en eau.....	23
3.1.10.1. Cadre institutionnel.....	23
3.1.10.2. Cadre législatif et réglementaire	23
3.2. Identification les pressions sur les ressources en eau.....	24
3.2.1. Les prelevements	24

3.2.1.1. L'influence des prélèvements de l'EDM sur le débit du fleuve.....	25
3.2.2. Les occupations anarchiques des berges.....	28
3.2.3. Les inondations.....	29
3.2.4. La prolifération des plantes aquatiques.....	29
3.2.5. L'ensablement et le desensablement.....	31
3.2.6. La pollution.....	32
3.2.6.1. Sources potentielles de pollution	32
3.2.6.2. Pollution domestique	32
3.2.6.3. Agriculture/ élevage.....	34
3.2.6.4. Industrie	35
3.2.6.5. Artisanat :	37
3.2.6.6. Le transport fluvial.....	38
3.4. Mesures prises au niveau des autorités pour la réduction des pressions.....	38
3.5. Proposition d'approches intégrées de réduction des pressions exercées sur les ressources en eau.....	39
CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES	42
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	43
ANNEXES	45

I. INTRODUCTION GENERALE

a. Contexte et justification

L'eau est une ressource naturelle vulnérable, indispensable à la vie et au développement. Cependant les ressources en eau s'amenuisent et sont inégalement réparties dans l'espace et le temps et souffrent des pressions de plus en plus fortes, qu'exercent sur elles principalement des activités humaines - notamment l'urbanisation, la croissance démographique, la transformation du paysage telle que la déforestation, l'augmentation du niveau de vie, la concurrence croissante pour les ressources en eau et la pollution. De plus, le changement climatique et les variations des conditions naturelles viennent aggraver ces pressions. (<http://www.greenfacts.org/fr/ressources-eau/#1>).

La tendance à y effectuer des prélèvements, ne cesse d'augmenter au plan mondial, et elle est à l'aggravation de la situation actuelle.

Aujourd'hui, près de 700 millions de personnes dans 43 pays se situent sous le seuil du stress hydrique. D'ici 2025, ce chiffre pourrait atteindre 3 milliards de personnes avec l'accroissement des pénuries en Chine, en Inde et en Afrique subsaharienne, indiquait le PNUD (Programme des Nations-Unies pour le Développement) en 2006 (<http://www.veoliaeau.com/developpement-durable/enjeux/gestion-durable/pressions/#c11821008871>).

Face à cette réalité mondiale, les ressources en eau dans la ville de Bamako ne sont pas en marge de ces menaces. Et c'est dans cette lutte que le Mali s'est engagé pour une gestion rationnelle ses ressources en eau, par la mise en place des structures de gestion et la réalisation des projets à dimension sous-régionale tel que le projet GIRENS dans le souci de satisfaire les besoins des générations futures.

A travers cette étude nous nous proposons d'apporter notre contribution dans l'évaluation des menaces exercées sur les ressources en eau par la ville de Bamako afin d'envisager des propositions de leur réduction.

Le présent rapport est développé autour de cinq points. En effet après la généralité sur la zone d'étude avec un zoom sur la structure d'accueil et la description de la méthodologie adoptée, ainsi que les difficultés rencontrées, nous avons abordé l'Etat des lieux des ressources en eau et leur cadre de gestion. Nous avons ensuite identifié les pressions exercées sur les ressources en eau. Par ailleurs, nous avons identifié les mesures de réduction prises par autorités pour enfin terminer par nos recommandations.

b. Problématique

Suite à la croissance démographique, à l'expansion du centre urbain et à la multiplication d'unités industrielles dans la ville de Bamako et ses environs, l'hydraulicité dans cette zone a fortement changé ces deux dernières décennies. Cette situation très inquiétante provoque la détérioration de la qualité des eaux et les risques de dégradation de l'environnement. Les cas isolés de mort de poissons, les mauvaises odeurs de l'eau du fleuve en juillet 1993, les inondations de 2001 et de 2003 constituent avec la prolifération des jacinthes le long du fleuve, des témoignages éloquentes. Bref, autant de phénomènes qui n'ont pas jusqu'ici trouvé une explication adéquate faute de données fiables (CISSE, 1997). C'est dans ce contexte que cette étude s'inscrit pour évaluer les pressions exercées sur les ressources en eau par la ville de Bamako en vue de proposer des recommandations pour endiguer ces menaces.

c. Objectifs de l'étude

L'objectif général poursuivi par cette étude est de faire l'état des lieux des ressources en eau, et montrer sur la base des données d'analyses, leur l'amenuisement quantitative et qualitative dans le temps eu égard à leurs usages croissants.

Les objectifs spécifiques sont les suivants :

- Identifier les pressions exercées sur les ressources en eau
- Evaluer la quantité et la qualité de la ressource en eau
- proposer des approches intégrées de réduction des pressions.

II. GENERALITE SUR LA ZONE D'ETUDE ET METHODOLOGIE

2.1. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL : LA DIRECTION NATIONALE DE L'HYDRAULIQUE (DNH)

Créée par l'Ordonnance N°99-014/P-RM du 01 Avril 1999, et organisée par le décret N°185 du 5/7/99 , la Direction Nationale de l'Hydraulique est le service central chargé de l'exécution des missions assignées au Ministère de l'Energie, des Mines et de l'Eau en matière d'eau, et précisées dans le décret n°00-058/P-RM du 21 février 2000 fixant les attributions spécifiques des membres du Gouvernement. Ses principales missions portent sur l'élaboration des éléments de la politique nationale en matière d'hydraulique, la coordination et le contrôle technique des services régionaux, sub-régionaux et des services rattachés qui concourent à la mise en œuvre de ladite politique.

A ce titre, elle est chargée de :

- faire l'inventaire et évaluer le potentiel, au plan national, des ressources hydrauliques ;
- étudier, contrôler, superviser les travaux de réalisation des ouvrages hydrauliques, et veiller à leur bon état de fonctionnement ;
- procéder à l'évaluation des projets de développement dans le secteur de l'eau ;
- participer à la promotion de la coopération sous-régionale dans le domaine de la gestion des ressources en eau.

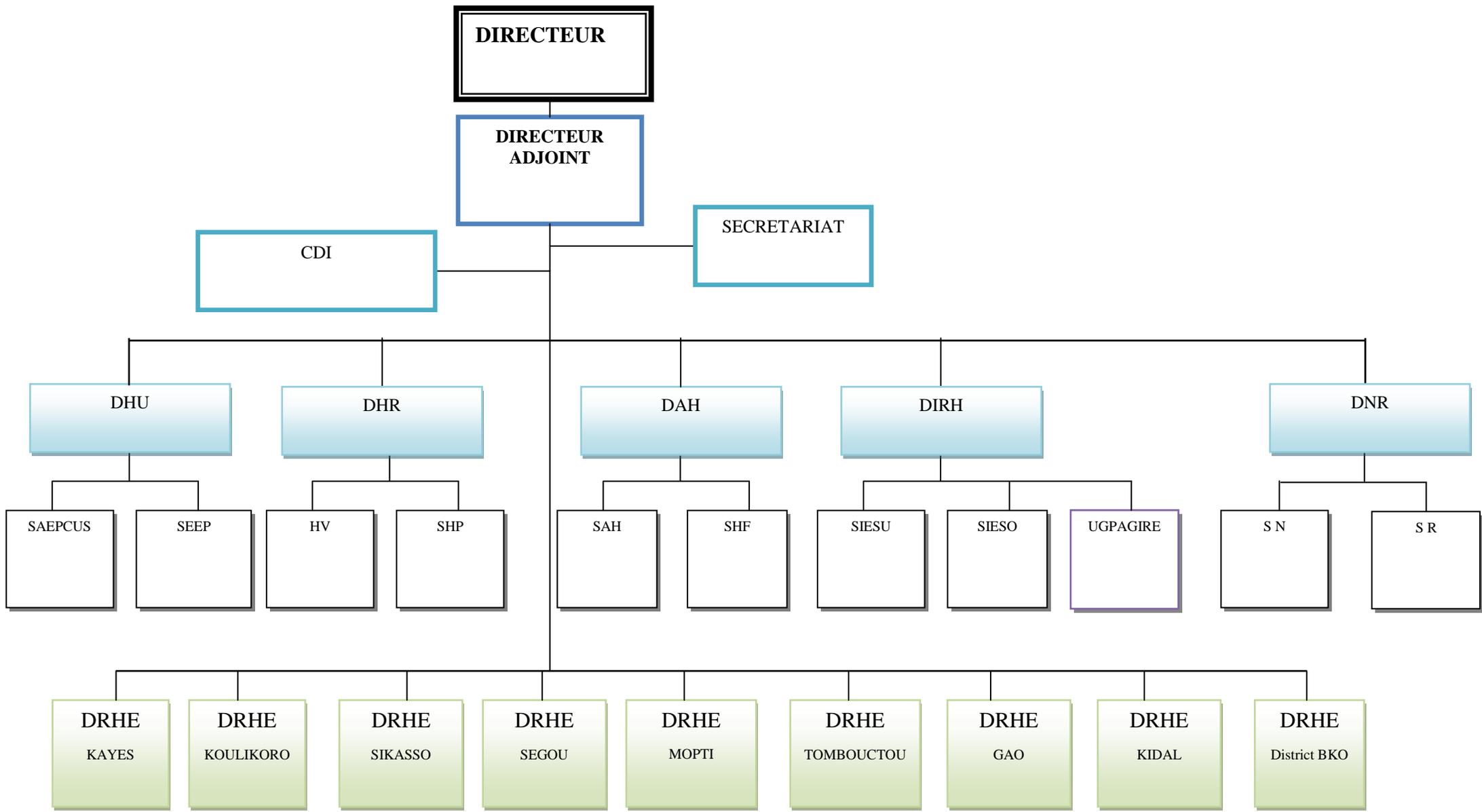
Elle exerce une activité de coordination et de contrôle sur les services régionaux et sub-régionaux, ainsi que sur les services rattachés chargés de la mise en œuvre de la politique de l'eau.

La Direction Nationale de l'Hydraulique comprend un Centre de Documentation en staff et d'Informatique et cinq divisions qui sont:

- ☞ la Division Hydraulique Urbaine ;
- ☞ la Division Hydraulique Rurale ;
- ☞ la Division Aménagements Hydrauliques ;
- ☞ la Division Inventaire des Ressources Hydrauliques ;
- ☞ la Division Normes et Réglementation.

La DNH est représentée au niveau régional et au niveau du District de Bamako par la Direction Régionale de l'Hydraulique et de l'Energie.

-Organigramme de la direction nationale de l'hydraulique (DNH)



2.2. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Ce chapitre traite la situation géographique du district de Bamako, des conditions climatiques, la végétation, l'hydrologie, la démographie, la situation administrative et socio-économique.

2.2.1. Situation géographique

Située au sud du pays sur les rives du fleuve Niger, appelé Djoliba (« le fleuve du sang »), la ville de Bamako est construite dans une cuvette entourée de collines. Elle s'étend d'ouest en est sur 22 km et du nord au sud sur 12 km, pour une superficie de 267 km². Dans la figure ci-dessous est montré les limites du district de Bamako, sa division administrative et l'hydrographie.

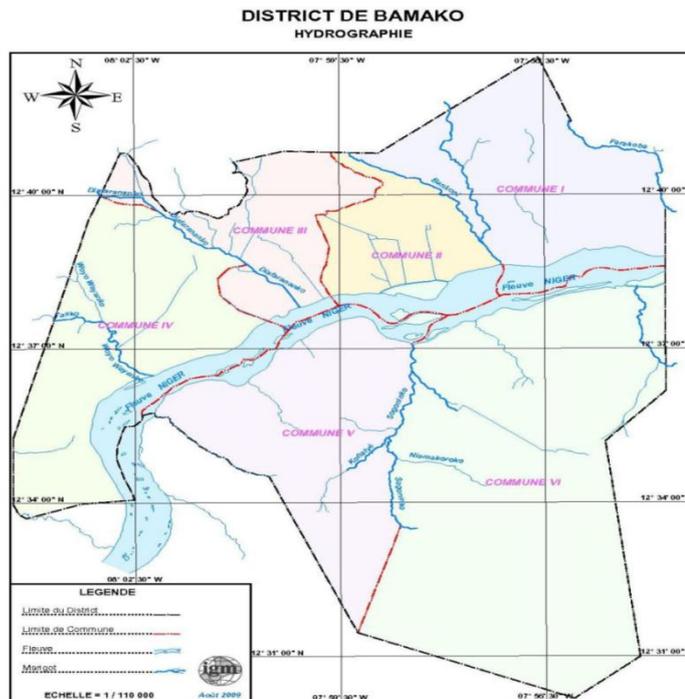


Figure 1: Hydrographie et subdivision administrative du District de Bamako (source : Institut géographique du Mali)

2.2.2. Climat et végétation

Bamako occupe la frange la plus méridionale du Sahel africain correspondant à la zone soudanienne. Cette zone bénéficie de ce fait d'un climat tropical assez humide avec un total

des précipitations annuelles de 967 millimètres mais avec une saison sèche et une saison des pluies bien marquées. Le mois le plus sec ne reçoit en effet pas la moindre goutte de pluie (précipitations égales à 0 mm en décembre) tandis que le mois le plus pluvieux est bien arrosée avec des précipitations égales à 284 mm en août. Les pluies régulières estivales permettent le développement d'une savane arborée ainsi que la culture de plantes telles que le sorgho, le maïs et le coton.

