

**Ministère de l'Enseignement
Supérieur et de la Recherche
Scientifique
Université de Bamako**



REPUBLIQUE DU MALI
Un peuple – Un But – Une Foi

Faculté de Médecine de Pharmacie et d'Odonto-Stomatologie

Année Universitaire 2010-2011

N° ____/

TITRE :

Usages de l'eau et leurs conséquences dans le district de Bamako et environs. Quantification des caractéristiques physico-chimiques, biologiques et microbiologiques des eaux de robinets, de puits et forages du district de Bamako et environs.

THÈSE :

**Présentée et soutenue publiquement le 05 / 05 / 2011 à 10 Heures
devant la Faculté de Médecine de Pharmacie et d'Odonto-Stomatologie**

Par Monsieur Yacouba YOUKANABA

Pour obtenir le grade de

DOCTEUR EN PHARMACIE

(Diplôme d'Etat)

JURY :

Président : Professeur Boubacar S CISSE

Membres : M^{me} Simpara Aminata FOFANA

Directeur de Thèse : Professeur Gaoussou KANOUTE

Co-directeur : Professeur Massa SANOGO

DEDICACES

Usages de l'eau et leurs conséquences dans le district de Bamako et environs Quantification des caractéristiques physico-chimiques, biologiques et microbiologiques des eaux du district de Bamako et environs.

Je dédie cette thèse**❖ A DIEU LE TOUT PUISSANT**

A travers ce travail je te glorifie pour ton amour, ta générosité, ta miséricorde, ton soutien dans les moments de tribulations et de solitude.

Merci car sans ta volonté ce travail n'existerait pas.

❖ Au Prophète MOHAMED (PSL) que la bénédiction et salut de Dieu soient sur lui.**❖ A mon père Aly Youkanaba**

Homme modeste, l'admiration que j'ai pour toi est sans limite.

Elever, éduquer constituent les actes les plus nobles de la vie, grandir dans un environnement sain avec toutes les qualités humaines c'est à dire la discipline, l'ordre, l'assiduité et la persévérance forment l'être humain. Ma persévérance et ma réussite c'est à toi que je le dois. L'amour que tu as pour tes enfants, la dignité et le sens de l'honneur, l'amour pour le travail bien fait nous servent de modèle.

Qu'Allah le tout puissant t'accorde une bonne santé et une longue vie. Amen

❖ A ma mère Mariam F Diarra

Toujours présente, disponible et attentive, tes conseils et tes bénédictions m'ont toujours accompagné. Tu incarnes toutes les qualités d'une bonne mère et d'une bonne épouse. Tu as su inculquer à tes enfants l'esprit de partage l'honnêteté et le travail.

Que Dieu t'accorde une bonne santé et une longue vie. Amen

❖ A mon grand père Yoby Zon et son épouse Fanta Traoré

Merci pour tous les soins prodigés depuis mon arrivée. Merci pour l'accueil et l'amour que vous n'avez cessé de me donner. Merci pour les encouragements.

Trouves en ce travail l'expression de ma gratitude, que Dieu tout Puissant vous accorde une longue et meilleure vie.

❖ A mes grands parents

Votre souci pour faire de vos descendants des hommes vous obligeait à vous surpasser.

En cet instant ma pensée va vers vous. Que Dieu le tout puissant vous accorde sa miséricorde.

❖ **A mon cher tonton Djibril Niaré et famille**

Ton aide a beaucoup contribué à la réalisation de ce travail. Tu nous as toujours soutenus mes frères et moi, même dans les moments de découragements où nous étions sûrs de ne rien valoir. Tes paroles parfois dures mais réconfortantes nous ont toujours donné du courage pour se mettre à la tâche.

Trouve ici l'expression de ma profonde gratitude et de mon amour. Que le Dieu Tout Puissant te donne longue vie.

❖ **A tous mes frères et sœurs, cousins et cousines**

L'éducation de notre famille est un atout pour la réussite de chacun. Le savoir est un capital inestimable, c'est la vie et l'avenir. Le soutien et l'assistance dont j'ai bénéficiés le long de mes études ont été déterminants. Merci à tous de m'avoir aidé et encourager ; que Dieu préserve l'unité et la force de notre famille. Amen

❖ **A mes tontons**

Votre aide morale ; vos conseils très fraternels ne m'ont jamais fait défaut. Je tiens ici à vous exprimer ma reconnaissance pour m'avoir entourée d'amour et d'affection, d'avoir toujours été là quand j'avais besoin de vous, de m'avoir toujours soutenu dans mes moments difficiles. Soyons unies pour toujours.

❖ **A mes tantes**

Vous avez toujours à coté de moi pendant les moments difficiles. Merci pour votre soutien.

Je tiens à exprimer ma reconnaissance pour tout l'amour et l'affection dont vous m'avez entourée par votre présence quand j'ai eu besoin de vous. Trouvez en ce travail ma profonde gratitude.

❖ **A tous mes proches et parents**

Vous avez contribué à la réalisation de ce travail.

Veillez trouver ici l'expression de ma profonde reconnaissance.

REMERCIEMENTS

❖ A l'état malien :

Chère patrie, tu as fait de moi un homme éclairé. Ce travail est l'aboutissement d'énormes efforts et de sacrifices consentis par toi. Je te mettrais au-dessus de toutes mes préoccupations.

❖ Aux docteurs Sékou Oumar Dembélé

Vous n'avez jamais manqué de me soutenir, votre aide et votre disponibilité m'ont été d'un grand apport, soyez rassurées de ma profonde gratitude.

❖ Aux docteurs Mamadou Ouane et Jacques Gnossiké

Je ne trouve pas de mots pour exprimer mes sentiments à vos égards, je vous dirai simplement merci pour tout ce que vous avez fait pour moi à la réalisation de ce travail.

❖ Au docteur Maria Cécile Dembélé

Votre accueil chaleureux et votre collaboration m'ont été d'un grand apport.

Soyez rassurer de ma profonde gratitude.

❖ A tout le personnel du centre de santé de Niafunké, A tout le personnel de la pharmacie ZANGA COULIBALY

Pour vos conseils, vos encouragements, vos gentillesse et vos sollicitudes, recevez à travers ce travail mon profond attachement et toute ma reconnaissance.

❖ A tout le personnel de la pharmacie TSF

Pour vos gentillesse et vos sollicitudes, recevez à travers ce travail mon profond attachement et toute ma reconnaissance.

❖ A tout le personnel du Laboratoire Nationale de la Santé

Sans votre contribution, nous ne pourrions réaliser ce travail. Je n'oublierai jamais votre constante disponibilité.

❖ Aux Maîtres et Professeurs de la FMPOS

La réussite de ce travail est le résultat de votre enseignement de qualité, retrouvez ici l'expression de ma gratitude.

❖ **A toute ma promotion**

Nous avons passé des temps inoubliables ensemble.
Que Dieu nous réserve de très belles surprises dans notre vie.

❖ **A mes amis Bocary D Traoré, Seydou Kouyaté, Hammadoun Daou, Yacouba Samassy et familles**

Les mots me manquent pour vous remercier. Vous avez été présent au moment où il fallait. Plus que des amis vous avez été des frères pour moi et vous m'avez aidé à surmonter les obstacles. Merci pour votre sympathie et votre affection ce travail est le vôtre. Trouvez ici ma profonde gratitude.

❖ **A toutes les personnes de bonne volonté qui ont contribué à l'amélioration de ce travail :** pour toute l'affection et la tendresse que vous avez manifestée à mon égard, à laquelle j'exprime mes remerciements.