Le district de Bamako compte une forêt classée, celle de Koulouba qui s'étend sur une superficie de 2 010 ha.

2.2.3. Sols

La ville de Bamako est située sur les plaines du Niger. C'est ainsi que la plupart des sols sont constitués de matières fines, constitués soit d'argile limoneuse, soit de limon sablonneux. Plus loin des rives, en certains endroits, tels que les quartiers de Dar Salam, Tomikorobougou et Hamdallaye, le sol est latéritique. Dans le quartier de Badalabougou on trouve un grès dur. Ce grès est de même nature que celui du Palais de la Culture et du Complexe universitaire de Badalabougou. Plus loin des rives, les sols sont gréseux ou latéritiques.

2.2.4. Hydrologie

Les eaux superficielles rencontrées dans la zone d'étude sont constituées par les eaux du fleuve Niger qui prend sa source dans le Fouta Djallon en République de Guinée. C'est le troisième fleuve d'Afrique et le neuvième mondial par sa longueur (4200 km). La superficie totale du bassin avoisine les 2 millions de km². Le débit varie logiquement avec la pluviométrie régionale, cependant, il existe un décalage d'un mois, correspondant au transfert de l'onde de crue, entre la période de pluviométrie maximale (août) et la période des plus hautes eaux (septembre).

2.2.5. Hydrogéologie

L'eau dans le sous-sol de la région de Bamako se localise dans :

- la nappe superficielle
- l'aquifère des grès fracturés

Ces réservoirs naturels sont en relation avec les eaux de surface et communiquent généralement avec elles. Dans la zone de Bamako, on estime que la recharge des nappes est en grande partie assurée par les eaux de surface des bassins versants. L'écoulement de la

nappe de recouvrement à Bamako se fait vers le fleuve Niger (E.D.M, 1998 : Rapport d'évaluation environnementale du projet " Etude des eaux souterraines de Bamako ").

2.2.6. Démographie

L'accroissement démographique de la ville est impressionnant : 2 500 habitants en 1884, 37 000 habitants en 1945, près de 100 000 en 1960 lors de l'indépendance du Mali, 1 690 471 habitants en 2006, plus de trois millions d'habitants en 2007 selon certains experts. Cet accroissement incontrôlé entraîne des difficultés importantes en termes de circulation, d'hygiène (accès à l'eau potable, assainissement), pollution... Dans la figure 2 est représentée la variation de la population par commune selon les trois recensements généraux effectués dans le pays.

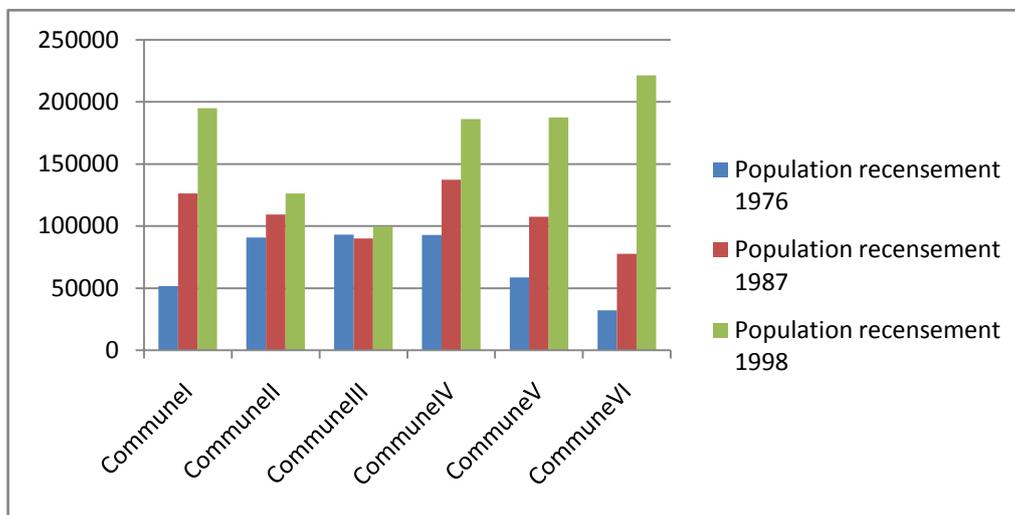


Figure 2: Population par commune et par recensement

Nous avons constaté à la suite des observations de ce graphique que les communes I, IV, V et VI sont les plus peuplées et ont connues une forte croissance démographique ces trois dernières décennies. Alors que les communes II et III relativement moins peuplées n'ont pas connues au cours de cette période une forte croissance démographique.

2.3. METHODOLOGIE

La méthodologie adoptée pour la collecte de l'information se repose sur:

- ☞ la recherche bibliographique centrée sur les rapports d'études d'expertises, de mémoire et de l'Internet ;
- ☞ la collecte des données d'analyse et les entretiens avec certains acteurs de l'eau ;

- ☞ Notre connaissance du milieu ;
- ☞ L'analyse et le traitement des données à l'aide de Microsoft Excel, ainsi que la rédaction du rapport.

2.4. DIFFICULTES RENCONTREES

Les difficultés que nous avons rencontrées dans la réalisation de ce travail sont liées à l'accessibilité aux données sur les ressources en eau souterraines et à la taille de l'échantillon. Par rapport à la taille de l'échantillon, l'étude couvre tout le District de Bamako d'environ 267 km² et les moyens matériels et financiers très limités pour toucher tous les contours de la zone d'étude.

Par rapport à l'accessibilité aux données sur les ressources en eau souterraines, les personnes ressources n'ont pas été favorables à les mettre à notre disposition pour des raisons que nous ignorons malgré l'intervention de mon encadreur. Nous aurions bien voulu analyser la situation pluviométrique, ainsi que les températures sur une longue période, mais les moyens financiers faisaient défaut pour faire face au coût des données. Ainsi pour des fins universitaires nous n'avons reçues que les données météorologiques de 1994 à 2008.

III. RESULTATS ET DISCUSIONS

3.1. ETAT DES LIEUX DES RESSOURCES EN EAU ET LEUR CADRE DE GESTION

Pour établir l'état des lieux des ressources en eau nous avons pris en compte d'une part les différentes composantes du cycle de l'eau à savoir : la pluie, l'humidité relative, l'insolation, l'évapotranspiration et la température et bilan hydrique. D'autre part à travers les entretiens et données documentaires, nous avons procédé au diagnostic du cadre de gestion. Ainsi sur la base des données recueillies nous avons :

3.1. 1. La pluviométrie et la température

Les mois de juillet à septembre sont les plus pluvieux avec plus de 150 mm de pluie. En août, plus de 250 mm de pluie sont enregistrées. Aucune trace n'est observée en décembre (0 mm). La figure 3 donne la pluviométrie moyenne mensuelle calculée sur une période statistique allant de 1994 à 2008. La pluviométrie croît progressivement de janvier à août, puis décroît jusqu'en décembre.

Les données de températures mensuelles sont les suivantes.

- la température maximale moyenne de l'ordre de 40°C (voir annexe 1)

- la température minimale moyenne de l'ordre de 17°C à 25°C
- la température moyenne de l'ordre de 25°C à 32°C (voir annexe 2)

Les températures sont pratiquement très élevées au courant des mois de mars à mai avec une apparition progressive des pluies.

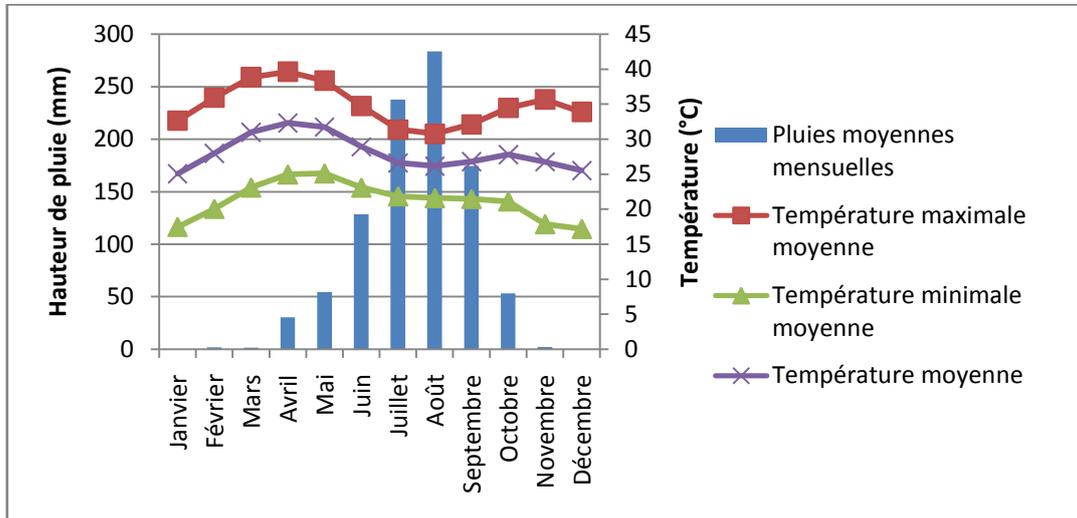


Figure 3: les températures et les pluies moyennes mensuelles de 1994-2008

Sur la base de la pluviométrie moyenne annuelle dans la zone (figure 4), nous constatons qu'au cours de cette décennie, la pluviométrie annuelle à Bamako a été forte en 2008 avec 1200 mm de pluie. Les pluviométries dépassent 1000 mm exception faite pour les années 1998, 2000, 2001 et 2007 où la pluviométrie totale annuelle est autour de 800 mm. C'est en 2002 qu'on a été enregistré la plus faible pluviométrie moyenne annuelle de cette période.

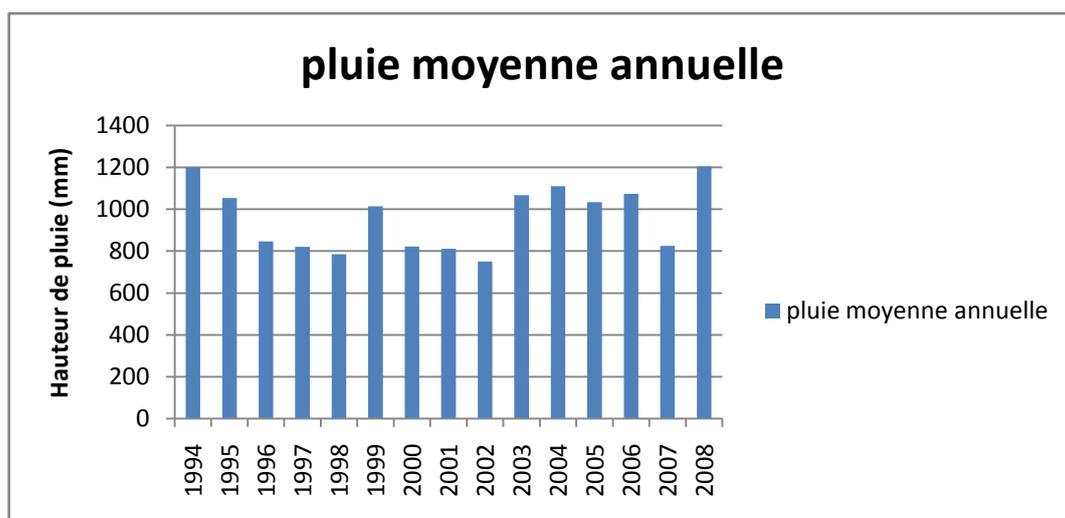


Figure 4: pluie moyenne annuelle à Bamako de 1994 – 2008

3.1. 2. Ensoleillement

Le mois d'août le moins ensoleillé de la zone reçoit 200 heures d'ensoleillement alors que les mois de décembre et janvier sont les plus ensoleillés (272 heures). De juin à octobre l'ensoleillement ne dépasse pas 250 heures. Il décroît progressivement avec de faibles variations ondulatoires de janvier jusqu'en août, puis croît jusqu'en décembre comme le montre la figure 5.

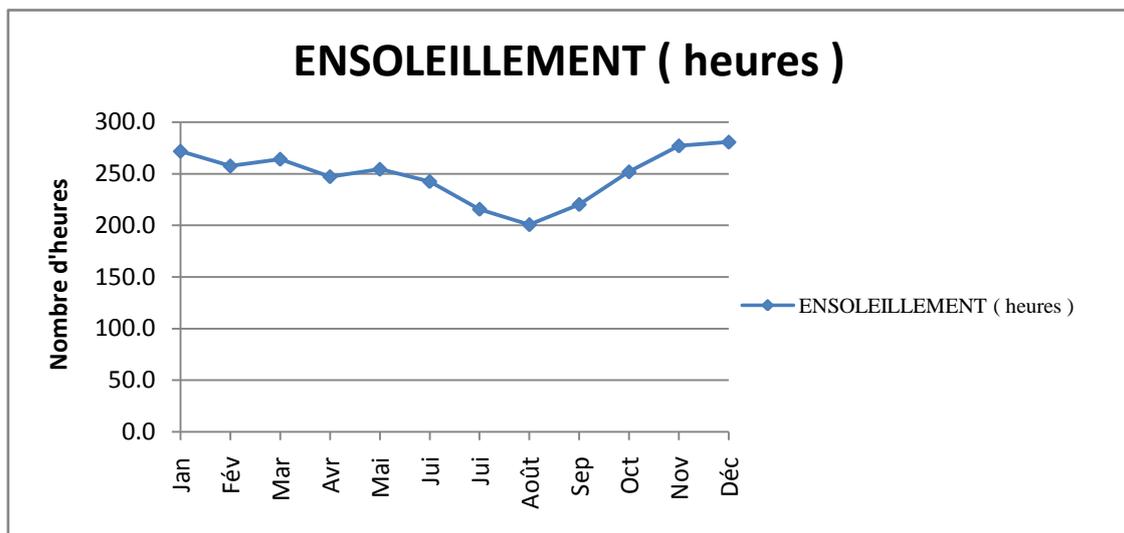


Figure 5: Ensoleillement mensuel à la station météorologique de Senou à Bamako

Les températures moyennes annuelles croient en dents de scie avec une baisse accrue en 1999 de 33.5°C (figure 6).

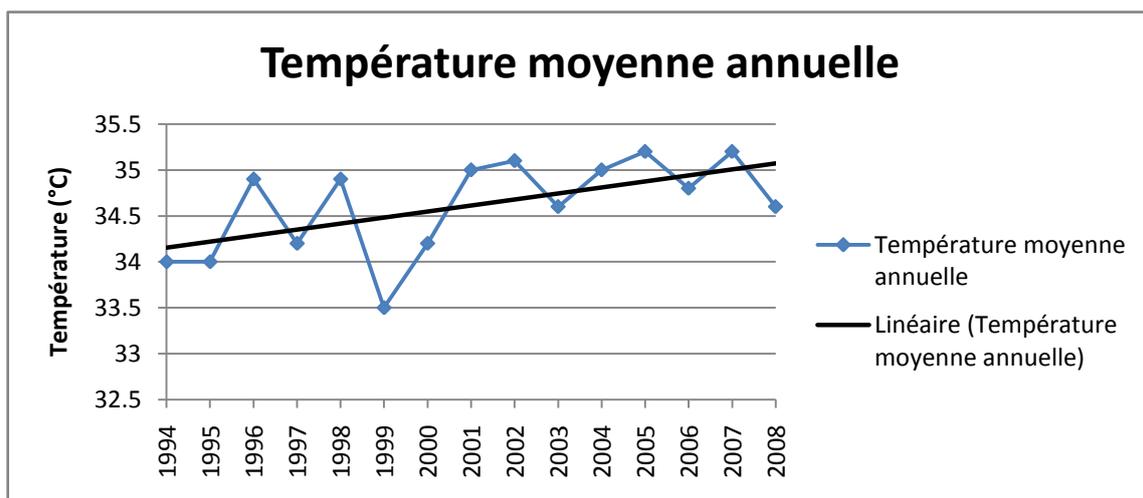


Figure 6: Températures moyennes annuelles de 1994-2008

3.1. 3. Humidité relative

Sur la base des données recueillies, l'humidité relative reste faible de janvier à mars avec le

mois de février le moins humide 33%, elle croit exponentiellement jusqu'en septembre où elle avoisine 100%, puis décroît progressivement jusqu'à 50% en décembre.

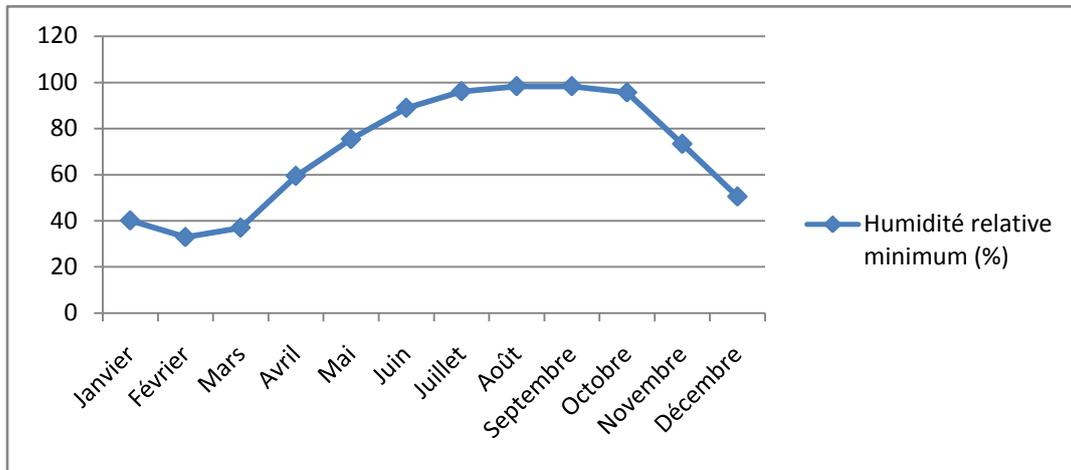


Figure 7: Humidité relative minimum mensuelle à Bamako

3.1. 4. Ressources en Eau de surface

Jusqu'ici, nous nous sommes limités aux composantes entrant dans le cycle de l'eau; il nous reste maintenant à montrer l'état des ressources en eau de surface et celles souterraines.

L'essentiel des ressources en eau de surface dans cette zone sont constituées par le fleuve Niger et ses nombreux affluents (marigots) qui sont les collecteurs naturels.

La station de Koulikoro à 57 km en aval de Bamako dispose d'une chronique de données de bonne qualité. Les débits observés à Koulikoro ont été utilisés pour les analyses.

L'essentiel du volume des ressources en eau de surface est représenté par le potentiel d'écoulement annuel de 43 milliards de m³ du fleuve Niger à Koulikoro (PAGIRE, 2007).

Le débit fleuve Niger est caractérisé par d'importantes variations saisonnières entre l'étiage et la crue, atteint son niveau maximum pendant la saison des pluies (Août-Octobre), où son débit peut dépasser 5000 m³/s, et diminue progressivement pour atteindre son niveau le plus bas en février-mars-avril.

Dans la figure 9 relative à la variation du débit moyen annuel du fleuve Niger de 1908 à 2008, on constate une variation en dents de scie du débit moyen annuel du fleuve. Le plus fort débit (2282 m³/s) a été enregistré en 1925, alors que le plus faible débit a été observé en 1989 avec 600 m³/s. Dans l'ensemble la tendance du débit moyen annuel du fleuve Niger est à la baisse.

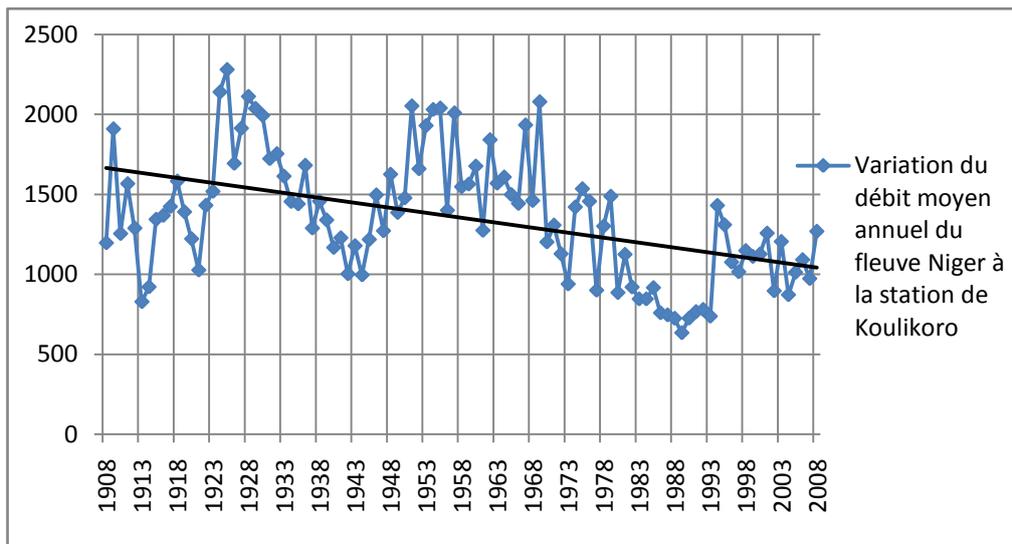


Figure 8: Variation du débit moyen annuel du fleuve Niger à la station de Koulikoro de 1908 à 2008

Signalons que depuis l’entrée en service du barrage de Sélingué en 1981, les côtes du fleuve Niger à Bamako ont connu une diminution importante. Ce barrage joue un rôle important pour la production hydroélectrique, pour l’alimentation en eau des villes et des zones irriguées en aval. Il sert également à permettre la navigation et à maintenir des débits minimums environnementaux et le contrôle des inondations ou des pollutions.

La variation des côtes du fleuve Niger à Bamako depuis 1908 est illustrée dans la figure 8.

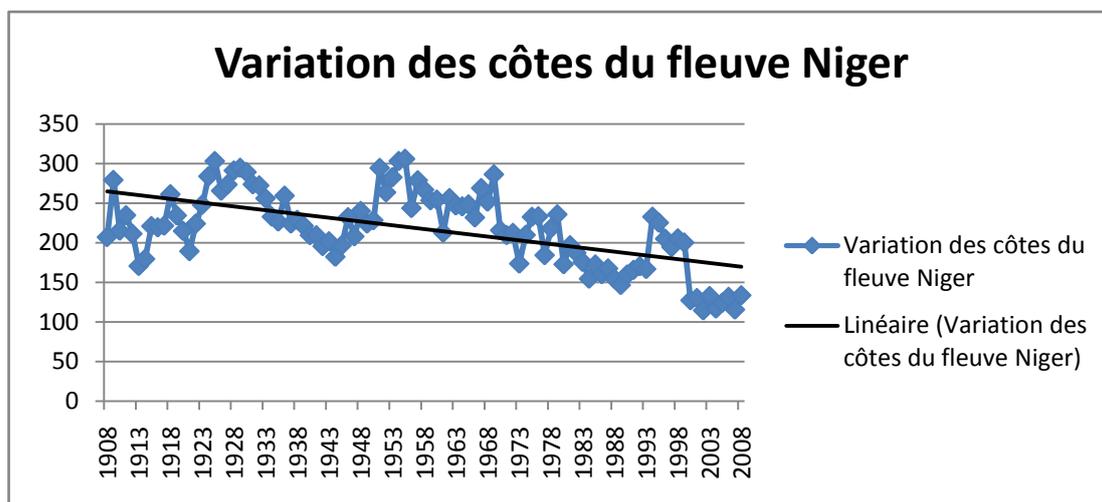


Figure 9: Variation interannuelle des côtes du fleuve Niger à la station de Koulikoro

On constate de cette courbe que le niveau d’eau dans le fleuve Niger connaît dans l’ensemble une baisse progressive depuis 1908 de notre série. Exceptionnellement en 1925 et 1954 le niveau du fleuve a atteint 300 cm.