*HOMMAGES AUX
MEMBRES DU JURY*

- **A notre Maître et président du Jury professeur Boubacar S CISSE**
 - **Professeur honoraire de toxicologie à la faculté de médecine de pharmacie et d'odontostomatologies (FMPOS)**
 - **Ancien Recteur de l'université du Mali**
 - **Correspondant membre étranger de l'académie de pharmacie de France**
 - **président du comité scientifique du centre national de lutte contre la maladie (CNAM)**
 - **Directeur General de la fondation Mérieux**
 - **Chevalier de l'ordre national**

En acceptant de présider ce jury de thèse, vous nous témoignez une fois de plus votre engagement pour la formation des jeunes.

Votre grande sagesse, vos qualités humaine, sociale, et scientifique font de vous un éminent homme de science respecté de tous.

Veillez trouver ici l'expression de notre sincère gratitude et de notre profond respect.

- **A notre Maître et juge Madame SIMPARA Aminata FOFANA**
- **Ingénieur en technologie alimentaire**
- **Responsable chargée de la direction de l'assurance qualité au laboratoire national de la santé (LNS)**
- **Chef du département chargé du contrôle bactériologique des aliments, eaux et boissons produits ou importés au mali**

Vous nous faites un grand honneur en acceptant de juger ce travail malgré vos multiples occupations.

Vos conseils ont été d'un grand apport pour la réalisation de ce travail.

Cher maître vos excellentes qualités humaines et scientifiques seront pour nous une référence.

Nous vous prions de bien vouloir accepter l'expression de notre profonde gratitude et de notre sincère admiration.

- **A notre Maître et juge professeur Massa SANOGO**
- **Professeur de chimie Analytique à la FMPOS et à la FAST**
- **Ancien premier assesseur du doyen de la FMPOS**

Vous avez suivi ce travail depuis sa conception, vous nous honorez de la confiance que vous nous avez faites.

Votre amour pour le travail bien fait, votre rigueur, votre compétence et votre souci permanent de rehausser le niveau de notre formation forcent le respect.

Vous resterez pour nous une source d'inspiration.

Veillez accepter, cher maître notre profonde reconnaissance et nos vifs remerciements.

- **A notre Maître et Directeur de thèse Professeur Gaoussou KANOUTE**
- **Professeur de Chimie Analytique**
- **Chef D.E.R. des sciences pharmaceutiques**
- **Ancien Directeur Général du Laboratoire Nationale de Santé (LNS)**
- **Ancien Directeur du CHU du Point G**
- **Chevalier du Mérite et de la Santé**

Votre exigence du travail bien fait, votre rigueur scientifique et votre esprit d'organisation font de vous un chef et un maître très apprécié de tous.

Principal artisan de l'élaboration de ce travail nous avons été particulièrement flattés par vos qualités pédagogiques et humaines.

En nous acceptant dans votre service vous nous avez donné l'occasion de découvrir un grand maître dévoué, serviable et modeste.

Permettez nous de vous témoigner notre reconnaissance la plus sincère et notre profond respect.

LISTE DES ABREVIATIONS

°C	Degré Celsius
CND	Conductivité
Dcal	Dureté calcique
DNH	Direction nationale de l'hydraulique
DT	Dureté totale
DDT	dichlorodiphényltrichloroéthane
EDM	Energie Du Mali
FAO	Organisation Mondiale pour l'alimentation
Km	Kilomètre
LQE	Laboratoire de la qualité des eaux
MFC	Milieu de culture Coliformes fécaux
mg/l	milligramme par litre
ml	millilitre
mn	minute
m³	mètre cube
g/l	gramme par litre
OMS	Organisation mondiale de la santé
pH	potentiel en Hydrogène

UCV	Unité de couleur vraie
EPST	Etablissement public à caractère scientifique et technologique
LNS	Laboratoire national de la santé
g	gramme
mg	milligramme
DCQM	Département de contrôle de qualité des médicaments
AMM	Autorisation de mise sur le marché
Km²	kilomètre carré
MES	Matières en suspension
CO₂	Dioxyde de carbone
As	Arsenic
Pb	Plomb
Cd	Cadmium
Cr	Chrome
µm	micromètre
H₂O	eau
BCIG	5-bromo-4-chloro-3-indolyl- β -D-glucuronate
µs	microsiemens
ACI	agence de cession immobilière
Rob	robinet

P Puits**A.E.P approvisionnement en eau potable****SOMMAIRE**

	Pages
INTRODUCTION :	
.....1	
OBJECTIFS :	
.....2	
CHAPITRE I : GENERALITES	
1- Définition de l'eau:.....	3
2- Quelques définitions :.....	3
3- Formes de l'eau sur terre :.....	4
3-1-Cycle de l'eau :.....	4
3-2-Répartition dans le monde :.....	5
4- Qualités de l'eau de boisson :.....	6
4-1-paramètres organoleptiques :.....	6
4-2- Etude de quelques caractéristiques physico chimiques:.....	6
4-3-paramètres microbiologiques :.....	9
4-3-1-bactéries :.....	9
4-3-2-virus :.....	9
4-3-3-protozoaires:.....	10
4-3-4-helminthes :.....	11
4-4-Pesticides :.....	11
5- Directives de l'OMS pour l'eau potable :.....	12
5-1-Paramètres physico-chimiques :.....	13
5-2-Pesticides :.....	14
5-3-Paramètres microbiologiques :.....	15
5-4-Délais des analyses après prélèvement de quelques paramètres :...	16
6- Sources de distribution à Bamako :.....	16
6-1-Station de pompage de Djicoroni :.....	16
6-2-Stations compactes installées à Magnambougou et Baco djicoroni	
ACI :.....	17
6-3-Puits de pompes de la zone aéroportuaire :.....	17
7- Pollution des eaux :.....	17
7-1-Pollution physique :.....	17
7-2-Pollution chimique :.....	17
7-3-Pollution thermique :.....	17

7-4-Origines de la pollution :	17
7-4-1-Pollution domestique :	17
7-4-2-Pollution urbaine :	18
7-4-3-Pollution liée aux ruissellements autoroutiers en rase campagne :	18
7-4-4-Pollution agricole :	18
7-4-5-Pollution industrielle :	18
8- Renseignements à fournir pour une analyse d'eau :	18
9- Traitement de l'eau :	18
9-1-Eaux souterraines :	18
9-2-Eaux de surface :	19
9-2-1-Clarification :	19
9-2-2-Desinfection :	19
10- Traitements complémentaires :	19
10-1-Cas particulier de purification des eaux de puits :	20
10-2-Quelques procédés de stérilisation de l'eau en campagne :	20
10-2-1-Par l'iode :	20
10-2-2-Par le permanganate de potassium :	20
10-2-3-Par l'eau de Javel :	21
10-2-4-Par le chlorure de chaux :	21
10-3-Quantité d'antiseptique utilisé pour la désinfection d'un réseau de canalisation (cas du chlore et des composés chlorés) :	21
10-4-Emploi du sulfate de cuivre pour détruire les algues d'un réservoir :	21
11- La ville de Bamako :	21
11-1-Histoire :	21
11-2-Géographie :	22
11-3-Démographie :	22
11-4-Administration :	22
11-5-Quartiers :	23
12- Présentation du LNS :	23
12-1-Création :	23
12-2-Mission :	23
12-3-Ressources :	24
12-4-Organe d'administration et gestion:	24
12-5-Personnel :	24
12- 6-Départements :	25
12- 7-Equipements :	25

CHAPITRE II : METHODOLOGIE

1- Lieu de prélèvement :	27
--------------------------	----

Usages de l'eau et leurs conséquences dans le district de Bamako et environs Quantification des caractéristiques physico-chimiques, biologiques et microbiologiques des eaux du district de Bamako et environs.