A l'exception du Niger, les cours d'eau permanents à Bamako sont rares. Le tableau 1 donne les principaux marigots du fleuve Niger à Bamako.

Tableau 1 : les principaux marigots du fleuve Niger à Bamako

Situation	Marigot
Rive gauche du fleuve Niger	Farakoba
	Molobalini
	Banconi
	Tienkolé
	Balassoko
	Diafaranako
	Collecteur Motel
	Ouéouyanko
	Sébeninkoro
Rive droite du fleuve Niger	Bamba Falani (Yirimadio)
	Le Tablé
	Sogoniko
	Foloni
	Dougouradji

Source : schéma directeur et programme de drainage des eaux pluviales et d'assainissement des eaux usées du district de Bamako

3.1.7. Ressources en eau souterraine

Les ressources en eau souterraine de Bamako sont contenues dans deux principaux aquifères:

- la nappe superficielle ;
- l'aquifère des grès fracturés

Ces aquifères sont généralement en communication hydraulique entre eux.

La zone d'alimentation de l'aquifère est presque totalement occupée et recouverte d'habitations. Cependant, l'infiltration se fait dans les dépressions et grands espaces à pente quasi-nulle, ainsi que l'alimentation par des apports souterrains à partir des plateaux latéritiques (INRS, 1991).

Nous n'avons pas pu estimer la quantité d'eau souterraine de Bamako. Les données qui existent sont d'ordre national.

3.1. 8. Bilan hydrique

L'infiltration d'eau dans une nappe phréatique est le résultat du bilan hydrique suivant :

$I = P - ETP - R$ (avec **P** la pluie, **ETP** l'évapotranspiration et **R** le ruissellement). En supposant que les pertes d'eau par le ruissellement sont compensées par les apports aux limites de la zone d'étude, on a calculé le bilan hydrique en utilisant les données des pluies et d'évapotranspirations mensuelles moyennes de 1994 à 2008. La variation de ces paramètres est représentée dans la figure 12.

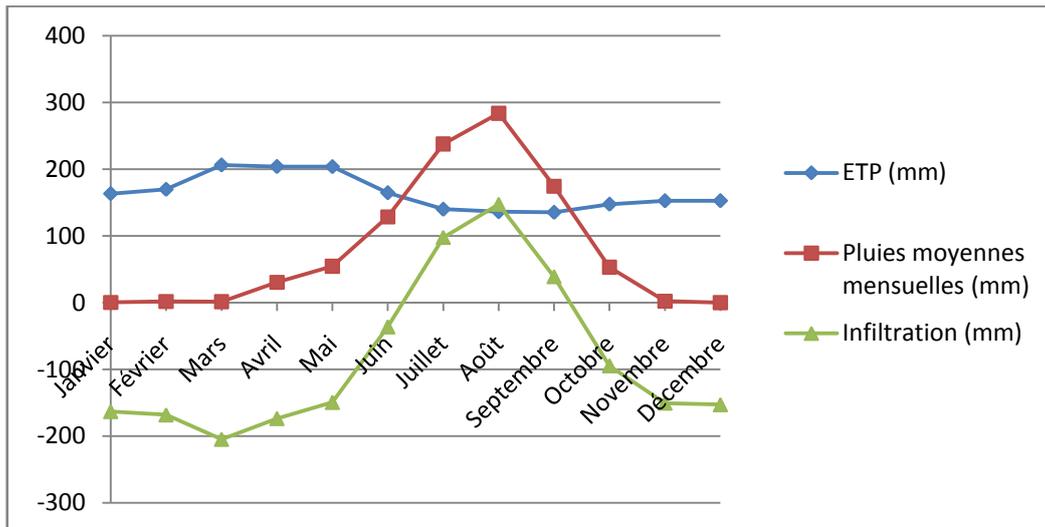


Figure 10: Relation entre le bilan hydrique, l'Evapotranspiration et les Pluies moyennes mensuelles à Bamako

L'analyse de cette figure montre que le bilan hydrique n'est positif que pour les mois de juillet à septembre. Nous constatons par la suite que le pic du bilan hydrique est observé en août (147 mm) ; alors que la pluviométrie moyenne mensuelle est à son maximum (284 mm). L'infiltration atteint son minimum (-200 mm) au mois de mars quand l'évapotranspiration est maximale (200 mm). Nous déduisons de cette analyse que de janvier à juin il n'y a quasiment aucune infiltration.

3.1. 9. Qualité des eaux

Définition : la qualité de l'eau est l'ensemble des caractéristiques physiques, chimiques et microbiologiques d'une eau.

La connaissance des caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques de l'eau permet de déterminer son degré de potabilité ou de pollution pour prévenir les risques de contamination et de santé publique. Dans la suite de cette partie nous avons parlé de la qualité des eaux de surface puis celle des eaux souterraines.

3.1.9.1. Qualité des eaux de surface

L'information sur la qualité des eaux de surface autour de Bamako se concentre principalement sur le fleuve Niger et ces tributaires. Pour évaluer la qualité des eaux de surface, nous avons fait référence au carnet de suivi du Laboratoire National des Eaux. Nous avons constaté que les eaux du fleuve Niger ne font pas l'objet de suivi systématique. D'où le nombre d'éléments très limité pour exprimer l'état de la qualité des eaux du fleuve Niger à Bamako.

Mais il importe de constater que le pouvoir auto-épuration du fleuve Niger est très faible dans certains endroits même si les paramètres physicochimiques retrouvent des valeurs normales quelques centaines de mètres en aval des points de rejets des déchets (NIC S., 2004).

La pollution du fleuve Niger est surtout aggravée par les apports des différents polluants des marigots qui sont les déversoirs naturels traversant les différents quartiers de Bamako.

Ainsi en ne considérant que quelques paramètres essentiels indicateurs de la qualité de l'eau à savoir le nitrate ; l'azote et le phosphate (NO_3^- ; NH_4^+ ; PO_4^{3-}), l'analyse chimique réalisée en mai 2003 par le Laboratoire de Qualité des eaux (actuel Laboratoire National des Eaux), a donnée les résultats consignés dans le tableau 2.

Tableau2 : paramètres indicateurs de la qualité de l'eau des marigots du Niger à Bamako

Lieu de prélèvement	égout près du pont des martyrs	Marigot derrière IGM	Marigot Diafarana	Fleuve R.D près du complexe sportif Torokorobougou	Fleuve Cité du Niger	Marigot Ngomiya Ramdougou	Fleuve près égout usine TAO	Fleuve près égout Abattoire	Fleuve Djikoroni Para près poudrière	Fleuve zone industrielle aval égout TAMALI	Norme (OMS)
NO⁻³ (mg/l)	1.1	0.3	5.8	2.9	0.7	2	0.5	0	0.3	0.6	≤50
NO⁻² (mg/l)	-	1.3	0.037	0.041	0.015	0.07	0.002	0.005	0.03	0.005	≤3
PO⁻³₄ (mg/l)	1.94	6.9	5.6	0.68	4.35	0.63	0.71	1.55	0.8	1.33	≤5
NH⁴⁺ (mg/l)	4	0.8	4	0.001	8	0	0	1.6	0	0.4	≤1,5
Cl⁻ (mg/l)	10.7	41	9.7	1.3	28.4	5.8	0.7	4.4	1.2	1.1	≤250
PH	6.5	6.6	7.4	6.4	6.4	7.2	6.6	6.2	7.8	6.5	6,5<pH<8,5
Cond (μs)	714	510	1550	65	391	290	65	86	-	-	≤2500

Source : Laboratoire Nationale des eaux

3.1.9.2. Qualité des Eaux souterraines

La qualité des eaux souterraines de Bamako est fragilisée par la position de la ville presque totalement bâtie sur la zone d'alimentation de l'aquifère. Cet état de fait expose les eaux de la nappe aux rejets d'eaux usées et les fosses septiques qui sont en grande partie à l'origine de toutes pollutions bactériennes et chimiques.

Cette nappe est constituée de :

- la nappe superficielle (dont on peut distinguer le réservoir du plateau supérieur et la nappe superficielle de la vallée du Niger) ;
- l'aquifère des grès fracturés.

a) La nappe superficielle

La nappe superficielle de Bamako est l'une des sources d'approvisionnement de la population par l'intermédiaire des puits peu profonds (2 à 10m), mais malheureusement la contamination des eaux des puits est générale. Elle est aussi bien chimique que microbiologique.

Les résultats d'analyses chimiques sur base de la réalisation de 30 puits, sont présentés dans le tableau 3.

Tableau 3 : Contamination de l'eau de la nappe aquifère à Bamako

Paramètre	Lieu	Résultats d'analyses (mg/l)	Normes (OMS)
NO ₂ ⁻	Bankoni	0.026	≤3
	Bozola	2.23	
NO ₃ ⁻	Bozola	7.92	≤50
	Niaréla	145.2	
NH ₄ ⁺	Bankoni	0.039	≤1,5
	Bozola	17.4	

Source : Ministère de l'Industrie, du Commerce et des Transport : Rapport d'Etude d'investissement pour l'Assainissement de la zone industrielle de Sotuba, Bamako, Mali, Janvier 2001

L'analyse de ce tableau nous montre que la valeur des nitrates à Niarela et celle de l'ammonium à Bozola sont largement au dessus des normes de l'OMS.

Le tableau suivant donne la composition en Nitrate dans l'eau de quelques témoins en décembre 2008.

Tableau 3 : contamination au Nitrate des eaux de puits de Niarela, Bagadadji et Bozola

Lieux		NO-3(mg/l)	PH
NIARELA	P1	25,5	6,46
	P2	19,15	6,37
	P3	4,45	6,46
	P4	6,6	6,41
BAGADADJI	P1	37,8	6,83
	P2	40,5	5,87
	P3	30,1	6,18
	P4	41,5	5
	P5	11,2	5,15
	P6	5,73	6,4
BOZOLA	P1	20,5	7,07
	P2	13,04	7,12
	P3	11,34	7,22
	P4	15,8	6,8

Source : Laboratoire National des eaux

L'analyse de ce tableau montre que la valeur des N-Nitrates (azote contenu dans l'eau) est largement supérieure à la norme (10 mg/l). L'eau est acide à Niarela et à Bagadadji (PH<7), alors qu'elle est basique dans certains endroits à Bozola (PH>7)

3.1.9.1. Vulnérabilité de la nappe

La vallée du fleuve Niger et de ses principaux affluents constituent des zones de vulnérabilité de la nappe superficielle de Bamako. Ceci pourrait être dû à la faible profondeur de la nappe et à l'insuffisance d'infrastructure d'évacuation des eaux usées. Les habitants de certains quartiers comme Niarela ne sont pas sans ignorer que certains puits et fosses septiques sont en relation avec l'eau de leur puits. Au cimetière de Niarela il est presque impossible de creuser des tombes de plus de 0.5 m à cause du niveau de la nappe.

Les études réalisées sur la nappe phréatique de Bamako ont montré que la teneur en nitrates de cette nappe est en général très supérieure aux normes de potabilité. Ce nitrate provient essentiellement de l'infiltration des eaux usées des fosses et latrines. La pollution de cette nappe phréatique fait peser un risque sanitaire sur la population et rend l'utilisation de l'eau très difficile (INRS, 1991). En période hivernale cette nappe peut souiller le réseau d'eau potable si ce dernier présente des fuites. La figure 10 représente les zones de vulnérabilité de la nappe de Bamako.

CARTE DE VULNERABILITE DE LA NAPPE SUPERFICIELLE DE BAMAKO

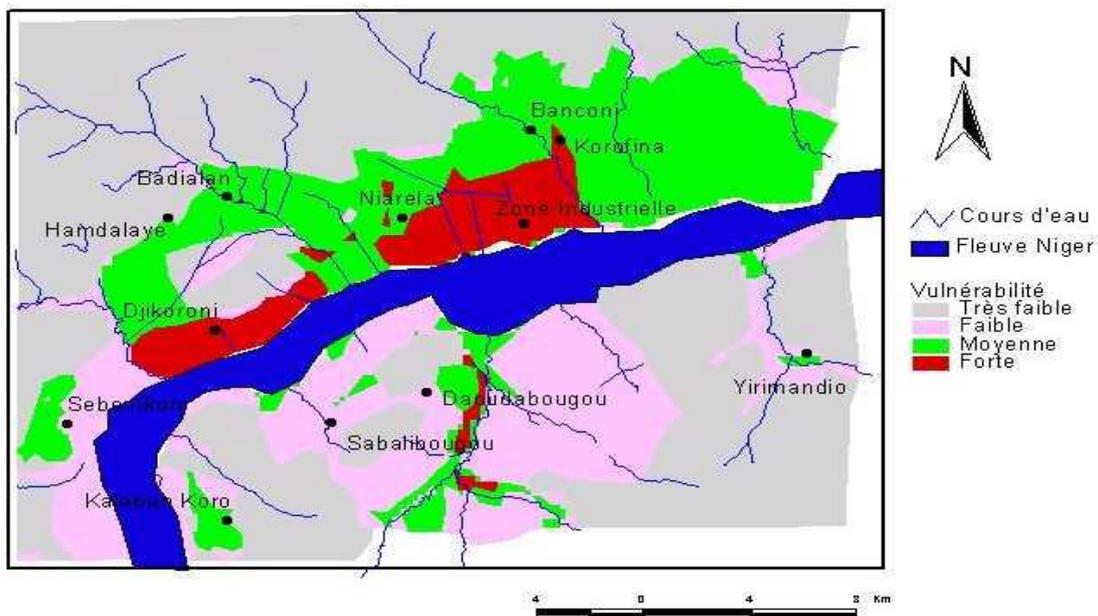


Figure 11: Carte de vulnérabilité de la nappe superficielle de Bamako (Amadou Z. T., 2007)

b) L'aquifère des grès fracturés

L'aquifère des grès fracturés est en communication avec la nappe superficielle par l'intermédiaire de fissures. Cet aquifère offre des possibilités importantes pour l'approvisionnement de l'eau potable pour la ville de Bamako. Une étude réalisée en 1997 par le groupement ANTEA/BREESS a montré que les échantillons prélevés sur les forages proches et éloignés du fleuve sont dans l'ensemble très voisins, l'eau circulant dans les grès fissurés est de bonnes qualités chimiques et bactériologiques. Ce sont des eaux bicarbonatées, calciques et magnésiennes peu minéralisées (conductivité de 200 à 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

3.1.10. CADRE DE GESTION DES RESSOURCES EN EAU

3.1.10.1. Cadre institutionnel

Le dispositif institutionnel a connu de profondes mutations depuis une décennie et se caractérise par le grand nombre d'intervenants et l'insuffisance de coordination entre eux. Les principaux acteurs du secteur de l'eau, sont :

- **L'Etat** à travers les départements ministériels concernés par le secteur de l'eau, mais essentiellement ceux représentés au sein du comité de coordination de l'eau et de l'assainissement. En outre des départements ministériels, plusieurs directions sont également concernées.
- **Les Usagers** à travers le Conseil Communal, le Conseil de Cercle, l'Assemblée Régionale et les Collectivités Territoriales
- **Le Secteur privé et associatif**
- **Les Partenaires techniques et financiers**

3.1.10.2. Cadre législatif et réglementaire

En matière de gestion des ressources en eau, le cadre de référence en vigueur est la loi n°02-006 du 31 janvier 2002 portant Code de l'eau. A ce titre, il aborde tous les aspects liés à la gestion de l'eau. Il fixe les règles d'utilisation de la ressource et consacre les principes fondamentaux de la protection, de la conservation, de l'exploitation et de la mobilisation des eaux. Pour sa mise en œuvre plusieurs textes d'application ont été déjà adoptés par le gouvernement.

3.2. IDENTIFICATION LES PRESSIONS SUR LES RESSOURCES EN EAU

La problématique de gestion de l'environnement se pose dans la zone d'étude en termes d'exploitation des ressources en eau en dégradation progressive et une population en accroissement exponentiel. Dans cette partie nous identifierons les multiples pressions qui s'exercent sur les ressources en eau de la zone de Bamako, en raison des multiples usages et les conséquences qui en découlent.

3.2.1. LES PRELEVEMENTS

Les résultats de nos investigations ont montré que les populations dans la zone d'étude s'approvisionnent principalement à partir du réseau d'adduction d'eau de la ville, les puits traditionnels et des forages profonds captant la nappe des grès fissurés à partir des pompes des pompes manuelles. L'eau du réseau d'adduction est pompée dans le fleuve Niger, traitée puis distribuée par EDM dans le centre ville et dans certains quartiers périphériques. La figure 11 représente l'évolution des prélèvements effectués par EDM dans le fleuve Niger de 1980 à 2008.

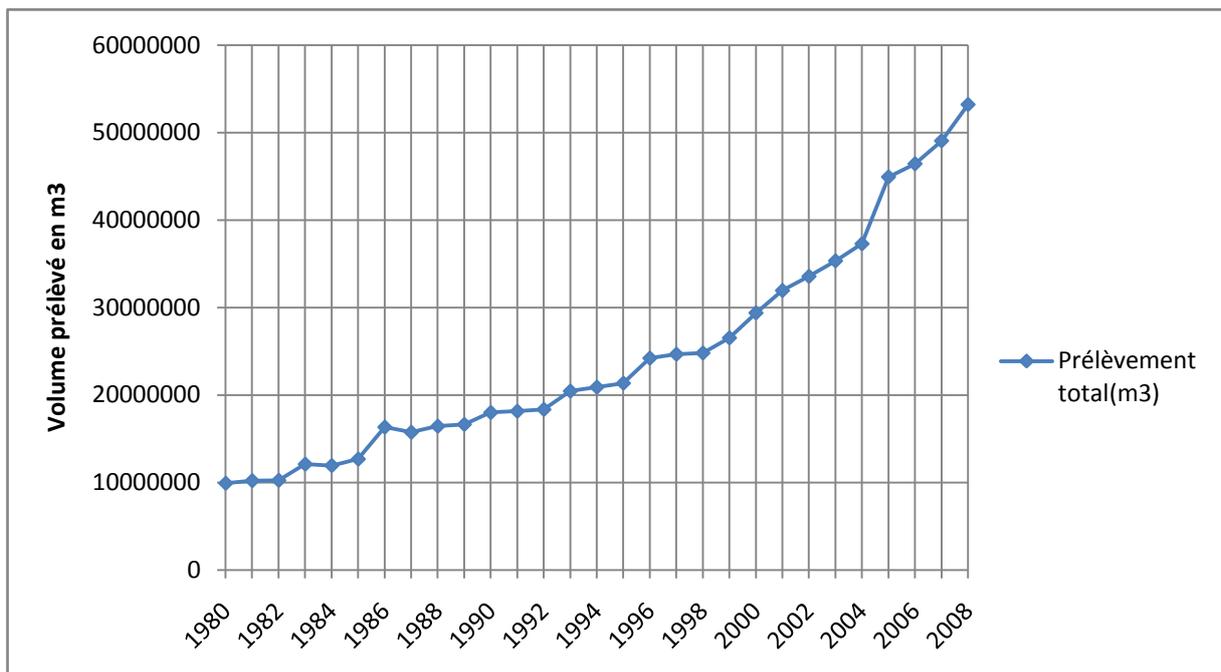


Figure 12: Evolution des prélèvements de l'EDM dans le fleuve

L'analyse de cette courbe montre que les prélèvements sont de plus en plus croissants au cours de deux dernières décennies ; comme on peut le remarquer facilement, en 1980 EDM a prélevé 10 000 000 m³ comparé à plus de 50 000 000 m³ prélevé en 2008, soit cinq fois. Le

prélèvement actuel de l'EDM est en moyenne égal à 145776,197 m³ par jour. Les volumes pompés par EDM dans le fleuve Niger sont présentés en annexe 3.

Les quantités prélevées par les autres usages sont également considérables car la ville est en majorité construite à partir de l'eau du fleuve et des puits traditionnels peu profonds 2 à 10 m.

Les chantiers routiers sont également réalisés à partir de l'eau du fleuve et des marigots.

Une étude réalisée en 1991 par l'INRS a estimé que chaque personne utilise en moyenne **3** seaux de **15** litres par jour, soit **45** litres par jour et par personne.

Sur la base de ces données et en considérant que presque toute la population utilise l'eau de la nappe pour une raison ou une autre, nous avons pu estimer les quantités prélevées dans la nappe par la population. Ainsi pour une population totale de **1 690 471** habitants, la quantité prélevée est estimée à **76071,195 m³** par jour, soit un prélèvement mensuel de **2282135,850 m³**. La figure suivante donne les besoins mensuels en eau de Bamako de 2008 et 2009.

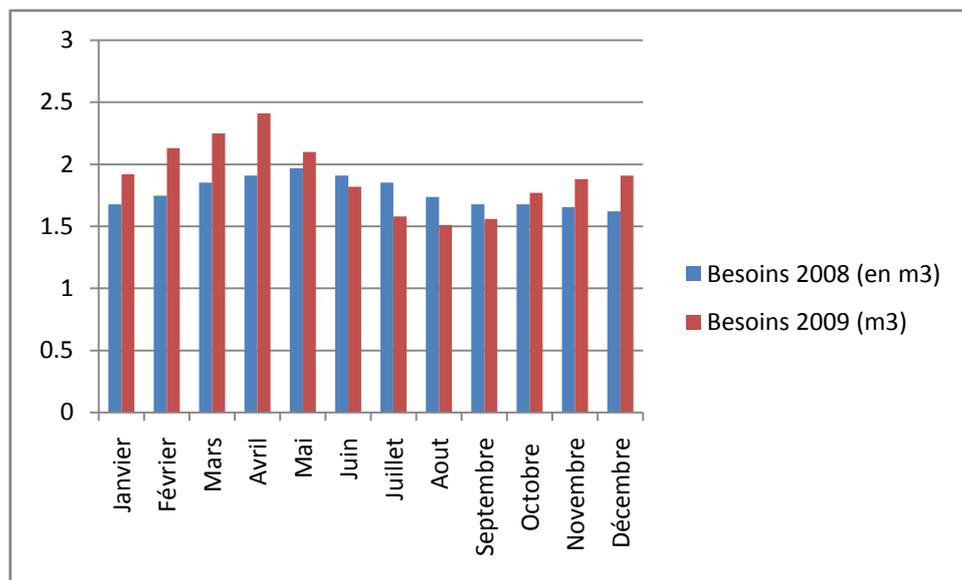


Figure 13 : Variation des besoins mensuels en eau à Bamako

3.2.1.1. L'influence des prélèvements de l'EDM sur le débit du fleuve

EDM (Energie du Mali), est une société chargée depuis 1961 de la production, du transport et de la distribution de l'Energie électrique et de l'Eau potable. Elle s'occupe des systèmes d'adduction d'eau de Bamako et des autres villes du Mali. Dans la figure suivante est présentée la variation du débit de prélèvement dans le fleuve Niger par cette société de 1980 à 2008 ainsi que le débit du fleuve. Ces débits interannuels du fleuve Niger sont donnés dans l'annexe 4.

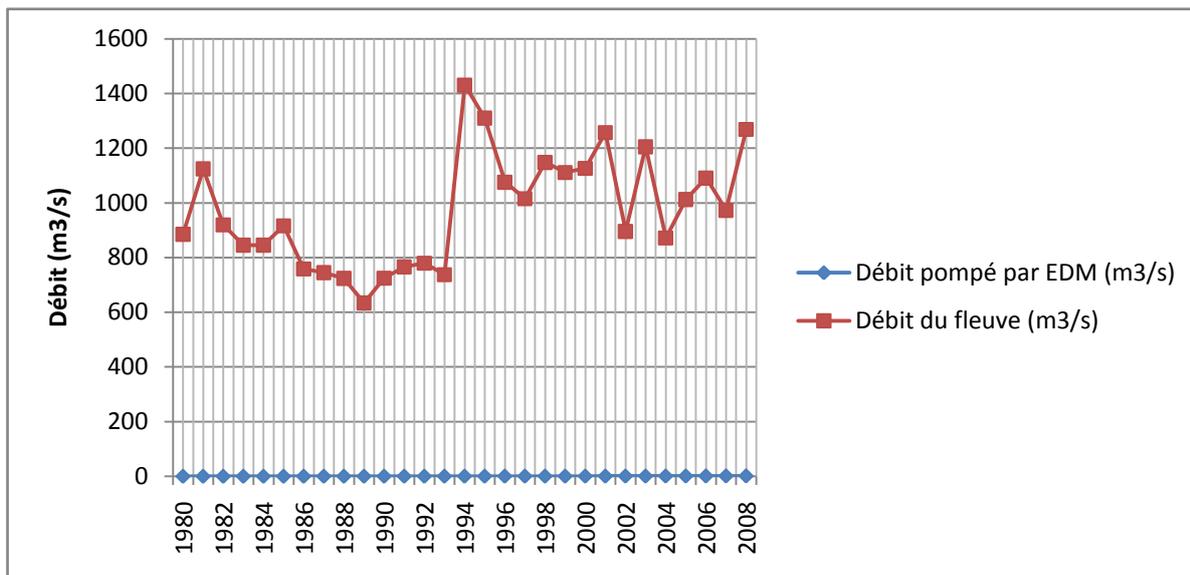


Figure 14 : Impact des prélèvements de EDM-SA sur le débit du fleuve Niger à la station de Koulikoro

A la suite des analyses sur cette figure il apparait que le débit prélevé par l'EDM est de loin inférieur par rapport au débit du fleuve Niger. Ceci montre que quantitativement les ressources en eau de surface subissent des pressions peu sensibles de la part de l'EDM.