2- Plan d'échantillonnage et protocole de prélèvement :	27
3- Transport et stockage :	28
3-1-Transport :	28
3-2-Stockage :	28
4- Critères d'inclusion :	29
5- Critères d'exclusion :	29
6- Paramètres étudiés :	29
7- Lieu d'étude :	29
8- Directives utilisées :	29
9- Matériels réactifs équipements :	29
9-1-Matériels :	29
9-2-Réactifs :	30
9-3-Equipements :	30
10- Méthodes d'analyses :	30
10-1-Paramètres physico-chimiques :	30
A- Spectrophotomètre à UV ;V :	30
B- Spectrophotomètre à absorption atomique :	31
C -pH:	31
D- Conductivité:	31
E- Dureté totale :	32
F- Méthode d'identification des pesticides :	32
---Pesticides organophosphorés :	32
---Pesticides organochlorés :	32
10-2-Paramètres bactériologiques :	32
A- Streptocoques fécaux :	32
B- Coliformes fécaux :	33
C- Escherichia coli :	33
D- Comptage des colonies :	33
E- Expression des résultats :	33

CHAPITRE III : RESULTATS :

A- Saison froide :	35
1-Eaux de robinets :	35
1-1-Paramètres physico-chimiques :	35
1-2-Paramètres bactériologiques :	37
2-Eaux de puits et forages :	37
2-1-Paramètres physico-chimiques :	37
2-2-Paramètres bactériologiques :	40
3-Recapitulatif des échantillons d'eau non conformes aux directives de l'OMS (Paramètres physico chimiques) :	41

4- Récapitulatif des échantillons d'eau non conformes aux directives de l'OMS (Paramètres bactériologiques) :.....	41
B- Saison chaude :.....	42
1-Eaux de robinets :.....	42
1-1-Paramètres physico-chimiques :.....	42
1-2-Paramètres bactériologiques :.....	43
2-Eaux de puits et forages :.....	44
2-1-Paramètres physico-chimiques :.....	44
2-2-Paramètres bactériologiques :.....	46
3-Recapitulatif des échantillons d'eau non conformes aux directives de l'OMS (Paramètres physico chimiques) :.....	47
4- Récapitulatif des échantillons d'eau non conformes aux directives de l'OMS (Paramètres bactériologiques) :.....	48
C- Saison pluvieuse :.....	49
1-Eaux de robinets :.....	49
1-1-Paramètres physico-chimiques :.....	49
1-2-Paramètres bactériologiques :.....	50
2-Eaux de puits et forages :.....	51
2-1-Paramètres physico-chimiques :.....	51
2-2-Paramètres bactériologiques :.....	53
3-Recapitulatif des échantillons d'eau non conformes aux directives de l'OMS (Paramètres physico chimiques) :.....	55
4- Récapitulatif des échantillons d'eau non conformes aux directives de l'OMS (Paramètres bactériologiques) :.....	56
D- Comparaisons des échantillons d'eau non conformes durant les trois saisons:.....	56
E- Observations :.....	56
F- Zones à risque :.....	57

CHAPITRE IV : INTERPRETATIONS :

Interprétations :.....	59
------------------------	----

CHAPITRE V : CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS :

1- Conclusion :.....	62
2- Recommandations :.....	64

CHAPITRE VI : REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES ET RESUME:

1- Références bibliographiques :.....	65
Usages de l'eau et leurs conséquences dans le district de Bamako et environs Quantification des caractéristiques physico-chimiques, biologiques et microbiologiques des eaux du district de Bamako et environs.	

2- Résumé :.....	68
------------------	----

ANNEXES

SERMENT DE GALIEN

I

INTRODUCTION

ACCES A L'EAU POTABLE

(Un privilège pour riches)

Le secteur de l'eau et de l'assainissement connaît une crise à l'échelle mondiale. Les statistiques avancées donnent le tournis d'un milliard de personnes qui n'ont pas encore accès en 2006 à l'eau potable ; 2,6 milliards d'habitants des pays pauvres ne disposent pas d'installations sanitaires adéquates ; 1,8 millions d'enfants meurent chaque année du fait d'une maladie liée au manque d'eau, et d'assainissement ...

Dans la plus part des pays en développement, les habitants des zones rurales et des bidonvilles redoutent encore les maladies infectieuses transmissent par l'eau qui terrorisaient les Parisiens il y'a plus d'un siècle. Plus vulnérable, les enfants sont en premiers victimes de la crise mondiale de l'eau. Et beaucoup de jeunes ont aujourd'hui du mal à s'épanouir pleinement (scolarité perturbée séquelle de maladies...) parce que leur enfance a été marquée par le drame du non accès à l'eau potable. [1]

Selon le projet d'alimentation en eau potable de Bamako, la répartition globale des sources d'alimentation pour le District de Bamako en 1998 est de 41 % pour les eaux souterraines [4]

Selon des sources proches des nations unies, des déficits jumelés en eau et en assainissement tuent annuellement près de deux millions d'enfants. La plupart des survivants souffriront de sévères diarrhées. Derrière ces chiffres se cachent les visages de parents et d'enfants privés du droit le plus fondamental : Le droit à l'eau, donc à la vie. [1]

Plusieurs études réalisées dans le district de Bamako parmi lesquelles on peut citer projet UFAE 2004 ; Traoré et Sanogo 2003 ; Alpha et Sanogo 1987 ; le bulletin d'alerte sur la qualité des eaux de la nappe superficielle de Bamako : N°1 février 2002 N°2 juillet 2003 ; N°3 décembre 2003 ont montré que la plupart des puits sont pollués. [16]

L'association internationale <<Eradiquer le manque d'eau>> estime que pour réparer l'injustice de la répartition inégale du précieux liquide à travers le monde et à l'intérieur même des pays, il faudrait dépenser 10 milliards de dollars supplémentaires (5000 milliards en F CFA) par an jusqu'en 2015 pour réduire de moitié le nombre de personnes privées d'eau et d'assainissement. Cette somme peut paraître faramineuse. En fait, elle ne représente que la moitié de ce que l'on dépense chaque année pour acheter de l'eau en bouteille dans les pays riches. [1]

Une eau destinée à la consommation doit être raisonnablement minéralisée, raisonnablement colorée et limpide, assurée de ne pouvoir nuire à la santé et enfin assurée de ne pas voir ses qualités altérées par le temps ou les conditions de son transport. [25]

Une eau absolument pure n'existe pas dans la nature ; elle renferme toujours en dissolution certaines substances, pouvant constituer une véritable pollution de l'eau et nécessaires pour tirer des conclusions sur sa potabilité.

L'appréciation de la potabilité des eaux de consommation est basée sur des analyses physico-chimiques, bactériologiques, et parasitologiques, que nous exposerons successivement. Pour cette raison nous nous fixons comme objectifs :

OBJECTIF GENERAL :

Contribuer à l'amélioration de la qualité de vie de la population du district de Bamako par une meilleure gestion de ses ressources en eau.

OBJECTIFS SPECIFIQUES :

- Evaluer la qualité des eaux de boisson de diverses origines : Robinets, forages et puits ;
- Identifier les risques d'exposition ;
- Identifier les zones à risque.