Toutefois il ne faut pas sous-estimer les prélèvements effectués par le cheptel, les maraichers et d'autres prélèvements clandestins dont nous n'avons pas pu estimer la quantité. Notons aussi que les maraichers creusent des puits peu profonds (3 à 4 m) et une bonne partie de la quantité prélevée s'infiltré pour réalimenter la nappe superficielle.

Le tableau 4, représente les débits annuels pompés par EDM pour mieux comprendre la constance à zéro de ce débit par rapport à celui du fleuve Niger dans la figure 14.

Tableau 4: débits annuels pompés par EDM et celui du fleuve Niger

ANNEE	Débit pompé par EDM (m3/s)	Débit du fleuve (m3/s)
1980	0.313908582	885
1981	0.323253291	1124
1982	0.324657034	920
1983	0.383297985	845
1984	0.37811517	845
1985	0.401613461	916
1986	0.517531743	758
1987	0.498746028	745
1988	0.520743444	724
1989	0.527383909	634
1990	0.570537431	725
1991	0.575113121	766
1992	0.581617066	779
1993	0.648051417	737
1994	0.662435946	1431
1995	0.676820476	1310
1996	0.767710753	1076
1997	0.781796577	1015
1998	0.786302705	1148
1999	0.84104382	1111
2000	0.931566931	1126
2001	1.012844135	1257
2002	1.064080483	896
2003	1.120390398	1205
2004	1.182074288	872
2005	1.424743151	1012
2006	1.472361333	1091
2007	1.555451833	973
2008	1.687224505	1269

Source : Energie du Mali

Notons qu'il n'est pas possible avec les données disponibles d'évaluer l'impact des pompages à débits élevés dans l'aquifère gréseux et dans les nappes superficielles. Les données récentes présentant beaucoup de lacunes remontent aux deux campagnes de suivi piézométrique effectué en 2005 et 2006 par la DNH, mais qui ne nous permettent pas de faire une analyse fiable sur la variation du niveau piézométrique due aux prélèvements dans la nappe par l'EDM, par conséquent il a été impossible de trouver un chiffre exprimant le volume des ressources en eau souterraines.

3.2.2. LES OCCUPATIONS ANARCHIQUES DES BERGES

Les domaines publics hydrauliques subissent de fortes pressions par la poussée importante de l'urbanisation anarchique. Les bas fonds et les berges des marigots et du fleuve Niger sont en général de plus en plus occupés par des habitants de tous les rangs sociaux confondus.

Cette occupation anarchique des terres engendre de sérieux problèmes environnementaux et de fonctionnement parmi lesquels, la perturbation du bon écoulement des eaux pluviales avec de sérieux risque d'inondations préjudiciables à la sécurité de la population.

On dénombre dans la ville de Bamako, 188 points noirs d'occupation anarchiques dont 134 occupations de bas fonds et d'attribution de titres fonciers pour vocations multiples (d'après le Rapport national sur l'état de l'environnement, 2005).

Aussi le dépôt d'ordures et de déchets divers contribue à fragiliser les berges et à favoriser leur érosion et ainsi leur effondrement et par conséquent l'élargissement des lits.

La photo1 illustre une occupation incontrôlée des berges du Niger à Bamako.



a)

Photo 1: a) et b) Occupation du lit mineur du fleuve Niger à Bamako

3.2.3. LES INONDATIONS

Définition : l'inondation est un phénomène naturel qui est engendré par des pluies successive et qui se manifeste par une submersion temporaire par l'eau de terres qui ne sont pas submergées en temps normal.

Cependant il existe des inondations occasionnées par les activités humaines : construction de barrages sur les cours d'eau ; urbanisation etc.

Dans notre zone d'étude trois inondations ont causées d'importants dégâts matériels cette décennie, les inondations de 2001, 2003 et 2008.

Il importe toutefois de ne pas perdre de vue que les principales causes de ces inondations pourraient être entre autres:

- La diminution des zones de rétention des crues (lit mineur du fleuve)
- L'urbanisation rapide des environs de la ville de Bamako
- les variabilités climatiques

La crue à Bamako est la résultante des apports du Haut Niger depuis sa source en territoire guinéen et de ceux de son affluent, le Sankarani. Le cas par exemple de l'inondation de 2001 qui est marqué par la coïncidence de la pointe de crue du fleuve Niger avec celle du fleuve Sankarani.

3.2.4. LA PROLIFERATION DES PLANTES AQUATIQUES

La jacinthe d'eau probablement originaire d'Amérique du Sud se développe actuellement entre les 35^{ème} parallèles nord et sud de la planète. Elle a été introduite dans plusieurs régions du monde comme plante ornementale, où elle est devenue plus tard l'une des plus dangereux adventices aquatiques d'eau douce du monde (Dagno K. et al, 2007).

Autour de la ville de Bamako, les points de prolifération de la jacinthe correspondent aux points de rejet des matières polluantes provenant des structures industrielles, artisanales, hôtelières et domestiques. La photo2 montre un cas de prolifération de la jacinthe dans les cours d'eau.



a)



b)

Photo2 : a) Prolifération de la jacinthe ; b) la salade d'eau dans le fleuve Niger à Bamako

Les résultats de nos enquêtes ont permis de comprendre que le revenu des pêcheurs aurait été profondément affecté, en raison de la diminution du niveau des captures des poissons imputable en grande partie à la détérioration des conditions climatiques (sécheresses successives), à la prolifération de la jacinthe d'eau, de la salade d'eau et autres végétaux aquatiques nuisibles. La prolifération de la jacinthe rend difficile la pêche, la traversée, empêche le développement des autres végétaux aquatiques et constitue le nid des moustiques. Elle affecte la qualité de l'eau par l'excessivité du CO₂ et diminution de l'intensité de pénétration de lumière solaire dans l'eau. Dans le tableau 5, sont représentées les zones infestation permanente de la jacinthe d'eau à Bamako.

Tableau 7 : Les plantes aquatiques qui menacent les ressources en eau la zone d'études

Villages/Communes	Jacinthe d'eau	Quartiers
Commune I de Bamako	X	Sotuba, Sans Fil
Commune II de Bamako	X	Bozola
Commune III de Bamako	X	Quartier du Fleuve
Commune IV de Bamako	X	Cité Administrative
Commune V de Bamako	X	Badala
Commune VI de Bamako	X	Magnabougou, Missabougou

3.2.5. L'ENSABLEMENT ET LE DESENSABLEMENT

Ces deux phénomènes contraires constituent des menaces pour les ressources en eau.

L'ensablement est un phénomène naturel causé par « l'érosion éolienne ». Cette érosion est aggravée par un manque de barrières naturelles appelées palissades. Cette éradication du couvert végétal est due à la surexploitation du sol et au commerce du sable. Assurément, l'exploitation intensive dans le lit du fleuve à proximité des zones urbaines provoque la perte des plages et la déstabilisation de certaines berges, qui peuvent se traduire localement par le rétrécissement du lit du fleuve.

Dans le cas précis de cette étude, nous n'avons pas pu identifier les zones d'ensablement dans le fleuve Niger à Bamako, du fait que le niveau de l'eau dans le fleuve en cette période des pluies est important. Mais force est de constater que c'est un phénomène que connaît malheureusement le fleuve Niger tout le long de son parcours de la Guinée (où prend sa source) jusqu'au Nigéria à l'embouchure.

Les conséquences de l'ensablement du fleuve sont nombreuses :

- difficultés de recharge des nappes phréatiques ;
- réduction des frayeurs et de production des poissons ;
- réduction des pâturages inondées et de la surface exploitable.

Le désensablement, quant à lui, est uniquement dû à l'activité humaine à travers l'extraction du sable et du gravier le long des berges par la population comme le montre la photo 6.

Ce phénomène se manifeste par le recule des bancs de sable des centaines de mètres modifiant ainsi l'équilibre écologique du fleuve. La conséquence de cette pratique est la destruction des zones de production des poissons par la disparition de la végétation aquatique. Cela modifie également l'écoulement, et du même coup ne garantit plus la forme des crues. Cette activité est beaucoup pratiquée à Bamako, notamment dans les quartiers de Kalaban coro et de Kabala situés le long du Niger en amont de la Ville.

Notons que cette activité offre des milliers d'emplois aux populations. La valeur du sable varie selon l'offre, la demande et la saison. Le volume est mesuré en nombre de roues : pour une benne de 14 roues exemple, le prix de vente à Bamako est de 50 000 à 65 000 F CFA pour le sable, et de 25 000 F CFA pour le gravier à l'hivernage, et à 7 500 CFA en saison sèche. La période de l'hivernage, est la période la plus difficile pour extraire le sable immergé dans l'eau du Niger (profondeur de 10 à 25m). C'est aussi la période de construction urbaine, car l'eau est en abondance. L'exploitation à cette période entraîne un coût supplémentaire : Pirogue, plongeur.



Photo 3: Extraction du sable et du gravier dans le fleuve Niger à Bamako

3.2.6. LA POLLUTION

Définition de la pollution : La pollution est la dégradation de la qualité de l'eau, la rendant impossible aux différentes utilisations.

De nos jours la pollution constitue un danger de plus en plus préoccupant pour l'homme et son environnement. Parmi les problèmes cruciaux de la pollution celui de l'eau se pose avec acuité. En effet, l'eau est affectée de façon croissante les matières minérales et organiques et même les micro-organismes dont certains sont pathogènes et donc dangereux pour la santé.

3.2.6.1. Sources potentielles de pollution

A Bamako, la pollution des eaux est d'origine domestique, urbaine, artisanale, industrielle et agricole.

3.2.6.2. Pollution domestique

Les eaux usées provenant des ménages, des fosses septiques, des puisards, coulent ou forment des flaques stagnantes autour des puits et dans les caniveaux non curés. Pendant les pluies, ces eaux non traitées sont entraînées par les eaux de ruissellement vers le réceptacle que constitue le fleuve Niger. Une partie de ces eaux s'infiltrent, contribuant non seulement à la recharge de la nappe, mais aussi à sa pollution en y apportant des matières organiques et minérales.

La consommation d'eau potable de Bamako est évaluée entre 37000 m³/j et 52000 m³/j. En estimant que 80% de cette eau est rejetée, on évalue entre 29600 et 41600 m³ d'eaux usées domestiques sont rejetées par jour sans traitement après usage.

Les communes les plus peuplées sont généralement les plus polluées de la ville comme le montre la figure 14 qui compare la production d'eaux usées domestiques par commune et par

population. Les communes II et III sont les moins peuplées et produisent moins d'eau usées.