I-GENERALITES

I.1 Définition : L'eau est un composé chimique ubiquitaire sur la terre, essentiel pour tous les organismes vivants connus. Le corps humain est ainsi composé à 60 % d'eau pour l'adulte, et 70% chez les nourrissons. L'eau se trouve en général dans son état liquide et possède à température ambiante des propriétés uniques : c'est notamment un solvant très efficace - l'eau est en quelque fois désignée sous le nom de « solvant universel ». Pour cette raison, l'eau qu'on trouve sur Terre n'est qu'exceptionnellement un composé chimique pur. La formule chimique de l'eau pure, constituant principal de l'eau, est H_2O . L'eau « commune » peut avoir des propriétés différentes de l'eau distillée utilisée en laboratoire, de sorte que les chimistes préféreront parler de solution aqueuse pour définir une eau non pure. Cependant, beaucoup de composants sont pratiquement, sinon complètement, insolubles dans l'eau. [2](Certains lipides, fer, manganèse, algues, sable, et les M.E.S.).

I.2 Quelques définitions :

Administration de l'eau : Ministère chargé de l'eau

Alimentation en eau potable : production (captage, forage, puits traitement et stockage), transport et distribution d'eau potable à usage public.

Auto producteur : toutes personnes physiques ou morales produisant de l'eau pour son propre usage.

Auto production : production et distribution d'eau principalement pour son propre usage ;

Centres ruraux ou semi urbains : localité ayant une population inférieure ou égale à 10.000habitants

Centres urbains : localités ayant une population supérieure ou égale à 10.000habitants ;

Commission de régulation : organisme indépendant créé par ordonnance afin de réaliser la régulation sectorielle du service public de l'eau potable dans les centres urbains ;

Eau potable : l'eau destinée à la consommation des ménages, des entreprises ou des administrations qui par traitement ou naturellement répond à des normes définies par la législation et la réglementation en vigueur sur la qualité de l'eau ;

Exploitant : personne physique ou morale, publique ou privée, ayant en charge la réalisation et/ou la gestion et la maintenance d'installations d'eau ;

Installation d'eau : l'ensemble des installations et des infrastructures destinées à fournir de l'eau potable et/ou des services d'assainissement collectif, des eaux usées domestiques en vue de satisfaire les besoins publics sur une aire géographique donnée ; installation de captage de prélèvement et de traitement de l'eau assimilée à la production de l'eau, installation de transport de distribution de branchement pour l'eau potable ;

Permissionnaire : opérateur titulaire d'une autorisation ;

Point d'eau moderne : ouvrage réalisé ou aménagé pour la production ou le captage d'eau et dont le débit est supérieur ou égal à 5 m³ par jour. Sont considérés comme point d'eau moderne : les sources aménagées, les puits protégés par un cuvelage intérieur en béton, les forages équipés de moyens d'exhaure, les puits citernes, les prises en rivière.

Périmètre de protection : périmètre mis en place en vue d'assurer la protection des points d'eau et des équipements hydrauliques des sources de pollution et des dégradations éventuelles. [3]

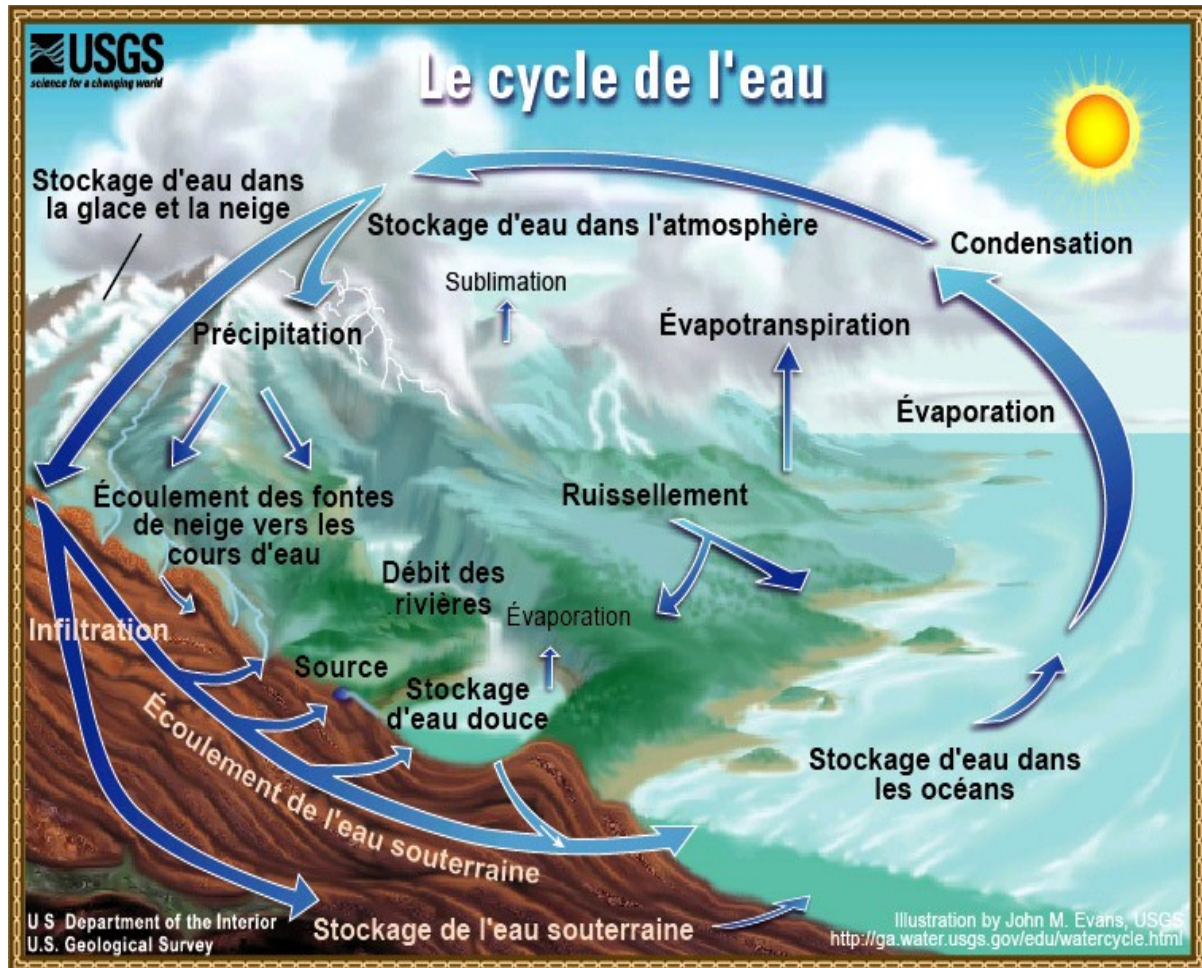
I.3 Les formes de l'eau sur Terre :

Près de 70 % de la surface de la terre est recouverte d'eau (97 % d'eau salée et 3 % d'eau douce dans différents réservoirs), essentiellement sous forme d'océans mais l'eau est aussi présente sous forme gazeuse (vapeur d'eau), liquide et solide. Une étendue d'eau peut être un océan, une mer, un lac, un étang, un fleuve, une rivière, un ruisseau, un canal... La circulation de l'eau au sein des différents compartiments terrestres est décrite par **le cycle de l'eau**. En tant que composé essentiel à la vie, l'eau a une grande importance dans l'histoire de l'homme, source de vie et objet de culte depuis les origines de l'homme, l'eau est conjointement, dans les sociétés d'abondance comme la France, un produit de l'économie et un élément majeur de l'environnement.

I.3.1 Le cycle de l'eau : (connu scientifiquement sous le nom de **cycle hydrologique**) se rapporte à l'échange continu de l'eau entre l'hydrosphère, l'atmosphère, l'eau des sols, l'eau de surface, la nappe phréatique, et les plantes. [2]

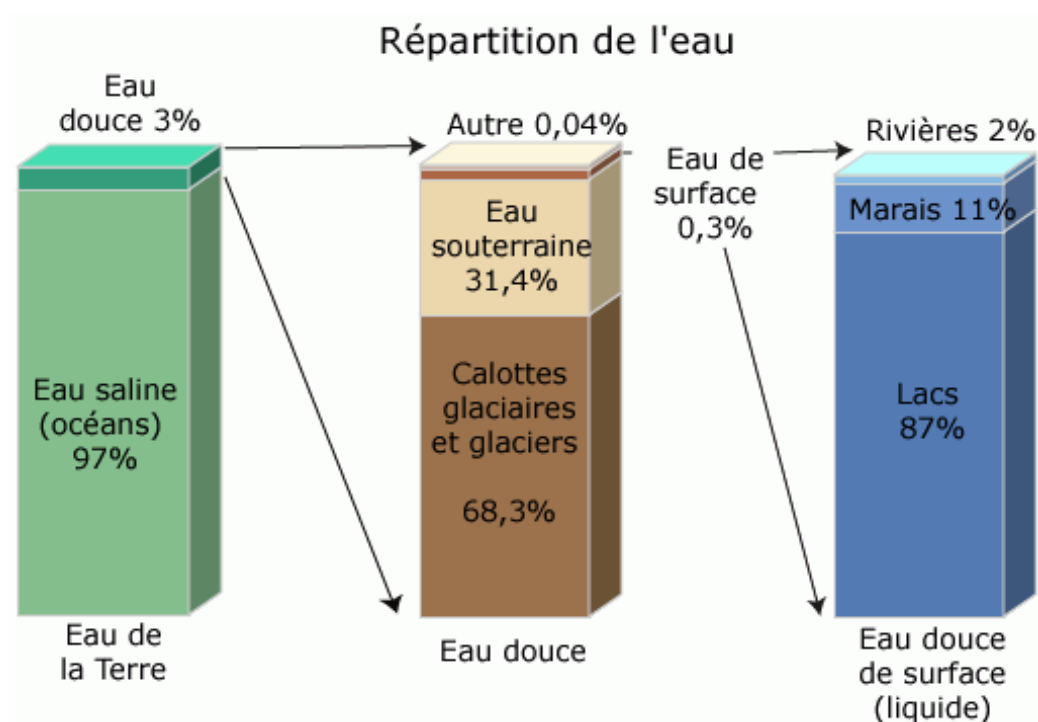
CYCLE DE L'EAU :

L'eau, résulte de la condensation des vapeurs produites à la surface des mers, forme des nuages qui sont emportés par le vent et tombent ensuite sous forme de brouillards de pluie, de neige ou de grêle. Une partie glisse à la surface du sol, mais la plus grande partie s'infiltre à l'intérieur de la terre, jusqu'à ce qu'elle se trouve arrêtée par une couche géologique imperméable. [7]

Schéma 1 : cycle de l'eau

I.3.2 Répartition dans le monde :

Remarquez que sur 1 386 000 000 de km³ d'eau sur toute la terre, environ 97 % est saline. En ce qui concerne l'eau douce, plus de 68 % se trouve dans la glace et les glaciers. D'autre 30 % se trouve dans le sol. Les sources d'eau douce de surface, comme les rivières et les lacs, totalisent 93 100 km³, ce qui représente un 150^{ème} d'un pourcent de la quantité totale de l'eau. Cependant, les rivières et les lacs sont les sources de la plupart de l'eau qui est utilisée par les hommes tous les jours. [7]

Schéma 2 : répartition de l'eau

I.4 - Les qualités de l'eau de boisson : D'une façon plus technique, l'eau potable répond à une définition réglementaire, fixée par la **directive européenne 80/778**, qui précise les caractéristiques de l'eau potable. Cette directive définit les valeurs limites des paramètres les plus importants. Lorsque la limite de qualité est dépassée, l'eau est déclarée non potable. [25]

I.4.1-Paramètres organoleptiques : (couleur, turbidité, odeur, saveur). Les qualités organoleptiques (terme qualifiant les substances qui peuvent impressionner les organes sensoriels) attendues d'une eau de boisson sont la limpidité, l'absence de couleur et d'odeur, l'absence de saveur désagréable et enfin la fraîcheur. [25]

I.4.2-Etude de quelques caractéristiques physico-chimiques : (température, concentration en ions hydrogène, conductivité, concentration en chlore, sulfates, dureté totale, pH, etc...). [25]

Le résidu sec constitue une mesure globale de la minéralisation. Cette dernière peut être également approchée par la mesure de la conductivité ou de son inverse, la résistivité.

La présence des matières minérales dissoutes en quantité raisonnable communique à l'eau un goût agréable et apporte à l'organisme de nombreux éléments indispensables. Un excès de certains sels peut rendre l'eau désagréable à boire (Chlorure de sodium ou de magnésium) [25]

Le pH : Certes, il est rare que l'acidité ou l'alcalinité soit une contre indication à la potabilité de l'eau, les eaux potables courantes ont habituellement un pH variant de 7.2 à 7.6. Les eaux très calcaires ont un pH élevé, les eaux provenant des terrains pauvres en calcaire ou siliceux ont un pH voisin de 7 et quelques fois inférieur. Les directives de l'OMS préconisent pour l'eau destinée à la consommation humaine un pH compris entre 6,5 et 8,5.

- **La couleur :** Bien que l'eau colorée puisse ne pas être dangereuse, elle présente des inconvénients et sera suspecte aux yeux du consommateur (10 unités échelle colorimétrique)

A ne pas dépasser 20 unités.

- **Le plomb :** sauf pollution accidentelle, le plomb n'existe pas en principe dans l'eau. Depuis fort longtemps le plomb est largement utilisé pour la fabrication des tuyauteries de distribution d'eau. Il en résulte de nombreuses intoxications d'origine hydrique comme le saturnisme.

- **Le chlore libre :** son excès peut entraîner des troubles divers dont la paralysie des systèmes enzymatiques importants, en particulier la triasephosphodéshydrogenase nécessaire à l'oxydation du glucose. Il inhibe de façon efficace les processus microbiens, tels que la prédation par les protozoaires, la nitrification, ainsi que la croissance des micro-organismes lors de la filtration.

- **L'ammonium :** Sa présence est à rapprocher des autres éléments azotés identifiés dans l'eau : nitrites, nitrates et des résultats de l'analyse bactériologique.

Sa présence peut entraîner le développement de certains germes pathogènes donnant des goûts désagréables. Il présente aussi l'inconvénient de nécessiter une augmentation de la consommation en chlore pour sa neutralisation.

L'azote ammoniacal se transforme assez rapidement en nitrites et nitrates par oxydation.

Nitrosomonas Nitrobacters

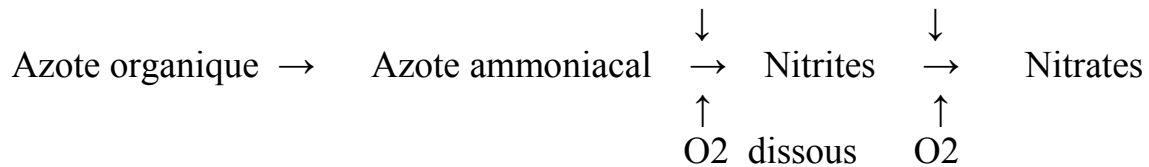


FIGURE I : Oxydation de l'azote ammoniacal

-Les nitrates: ils ont habituellement pour origine une nitrification de l'azote organique, mais il peut se faire qu'ils soient en liaison avec la teneur en nitrates de terrains traversés. L'eau chargée de nitrates employée dans la préparation des biberons de lait en poudre est susceptible de faire apparaître chez les nourrissons une cyanose liée à la formation de méthémoglobine due aux nitrites formés par réduction des nitrates sous l'influence d'une action bactérienne. **(Voir figureI)**

- Les nitrites : rencontrés en dose faibles, ils proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniac, la nitrification n'étant pas conduite à son terme, soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une réaction dénitrifiante.**(voir figureI)**

Les nitrites, du point de vue de la toxicité peuvent avoir une action méthémoglobinisante comme cela a été indiqué à propos des nitrates.