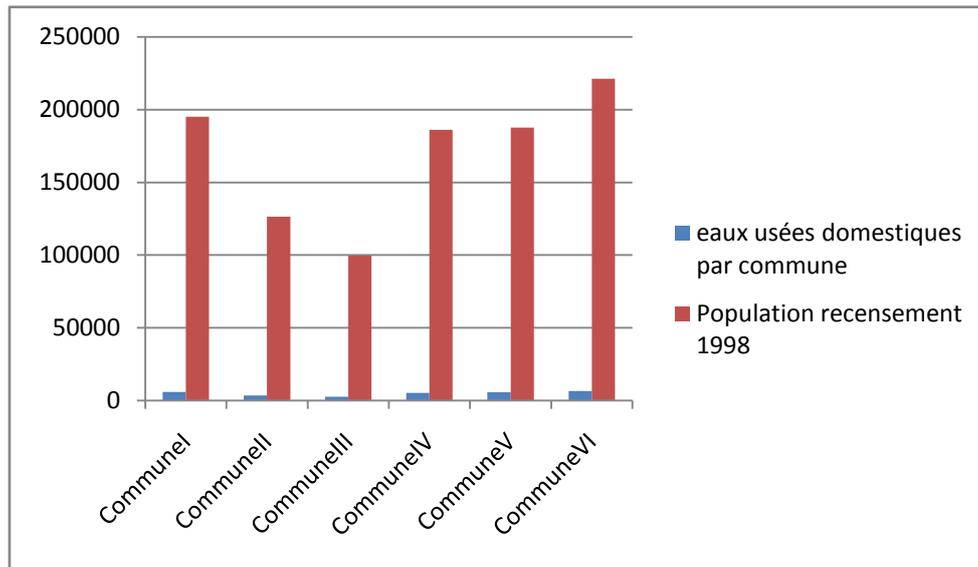


Figure 14 : les volumes (m³) d'eaux usées domestiques et les populations par commune (source : Institut National de la statistique)

Les photos 4a et 4b illustrent l'état de la pollution dans certaines communes de Bamako



a)

b)

Photo4: a) ordures ménagères jonchant les concessions et les rues ; b) une ancienne carrière transformée en poubelle dans le quartier de Doumanzana en commune I

L'insuffisance de l'assainissement est le principal problème de la pollution des eaux à Bamako. Seulement 400 km de réseau d'évacuation des eaux pluviales existent, dont 250 km ont été construits avant l'indépendance (d'après Etat sur l'environnement, 2005).

3.2.6.3. Agriculture/ élevage

A Bamako, l'agriculture périurbaine menace les ressources en eau de surface. Ce sont les produits utilisés dans le but d'améliorer les rendements agricoles (engrais minéraux et naturelles, pesticides). Les boues de vidange sont déversées dans le milieu naturel ou dans les champs pour l'aménagement des sols. Ces boues et excréta sont ensuite drainées par les pluies jusqu'au fleuve Niger. Une partie s'infiltré dans le sol, spécialement quand elle est mélangée à la terre pour l'amendement agricole. Si les boues ne sont pas suffisamment traitées le risque de contamination par les germes pathogènes est énorme. Les boues rejetées dans les marigots (ou collecteurs naturels) rejoignent le Niger et provoque une pollution directe du fleuve.

L'activité agricole dominante est le maraichage en certains endroits proches du collecteur naturel et le long des rails comme le montre la photo suivant.



Photo 5 : le maraichage le long des rails dans la ville de Bamako

Le nombre de parcelles exploitées actuellement à travers le tissu urbain est de l'ordre 1130 qui occupent une superficie de 88, 76 ha environ. Ces périmètres sont irrigués directement à partir des marigots (collecteurs naturels) ou à partir de puits alimentés d'eaux usées des marigots (d'après état sur l'environnement, 2005).

L'élevage est pratiqué de façon extensive dans certaines familles. On rencontre souvent les petits troupeaux en divagation dans les espaces non habités à la recherche de pitance. Il est une source de pollution des eaux par la charge organique contenue dans les excréta des animaux. Ces excréta sont utilisés majoritairement par les maraichers pour l'amélioration de leur production.

Le fleuve Niger et ses marigots constituent un avantage pour l'élevage : abreuvement, importance des ressources fourragères.

3.2.6.4. Industrie

Les unités industrielles sont le plus souvent installées au bord du fleuve, en aval de la station de pompage de la ville ; la zone industrielle de Sotuba comprend divers types d'industries variant entre les industries chimiques, des usines de papier, des industries métallurgiques, des tanneries et des industries de savonnerie et de production de produits alimentaires.

Les eaux usées industrielles sont déversées dans le fleuve Niger des industries installées dans cette zone industrielle. Ces eaux sont surtout chargées en métaux lourds (Chrome, Mercure, Arsenic), sulfates, phénols, chlorures, nitrates, matières organiques. Les rejets atmosphériques et des effluents à toxicité diverse ne sont pas en reste des polluants.

Une étude réalisée en 2008 par la DNACPN a évaluée la quantité d'eaux usées industrielles rejetées chaque jour par les principales unités industrielles à 35000 m³.

Les principales unités sources de rejet d'eau usées et les volumes de production en eau usée estimée sont données dans le tableau 4.

Tableau 4 : Principales unités industrielles de rejet d'eau usées

Nom	Production	H2O (m3/j)
Abattoir Frigorifique	Bovins; Ovins/caprins; Porcins	150
UMPP	Chaine des comprimés; sirops (flacons); pommade (tubes); ampoules; antibiotiques (flacons)	400
TAO	peaux	150
TAMALI	Cuir; chaussures; Maroquinerie;	200
GAM	Biscuits; crème glacée; jus de fruits	180
Grande confiserie du Mali	Bonbons, pâtes; chewing-gum; biscuits	100
SODEMA	Savon; détergents, cosmétiques	100
MALI LAIT	Produits de lait	100
SIPAL	Bouillons cube,	80
SONATAM	Cigarettes	80
SADA DIALLO	Vinaigre, eau de Javel, emballage plastique	50

Sur une soixantaine d'industries actuellement opérationnelles dans la zone, les industries de tannerie, de fabrication de piles, de tabac, d'insecticides et de textiles, les plus polluantes, se contentent d'un traitement primaire pour effectuer une décantation avant de rejeter leurs eaux usées directement dans le fleuve.

Une station d'épuration est actuellement en construction pour recevoir les eaux usées de la zone industrielle, mais sur vingt et huit (28) unités industrielles programmées, dix-sept (17) sont présentement connectées. Ces unités de grande pollution possèdent des dispositifs de prétraitement chacune à son niveau, avant le rejet des eaux usées vers la station d'épuration. Mais il reste encore d'autres unités industrielles qui déversent directement leurs eaux usées dans le fleuve, c'est le cas du l'abattoir frigorifique et de la tannerie du Mali dont les dispositifs de prétraitement sont en voie de construction ou de rénovation.

La station d'épuration de Sotuba comprend les éléments suivants:

- Un Bassin d'entrée : en béton, volume 150 m³ en dessous du niveau des égouts
- Un Dégrillage primaire : Manuel avec une capacité de 700 m³/h
- Deux Points de rejets : pour les boues de vidange des fosses septiques de la ville ;
- Une Station de pompage : comportant deux pompes, panneaux de contrôle;
- Deux Vis d'Archimède : capacité 300 m³/h chacun ;
- Deux bassins anaérobiques de profondeurs 4,5 m chacun sont pourvues de géotextile imperméable, où l'eau séjourne pendant 2 à 5 jours ensuite rejetée dans les bassins facultatifs ;
- Huit (8) bassins facultatifs de profondeur 2,35 m, où l'eau séjourne pendant cinq (5) jours puis rejetée dans le fleuve. . Des lagunes facultatifs l'eau est drainée de façon gravitaire jusqu'à 0,3 m au dessus du niveau du sol ;
- Huit (8) bassins de séchage dans les quels les boues sont reçues et séchées ;
- Le déversoir au fleuve Niger est connecté avec le déversoir de secours des effluents.

La photo suivante est relative à la station d'épuration en construction depuis 2006.



a)

b)

Figure 6: a) lagunes anaérobiques; b) bassins de séchage

3.2.6.5. Artisanat :

Parmi les activités artisanales qui polluent le fleuve, on peut citer la teinture, la savonnerie traditionnelle, les tanneries traditionnelles.

Une grande partie des rejets des teintureries sont déversés dans les caniveaux d'évacuation des eaux pluviales, dans les puits perdus, sur le sol aux abords des maisons d'habitation ou directement dans le fleuve. Cette activité est exercée par les femmes en majorité et elle est le plus souvent pratiquée dans les domiciles (photo 7) ou au bord d'un cours d'eau. Nous n'avons pas pu estimer la quantité d'eaux usées rejetée par ces teinturières.

Le nombre de teintureries est estimé à 300 et la quantité d'eau usée rejetée à 16000 m³/an (d'après le rapport de l'état sur l'environnement, 2005).



Photo 7: a) puits perdus où sont déversées les eaux usées; b) eaux usées issues de la teinture

A Bamako, la teinturerie est une activité économique qui génère beaucoup de revenus et offre des milliers d'emplois contribuant ainsi à la lutte contre la pauvreté. Malheureusement, ces teintureries sont dispersées partout dans la ville rendant très difficile leur gestion et la maîtrise des eaux rejetées. Les caractéristiques de ces eaux usées sont consignées dans le tableau 5 :

Tableau 5 : caractéristiques des eaux usées issues de la teinture

Paramètre	Eaux de teinturerie
DCO (mg/l)	1600-3900
Couleur (UCV)	15600-6400
Turbidité (UCV)	430-770
PH	12-13
Conductivité (s /cm)	19800-30900
Dureté totale (mg/l) CaCO ₃	80-500
MES (mg/l)	2400-6500
Sulfate (mg/l)	270-4300
Nitrites (mg/l)	2370
Calcium (mg/l)	0-65
Magnésium (mg/l)	15-80

Source : DNACPN, 2007

3.2.6.6. Le transport fluvial

Nous estimons que le transport fluvial de sable sur le fleuve Niger à Bamako, génère une pollution peu importante mais qui a tout de même des conséquences négatives sur la qualité de l'eau. Cette pollution est causée entre autres par le déversement d'huile de moteur ou les pertes d'huile lors du transport du sable.

3.4. Mesures prises au niveau des autorités pour la réduction des pressions

Plusieurs dispositions sont prises au niveau des décideurs, parmi les quelles :

- ✓ Le lancement depuis 2006 des travaux de construction d'une station d'épuration dans la zone industrielle.
- ✓ La création de l'Unité de Gestion du Plan d'Action pour la Gestion Intégrée des Ressources en Eau ;
- ✓ La création d'un réseau d'alerte et d'annonce des crues et des basses eaux ;

- ✓ L'élaboration et la diffusion chaque année du rapport National l'état sur l'environnement;
- ✓ La réalisation de plusieurs projets dans le cadre de la gestion des ressources en eau tel que le projet GIRENS ;
- ✓ L'existence d'un cadre de concertation pour la gestion des ressources eau ;
- ✓ Le curage des 400 km de caniveaux d'évacuation des eaux pluviales programmés par les mairies à la saison pluvieuse ;
- ✓ L'adoption en 2006 de la politique Nationale de l'Eau ;
- ✓ L'adoption du code domanial, le code de l'eau et leurs textes d'application.

3.5. Proposition d'approches intégrées de réduction des pressions exercées sur les ressources en eau

Dans le cadre de la réduction des pressions sur les ressources en eau, nous proposons des recommandations qui sont bien sure non exhaustives, mais sur les quels il faut agir.

□ réduction de la pollution

Nous proposons de :

- ✓ Vulgariser le code de l'eau à travers les médiats dans les différentes langues du pays ;
- ✓ Créer un réseau de suivi de la qualité des eaux ;
- ✓ Sensibiliser la population sur les dangers de leur pollution à travers les affiches, les médiats, les scènes de théâtre;
- ✓ élargir le réseau d'assainissement et entretenir les caniveaux existant par leur curage régulier ;
- ✓ Renforcer les capacités des services d'assainissement par l'installation des dispositifs d'incinération des déchets solides ;
- ✓ raccorder toutes les industries à la station d'épuration après prétraitement;
- ✓ renforcer des capacités de la station de traitement des eaux usées de la zone industrielle par la construction d'une seconde station pouvant prendre en compte les industries non programmées par la station d'épuration actuelle ;
- ✓ promouvoir le regroupement des teintureries et installer des dispositifs de traitement des eaux usées issues de cette activité ;
- ✓ Promouvoir le regroupement des maraîchers en une seule zone pour une meilleure application des techniques d'utilisation des ressources en eau ;
- ✓ Au plan législatif et institutionnel, il s'agir à l'Etat à travers les structures spécialisées de redynamiser de la police de l'environnement par l'application effective des articles

4, 14 et 16 de la loi n°02-006 du 31 janvier 2002 portant code de l'eau. Ces articles sont respectivement relatifs à l'obligation de la protection des ressources en eau par tous, au respect des normes de rejet, et au principe pollueur-payeur

❑ **La Réduction de l'urbanisation anarchique et des conséquences des inondations**

- Aménager des berges ;
- Sensibiliser de la population au danger de leur installation sur berges et au respect du domaine hydraulique ;
- Renforcer les capacités du réseau d'alerte et d'annonce des crues et des basses eaux par la formation et sa dotation de technologies de pointes ;
- Restaurer l'autorité de l'Etat ;
- Sensibiliser la population au concept et aux principes de la GIRE;

❑ **Lutte contre la prolifération des plantes aquatiques**

Plusieurs types de luttes sont envisageables :

❖ **Phase de sensibilisation**

A travers les affiches des posters de sensibilisation sur le danger et les sources de proliférations des plantes aquatiques, notamment la pollution ;

❖ **Lutte biologique**

Utilisation des insectes dévorateurs, qui sont les ennemis naturels des plantes aquatiques.