-Le chrome : le chrome est un élément anormal de l'eau, il provient habituellement des eaux usées des ateliers de galvanoplastie. Il a des caractéristiques cancérogènes.

- les phosphates : dans l'eau de puits la présence de phosphate peut être liée à une contamination par infiltration en provenance de fosse d'aisance et de fumier. Dans le cas des eaux de surface ou de nappes il peut s'agir d'infiltration d'eaux résiduelles industrielles ou d'eaux de puits ayant traversé des terres cultivées renfermant des engrais phosphatés ou traités par des pesticides phosphatés. Ils sont susceptibles de favoriser le développement des algues dans les réservoirs, dans les grosses canalisations. Ils peuvent être nuisibles dans le traitement des eaux brutes en diminuant l'efficacité de la coagulation et de l'adoucissement ainsi qu'en facilitant le départ de la couche protectrice des tuyauteries en plomb.

-La dureté : exprime approximativement la teneur de l'eau en sels de calcium et magnésium.

Les eaux potables de bonne qualité ont un degré hydrotimétrique Inférieur à 15 degrés, elles sont acceptables jusqu'à 50 degrés, mais si elles dépassent 60 degrés, elles ne moussent pas et leur adoucissement doit être envisagé.

On l'exprime généralement en quantité équivalente de carbonate de calcium

Relation entre dureté de l'eau et concentration équivalente en CaCO₃.

Dureté de l'eau**Concentration en mg/L**

Eau douce	0 à 60 mg/L
Eau moyennement douce	60 à 120 mg/L
Eau dure	120 à 180 mg/L
Eau très dure	plus de 180 mg/L

Une dureté supérieure 200 mg/L peut provoquer l'entartrage du système de distribution et entraîner une consommation excessive de savon avec formation d'écume. [21]

-La conductivité : les mesures de conductivité permettent d'évaluer rapidement mais très approximativement la minéralisation globale de l'eau potable, pour des besoins urgents, elles faciliteront l'élimination d'eaux de minéralisation trop élevées.

0 à 600µs/cm	potabilité bonne
600 à 1000µs/cm	potabilité passable
>1000µs/cm	potabilité médiocre

I.4.3-Paramètres microbiologiques :**I.4.3.1-les bactéries :**

Les eaux peuvent transmettre un certain nombre de maladies d'origine bactérienne. On les cite avec les différents germes en cause :

- LE Cholere : *Vibrio cholerae*
- La fièvre typhoïde : *Salmonella typhi*
- Schigellose : *Schigella spp*
- La tuberculose : *mycobacterium tuberculosis*
- Gastro-entérites, diarrhée : Coliformes et *Escherichia coli* [23]

I.4.3.2-les virus :

Les virus les plus préoccupants en matière de transmission par l'eau des maladies infectieuses sont essentiellement ceux qui se multiplient dans l'intestin des individus infectés et sont excrétés en grand nombre dans les déjections.

Ils pénètrent principalement dans l'eau par les effluents des égouts.

Le traitement des effluents peut réduire de 10 à 1000 fois la concentration des virus, en fonction, bien entendu, de la nature du traitement et de son importance.

A mesure que les effluents se mélangent aux eaux dans les quelles ils se déversent, les virus sont entraînés en aval, leur survie dépendant de la température et de nombreux autres facteurs moins bien définis. Ils ont donc des chances d'apparaître dans les eaux polluées par les égouts. [23]

- Effets sur la santé :

Les entérovirus peuvent produire un large éventail de syndromes, notamment les éruptions cutanées, la fièvre, une gastro-entérite, une myocardite, une méningite, des affections respiratoires et des hépatites.

Les affections asymptomatiques sont fréquentes, et les manifestations graves sont rares.

Cependant lorsque l'eau de boisson est infectée par les égouts, deux maladies, la gastro-entérite et l'hépatite infectieuse, peuvent atteindre les proportions d'une épidémie.

Les gastro-entérites virales durent habituellement 24 à 72 heures, s'accompagnent de nausées, de vomissements et de diarrhée, et affecte les individus sensibles de tous âges. Elles sont graves chez les jeunes enfants et les vieillards, qui peuvent rapidement souffrir de déshydrations et de déséquilibre des électrolytes, elles peuvent, à défaut d'une intervention rapide, mettre leur vie en danger.

L'hépatite, si elle est clinique, ne peut demander qu'un peu de repos et une réduction d'activités, pendant une ou deux semaines. Grave, elle peut entraîner la mort par défaillance du foie ou se traduire par une affection hépatique chronique. Elle est de moins en moins bien supportée à mesure que le sujet avance en âge. Le taux de létalité, qui augmente brutalement après l'âge mûr, est plus élevé chez les sujets souffrant d'une affection maligne ou de cirrhose. [23]

I.4.3.3- Les protozoaires :

Trois protozoaires intestinaux pathogènes pour l'homme sont transmissibles par l'eau de boisson, à savoir *Entamoeba histolytica*, *Giardia* spp, *Balantidium coli*. Agent étiologique de l'amibiase (dysenterie amibienne), de la giardiose et de la balantidiose, tous trois ont été associées à des manifestations épidémiques dues à l'eau de boisson.

-*Entamoeba histolytica* : est répandu dans le monde entier sous deux formes : trophozoïtes et kystes. L'infection est causée par l'absorption des kystes qui ont de 10 à 20 μm (12 μm en moyenne) de diamètre.

-*Giardia* spp : sont des flagellés repartis sur toute la surface du globe, ils se présentent sous forme de trophozoïtes ou de kyste et se trouvent non seulement chez l'homme, mais aussi chez de nombreux mammifères et chez les psittacidés. L'organisme qui infecte l'homme est appelé giardia *Lamblia intestinalis* ou *Giardia intestinalis*.

L'infection survient par ingestion de kystes qui sont de forme ovoïde, et ont une longueur de 8 à 12 μm et une largeur de 7 à 10 μm .

-*Balantidium Colis* : est un organisme cilié disséminé partout dans le monde, dont le stade trophozoïtes et le stade kyste peuvent être tous deux infectants pour l'homme.

Les kystes dont la formes varie entre la sphère et l'ovoïde, ont un diamètre compris entre 40 et 60 μm .

L'infection humaine est généralement imputable à l'ingestion d'eau souillée par des déjections de porc. Parmi les hôtes figurent aussi les petits primates et rarement des chiens et des rats. L'homme peut être un porteur asymptomatique.

-La *Naegleria* pathogène est très souvent considérée comme l'agent principal des méningo-encéphalites amibiennes. Ces amibes existent sous forme de throphozoites ou flagellés ou de kystes.

Les throphozoites cylindro-coniques ou en forme de poire, mesurent de 8 à 14 μm ; les kystes, circulaires, ont un diamètre de 8 à 12 μm .

On diffère les espèces pathogènes des espèces non pathogènes de *Naegleria* par instillation intra nasale chez la souris des amibes cultivées. [23]

I.4.3.4- Les helminthes :

Des œufs et des larves d'une grande diversité ont été décelés dans l'eau de boisson .Or l'innocuité de cette dernière ne peut être garantie que par l'élimination de toutes les espèces infectantes pour l'homme.

Deux groupes d'helminthes sont plus directement associés à l'approvisionnement en eau ; Ceux qui sont transmis en totalité par l'ingestion de copépodes infectés, leurs hôtes intermédiaires, et ceux du groupe I dont les cercaires, sont directement infectants pour l'homme. Presque toutes les autres espèces se retrouvent dans le groupe II, qui regroupe la taxonomie formelle de ces organismes appartenant à deux souches primitives, les némathelminthes, ou vers ronds, et les plathelminthes, ou vers plats .Dans ces phylum on compte les trématodes (douve) et les cestodes (ténia). [23]

I.4.4-Les pesticides :(insecticides, raticides, fongicides, et herbicides) sont des composés chimiques dotés de propriétés toxicologiques, utilisés par les agriculteurs pour lutter contre les animaux (insectes, rongeurs) ou les plantes (champignons, mauvaises herbes) jugés nuisibles aux plantations.

Malheureusement, tous les pesticides épanchés ne remplissent pas leur emploi. Une grande partie d'entre eux est dispersée dans l'atmosphère, soit lors de leur application, soit par évaporation ou par envol à partir des plantes ou des sols sur lesquels ils ont été répandus. Disséminés par le vent et parfois loin de leur lieu d'épandage, ils retombent avec les pluies directement sur les plans d'eau et sur les sols d'où ils sont ensuite drainés jusque dans les milieux aquatiques par les eaux de pluie (ruissellement et infiltration). Les pesticides sont ainsi aujourd'hui à l'origine d'une pollution diffuse qui contamine toutes les eaux continentales : cours d'eau, eaux souterraines et littorales. Mais la source la plus importante de contamination par des pesticides demeure la négligence : stockage dans de mauvaises conditions, techniques d'application

défectueuses, rejet sans précaution de résidus ou d'excédents, ou encore pollutions accidentelles comme, Leur toxicité, liée à leur structure moléculaire, ne se limite pas en effet aux seules espèces que l'on souhaite éliminer. Ils sont notamment toxiques pour l'homme. Estimer les effets sur les écosystèmes d'une pollution liée aux pesticides s'avère difficile, car il existe un millier de familles de pesticides, soit des dizaines de milliers de pesticides. Ils sont en outre utilisés à faibles doses et leurs comportements sont très divers. Leur impact dépend à la fois de leur mode d'action (certains sont beaucoup plus toxiques que d'autres), de leur persistance dans le temps (certains se dégradent beaucoup plus rapidement que d'autres) et de leurs sous-produits de dégradation lesquels sont parfois plus toxiques et se dégradent moins vite que le composé initial. Leurs effets sur le vivant sont, eux, encore très mal connus. [10]

L'utilisation des pesticides provoque une accumulation des produits stables toxique dans l'eau, les aliments et finalement dans l'organisme humain et a pour conséquence un danger à court ou à long terme pour l'homme et ses descendants. [12]

Les principaux pesticides utilisés actuellement appartiennent à quelques grandes familles chimiques :

Les organochlorés : (hydrocarbures chlorés), comme le DDT, sont des pesticides très stables chimiquement. Son utilisation est aujourd'hui interdite dans de nombreux pays tempérés, mais on en trouve encore beaucoup dans les milieux aquatiques. En outre, ils continuent à être employés dans certains pays tropicaux.

Les organophosphorés : sont des composés de synthèse qui se dégradent assez rapidement dans l'environnement mais qui ont des effets neurotoxiques sur les vertébrés.

Les pyréthroïdes : sont des insecticides de synthèse très toxiques pour les organismes aquatiques. Une pollution accidentelle des eaux par ces composés peut être dramatique.

Les carbamates : très toxiques, sont utilisés comme insecticides et fongicides.

Les produits phytosanitaires : qui regroupent un très grand nombre de produits de la famille des triazines ou des fongicides. Ces produits réagissant avec le sol lors de leur migration (piégeage, relargage, spéciation), l'évaluation de leur devenir et de leur impact se révèle difficile. [10]

La recherche des pesticides : pour la recherche des pesticides, on a des méthodes d'analyses et des méthodes d'identifications.

Dans notre étude on a eu recours à des méthodes d'identifications (voir méthodologie).

Comme méthode d'analyse on a :

❖ **Pour les pesticides organochlorés (P.O.C) :**

Usages de l'eau et leurs conséquences dans le district de Bamako et environs Quantification des caractéristiques physico-chimiques, biologiques et microbiologiques des eaux du district de Bamako et environs.

Détermination des pesticides de type organochloré, extraction avec de l'hexane et du dichlorométhane : dosage par chromatographie en phase gazeuse. [28]

❖ **Pour les pesticides organophosphorés (P.O.P) :**

Détermination des pesticides de type organophosphoré, triazine, carbamate et urée substituée dans l'eau : extraction avec C-18 ; dosage par chromatographie en phase gazeuse couplée à un spectromètre de masse. [29]

I.5- Directives de l'OMS pour l'eau potable :

Les directives de l'O.M.S en ce qui concerne la qualité de l'eau potable, mises à jour en 2006 sont la référence en ce qui concerne la sécurité en matière d'eau potable [11]

I.5.1-Tableau N°1 : paramètres physico-chimiques

Elément/ substance	Symbole / formule	Concentration normalement trouvée dans l'eau de surface	Lignes directrices fixées par l'OMS
Aluminium	Al		0,2 mg/l
Ammonium	NH ₄ ⁺	< 0,2 mg/l (peut aller jusqu'à 0,3mg/l dans une eau anaérobie)	Pas de contraintes
Antimoine	Sb	< 4 µg/l	0.02 mg/l
Arsenic	As		0,01 mg/l
Amiante			Pas de valeur guide
Baryum	Ba		0,7 mg/l
Béryllium	Be	< 1 µg/l	Pas de valeur guide
Bore	B	< 1 mg/l	0.5mg/l
Cadmium	Cd	< 1 µg/l	0,003 mg/l
Chlore	Cl		Pas de valeur mais on peut noter un goût à partir de 250 mg/l
Chrome	Cr ⁺³ , Cr ⁺⁶	< 2 µg/l	chrome total : 0,05 mg/l
Couleur			Pas de valeur guide
Cuivre	Cu ²⁺		2 mg/l
Cyanure	CN ⁻		0,07 mg/l
oxygène	O ₂		Pas de valeur guide

Usages de l'eau et leurs conséquences dans le district de Bamako et environs Quantification des caractéristiques physico-chimiques, biologiques et microbiologiques des eaux du district de Bamako et environs.

disous			
<u>Fluorure</u>	F ⁻	< 1,5 mg/l (up to 10)	1,5 mg/l
<u>Dureté</u>	mg/l <u>CaCO₃</u>		200 ppm
Sulfure d'hydrogène	H ₂ S		0.05 à 1 mg/L
<u>Fer</u>	Fe	0,5 - 50 mg/l	Pas de valeur guide
<u>Plomb</u>	Pb		0,01 mg/l
<u>Manganèse</u>	Mn		0,4 mg/l
<u>Mercure</u>	Hg	< 0,5 µg/l	inorganique : 0,006 mg/l
<u>Molybdène</u>	Mb	< 0,01 mg/l	0,07 mg/l
<u>Nickel</u>	Ni	< 0,02 mg/l	0,07 mg/l
<u>Nitrate et nitrite</u>	NO ₃ , NO ₂		50 et 3 mg/l (exposition à court terme) 0.2 mg/l (exposition à long terme)
Turbidité			Non mentionnée
<u>pH</u>			Pas de valeur guide mais un optimum entre 6.5 et 9.5
<u>Sélénium</u>	Se	< < 0,01 mg/l	0,01 mg/l
<u>Argent</u>	Ag	5 – 50 µg/l	Pas de valeur guide
<u>Sodium</u>	Na	< 20 mg/l	Pas de valeur guide
<u>Sulfate</u>	SO ₄		500 mg/l
<u>Etain inorganique</u>	Sn		Pas de valeur guide : peu toxique
TDS			Pas de valeur guide mais optimum en dessous de 1000 mg/l
<u>Uranium</u>	U		0.015 mg/l
<u>Zinc</u>	Zn		3 mg/l