Avantage : une lutte durable,

Inconvénient : lutte lente, nécessité de cultiver ces espèces d'insectes

❖ **Lutte physique :**

Enlever à la main puis transporter sur un terrain nu pour le séchage ou la transformation en compost.

Avantage : rapidité et efficacité.

Les coûts d'enlèvement pourront être évalués soit au volume de biomasse, soit au mètre carré. Les coûts du transport seront calculés en fonction de la distance et doivent faire l'objet d'une étude. L'inconvénient de cette méthode est sa mesquinerie (il faut enlever sans ignorer une seule brèche) et nécessite un suivi permanent. La lutte nécessitera un nombre important de pirogues, d'hameçons, de filets, de ficelles, de machettes, de gilets de sauvetage.

❖ **Lutte mécanique :** utilisation des faucardeuses

L'avantage de cette méthode est sa rapidité et son inconvénient peut être le coût élevé du matériel.

- ❖ **Lutte chimique** : utilisation des produits chimiques. L'inconvénient de cette lutte peut être la contamination de l'eau qui peut provoquer les nuisances aux populations et à la faune aquatique.

Au nombre de toutes ces luttes notre choix porte sur lutte physique car elle est plus réalisable et possède des résultats encourageants.

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Les activités anthropiques influant sur le cycle de l'eau, et leur impact doivent être compris et quantifiés afin de gérer les ressources en eau de manière responsable et durable. Il faut encore acquérir davantage d'informations fiables sur la qualité et la quantité d'eau disponible ainsi que sur la manière dont cette disponibilité varie dans le temps. Il faut donc l'implication de l'ensemble des acteurs du secteur de l'eau, notamment les exploitants agricoles et les industriels, mais aussi chaque individu à travers une série de mesures effectives, tel qu'un comportement responsable visant à économiser l'eau et à la traiter lorsqu'elle est usée ainsi qu'une réduction des polluants utilisés dans l'agriculture, peuvent enrayer la disparition des ressources en eau et le bouleversement des écosystèmes.

La nappe superficielle présente une mauvaise qualité chimique et bactériologique alors que la nappe profonde est de bonne qualité d'une part, les changements climatiques ont eu des incidences notables sur le cadre de vie des populations ces deux dernières décennies d'autre part, d'où la nécessité de renforcer la surveillance et la prévision des événements extrêmes.

En clair, pour juguler les différentes pressions sur les ressources en eau, il reste la transcription en action concrète de la volonté politique affichée au niveau des décideurs. Un soutien politique est donc nécessaire afin d'améliorer la collecte d'information qui, à son tour, pourra favoriser de meilleures décisions quant à la gestion, l'utilisation et la protection des ressources en eau dans la zone.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1) Amadou Z. (2007). pollution urbaine de l'aquifère superficiel et profond en Afrique de l'ouest ;
- 2) Bagayoko S.B., Diarra C. Etude d'identification des villages affectés par les plantes aquatiques nuisibles proliférant dans le bassin du fleuve Niger ;
- 3) Dagno K., Rachid Lahlali, Damien Friel, Mohammed Bajji, M. Haïssam Jijakli, mai (2007). Problématique de la jacinthe d'eau, eichhornia crassipes, dans les régions tropicales et subtropicales du monde ;
- 4) Direction Nationale de l'Hydraulique, (2005). Rapport final sur les reformes institutionnels du secteur de l'eau au Mali ;
- 5) DNACPN, (2007). schéma directeur et programme de drainage des eaux pluviales et d'assainissement des eaux usées du district de Bamako ;
- 6) INRS, (1991). Hydrogéologie et contamination de la nappe phréatique alimentant la ville de Bamako ;
- 7) Ministère de l'Eau et de l'Energie, (2006). Rapport national de mise en valeur des ressources en eau ;
- 8) Ministère de l'Environnement et de l'Assainissement, (2005). Rapport National sur l'Etat de l'Environnement ;
- 9) Ministère des Mines, de l'Eau et de l'Energie, (2006). Politique Nationale de l'eau ;
- 10) Ministère des Mines, de l'eau et de l'Energie, (2007). Plan d'Action pour la Gestion Intégrée des Ressources en Eau ;
- 11) N. CISSE, (1997). Evaluation Hydro-écologique du bassin du Niger supérieur, Direction Nationale de l'Hydraulique, Bamako, Mali ;
- 12) Sal N. (2004). Etude de l'impact des entrepôts sur l'environnement ;

Sites internet :

http://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89conomie_du_Mali

<http://www.greenfacts.org/fr/ressources-eau/#1>.

<http://www.veoliaeau.com/developpement-durable/enjeux/gestion-durable/pressions/#c11821008871>

ANNEXES

Annexe 1 : Température maximum mensuelle (°C)

Année	janvier	février	Mars	Avril	Mai	Juin	juillet	Août	Septembre	Octobre	novembre	décembre	MOYENNE
1994	31.0	35.2	37.8	39.8	37.5	34.3	30.8	29.8	31.8	32.5	34.7	32.3	34.0
1995	30.9	34.3	37.4	38.3	36.6	34.6	31.7	30.8	31.3	34.3	35.7	32.1	34.0
1996	35.1	36.9	37.9	38.7	37.7	34.3	31.8	30.5	31.4	34.9	35.3	34.4	34.9
1997	34.4	34.6	35.7	38.0	36.6	33.8	31.8	31.0	31.7	34.1	35.9	32.8	34.2
1998	32.6	37.7	38.3	40.7	38.5	34.9	32.4	30.4	31.3	34.3	35.2	32.5	34.9
1999	31.9	33.2	37.9	38.5	38.1	36.0	30.3	28.3	30.3	32.1	33.4	32.0	33.5
2000	33.4	33.7	37.9	39.7	37.4	33.5	31.2	30.3	32.0	33.4	35.0	33.3	34.2
2001	33.6	35.1	39.5	39.5	38.1	34.1	31.0	31.0	31.9	35.1	35.9	34.9	35.0
2002	32.9	35.6	38.9	39.5	39.2	35.6	31.7	30.9	32.6	34.3	35.9	33.5	35.1
2003	32.1	37.5	39.1	40.1	38.5	33.9	31.1	29.8	31.2	34.5	34.7	33.2	34.6
2004	33.0	36.7	38.3	38.5	38.3	34.4	30.6	31.1	32.9	34.3	36.1	35.8	35.0
2005	32.2	36.2	39.4	40.6	38.6	34.3	31.3	31.1	32.2	35.1	36.6	35.0	35.2
2006	32.9	35.4	39.0	39.4	37.3	34.6	32.8	31.2	31.5	34.8	35.8	32.7	34.8
2007	33.2	36.3	38.7	40.2	39.3	36.8	31.6	30.5	32.3	34.9	35.5	33.2	35.2
2008	30.4	36.6	38.7	39.1	38.3	35.4	31.1	30.8	32.3	33.8	35.4	33.3	34.6

Source : Direction Nationale de la météo

Annexe 2 : Température minimum mensuelle (°C)

Année	janvier	février	Mars	Avril	Mai	juillet	juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	TOTAL
1994	17.4	21.0	24.1	26.2	25.3	23.2	21.5	21.8	22.0	21.6	20.3	18.4	21.9
1995	16.7	19.2	24.0	26.0	24.2	23.2	22.0	21.4	21.7	22.0	21.1	18.8	22,1*
1996	19.4	22.0	24.5	25.0	24.9	23.4	22.2	21.0	21.2	22.0	19.3	18.5	22.0
1997	20.1	20.2	22.8	25.2	24.5	23.5	22.4	22.3	21.7	21.9	19.0	17.7	21.8
1998	17.9	22.3	23.8	26.9	26.5	24.4	23.4	22.1	22.0	22.0	18.8	18.1	22.4
1999	18.7	18.4	23.5	25.8	25.9	24.6	21.9	21.7	21.1	21.0	18.5	16.1	21.4
2000	19.8	18.8	22.7	25.6	25.4	22.7	22.0	21.1	21.4	20.6	17.7	16.1	21.2
2001	16.3	19.0	22.7	24.9	25.5	23.6	22.2	22.0	21.6	21.0	18.2	18.6	21.3
2002	19.1	19.6	24.0	25.3	26.3	23.9	22.6	22.0	22.2	21.6	17.9	18.5	21.9
2003	18.3	21.5	23.9	26.1	26.0	23.1	22.1	21.9	20.5	20.5	17.4	15.3	21.4
2004	15.8	19.3	20.7	23.0	25.8	20.9	19.7	21.1	21.3	20.5	18.6	17.3	20.3
2005	16.9	21.8	22.8	23.5	24.0	22.0	20.6	21.3	21.6	20.1	15.7	18.2	20.7
2006	16.5	19.4	22.6	24.0	23.6	21.7	20.8	20.8	20.0	19.7	13.3	13.9	19.7
2007	15.6	18.0	23.1	24.6	24.7	24.6	22.6	21.7	21.5	20.7	17.7	15.7	20.9
2008	14.8	18.6	21.7	23.3	24.9	23.0	21.7	21.7	21.8	21.4	15.0	15.4	20.3

Source : Direction Nationale de la météo

Annexe 3 : Volume en m³ prélevé par EDM dans le fleuve Niger de 1980 à 2008

Année	Prélèvement total (m3)
1980	9899421
1981	10194116
1982	10238384
1983	12087685
1984	11924240
1985	12665282
1986	16320881
1987	15728455
1988	16422165
1989	16631579
1990	17992468
1991	18136767
1992	18341876
1993	20436949
1994	20890580
1995	21344211
1996	24210526
1997	24654737
1998	24796842
1999	26523158
2000	29377895
2001	31941053
2002	33556842
2003	35332632
2004	37277895
2005	44930700
2006	46432387
2007	49052729
2008	53208312

Source : Energie du Mali (EDM-SA)

Annexe4 : Débit moyen annuel du fleuve Niger à la station de Koulikoro de 1907 à 2008

1907	1108.8492	1941	1228.1242	1975	1535.3708
1908	1196.46	1942	1002.5175	1976	1457.15
1909	1910.1883	1943	1178.725	1977	899.85333
1910	1254.5917	1944	995.62	1978	1301.4967
1911	1567.1425	1945	1218.0658	1979	1488.5133
1912	1288.98	1946	1496.8842	1980	885.13667
1913	828.275	1947	1272.0192	1981	1124.4167
1914	920.965	1948	1626.12	1982	919.725
1915	1344.0467	1949	1386.2567	1983	845.31667
1916	1368.0342	1950	1478.0317	1984	845.31667
1917	1423.8467	1951	2053.985	1985	916.1
1918	1583.3833	1952	1660.3758	1986	758.2
1919	1390.765	1953	1930.6275	1987	745.10833
1920	1221.9225	1954	2031.5833	1988	724.08333
1921	1026.3325	1955	2040.7333	1989	633.78333
1922	1431.4708	1956	1400.7333	1990	724.63583
1923	1518.7208	1957	2010.1758	1991	765.78333
1924	2141.1517	1958	1547.8833	1992	779.39167
1925	2281.7425	1959	1564.3075	1993	737.26667
1926	1694.1308	1960	1677.2167	1994	1430.8917
1927	1914.5775	1961	1274.7217	1995	1310.0333
1928	2113.4183	1962	1842.2867	1996	1075.8917
1929	2038.1833	1963	1569.4625	1997	1015.2833
1930	1994.3	1964	1608.7042	1998	1148.0583
1931	1723.8333	1965	1498.9375	1999	1111.2833
1932	1754.9833	1966	1443.0033	2000	1126.25
1933	1613.9317	1967	1934.7167	2001	1257.3333
1934	1455.24	1968	1461.2333	2002	895.925
1935	1440.2217	1969	2080.1467	2003	1205.0758
1936	1682.2258	1970	1201.9317	2004	871.63333
1937	1288.8983	1971	1307.735	2005	1012.2667
1938	1457.4942	1972	1128.1608	2006	1091.025
1939	1340.0292	1973	938.70833	2007	972.975
1940	1167.57	1974	1421.0842	2008	1269.0867

Source : Base de données de la Direction Nationale de l'Hydraulique