I.5.2-Tableau N°2 : Pesticides

Substance	Formule	Lignes directrices fixées par l'OMS
Alachlore	C ₁₄ H ₂₀ Cl N O ₂	20 µg/l
Aldicarbe	C ₇ H ₁₄ N ₂ O ₄ S	10 µg/l
Aldrine and dièldrine	C ₁₂ H ₈ Cl ₆ / C ₁₂ H ₈ Cl ₆ O	0.03 µg/l
Atrazine	C ₈ H ₁₄ Cl N ₅	2 µg/l

Usages de l'eau et leurs conséquences dans le district de Bamako et environs Quantification des caractéristiques physico-chimiques, biologiques et microbiologiques des eaux du district de Bamako et environs.

Bentazone	$C_{10}H_{12}N_2O_3S$	Pas de valeur guide
Carbofuran	$C_{12}H_{15}NO_3$	7 µg/l
Chlordane	$C_{10}H_6Cl_8$	0.2 µg/l
Chlorotoluron	$C_{10}H_{13}ClN_2O$	30 µg/l
DDT	$C_{14}H_9Cl_5$	1 µg/l
1,2-Dibromo-3-chloropropane	$C_3H_5Br_2Cl$	1 µg/l
acide 2,4-Dichlorophenoxyacetique (2,4-D)	$C_8H_6Cl_2O_3$	30 µg/l
1,2-Dichloropropane	$C_3H_6Cl_2$	40 µg/l
1,3-Dichloropropane	$C_3H_6Cl_2$	Pas de valeur guide
1,3-Dichloropropène	$CH_3CHClCH_2Cl$	20 µg/l
dibromure d'éthylène (EDB)	$BrCH_2CH_2Br$	Non mentionné
Heptachlore and epoxide d'heptachlore	$C_{10}H_5Cl_7$	
Hexachlorobenzène (HCB)	$C_{10}H_5Cl_7O$	
Isoproturon	$C_{12}H_{18}N_2O$	9 µg/l
Lindane	$C_6H_6Cl_6$	2 µg/l
MCPA	$C_9H_9ClO_3$	2 µg/l
Methoxychlore	$(C_6H_4OCH_3)_2CHCCl_3$	20 µg/l
Metolachlor	$C_{15}H_{22}ClNO_2$	10 µg/l
Molinate	$C_9H_{17}NO_3S$	6 µg/l
Pendimethalin	$C_{13}H_{19}O_4N_3$	20 µg/l
Pentachlorophenol (PCP)	C_6HCl_5O	9 µg/l
Perméthrine	$C_{21}H_{20}Cl_2O_3$	300 µg/l
Propanil	$C_9H_9Cl_2NO$	Pas de valeur guide
Pyridate	$C_{19}H_{23}ClN_2O_2S$	Pas de valeur guide
Simazine	$C_7H_{12}ClN_5$	2 µg/l
Trifluraline	$C_{13}H_{16}F_3N_3O_4$	20 µg/l
Chlorophenoxy herbicides (excluding 2,4-D and MCPA)	2,4-DB	$C_{10}H_{10}Cl_2O_3$ 90 µg/l
	Dichlorprop	$C_9H_8Cl_2O_3$ 100 µg/l
	Fenoprop	$C_9H_7Cl_3O_3$ 9 µg/l
	MCPB	$C_{11}H_{13}ClO_3$ Pas de valeur guide
	Mecoprop	$C_{10}H_{11}ClO_3$ 10 µg/l
	2,4,5-T	$C_8H_5Cl_3O_3$ 9 µg/l

Usages de l'eau et leurs conséquences dans le district de Bamako et environs Quantification des caractéristiques physico-chimiques, biologiques et microbiologiques des eaux du district de Bamako et environs.

I.5.3- Tableau N°3 : Paramètres microbiologiques : [26]

Paramètres	Valeur paramétrique
Escherichia coli (E. coli)	0 dans 250 ml
Enterococci	0 dans 250 ml
Pseudomonas aeruginosa	0 dans 250 ml
Clostridium perfringens	0 dans 100ml
bactérie coliforme	0 dans 100ml
Nombre de colonies à 22°C	100/ml
Nombre de colonies à 37°C	20/ml

I.5.4- Tableau N°4 : Délais des analyses après prélèvements de quelques paramètres [18]

paramètres	délais
Nitrate	6h
Nitrite	24h
Ammonium	24h
pH	24h
Phosphate	24h
Cyanure	24h mais 14jours si le pH =12 ; à 4°C
Acidité-alcalinité	24h
Conductivité	48h
Sulfate	6 jours
Fer, Cuivre	2 mois
As, Cd, Pb, Cr	6 mois à pH=2 à la température ambiante
Hg	6 mois au moins ; à pH acide, à la température de 2 à 6°C

I.6-Les sources de distribution à Bamako : on a : des stations de pompage de Djicoroni, les forages de la zone aéroportuaire, la station compacte de Magnambougou et le site de la centrale du projet SOPAM à Sirakro néguéta.

I.6.1-La station de pompage de Djicoroni : le suivi du processus de traitement de l'eau potable fournit par la société EDM aux consommateurs.

EDM utilise deux sources d'approvisionnement : le fleuve et la nappe souterraine. [27]

Le fleuve :

L'eau brute est directement tirée du fleuve par un tour de captage. Acheminée vers des puits équipés de pompes, les eaux sont refoulées vers des installations de traitement.

C'est là que la purification de l'eau commence avec l'administration de produits chimiques (sulfate d'aluminium, chaux et eau de javel), chacun des produits jouant un rôle spécifique dans le processus d'élimination des déchets. L'eau qui parvient maintenant aux six décanteurs de 500 m³ chacun est normalement débarrassée de toutes les impuretés susceptibles de nuire à la santé des consommateurs. Les dernières particules sont retenues par des filtres qui laissent passer l'eau jusqu'à la citerne de stockage. Chaque jour, plus de 120 000 m³ d'eau passent par ce circuit.

Visite du laboratoire situé à quelques mètres dans la même enceinte : une dizaine de laborantins manipulent des tubes contenant des prélèvements de la journée.

I.6.2 -Les stations compactes installées à Magnambougou et Baco-Djicoroni
ACI : situées sur les bords du fleuve : ces stations sont préfabriquées et importées d'Europe. [27]

I.6.3-Les puits de pompage : La zone aéroportuaire est maintenant maillée de ces puits de pompage très modernes qui desservent kalanban koura, kalaban koro et guarantiguibougou, ces quartiers sont très peuplés et surtout très vastes. La production journalière est estimée à 4 000 m³ d'eau pour quelques 2 400 abonnés. [27]

I.7- Pollution des eaux :

On entend par pollution d'une eau : l'ensemble des éléments qui la rendent impropre à un usage déterminé, il faut ajouter :

- qu'il y a autant de variétés de pollutions que d'usages,
- que de nouvelles pollutions apparaissent au fur et à mesure que nos connaissances en toxicologie avancent et nos moyens d'analyse se

perfectionnent : il n'est d'ailleurs pas exclu que certaines se révèlent injustifiées après des études plus approfondies

Et à savoir que la pollution la plus à craindre n'est pas forcément celle dont on parle de plus. [8]

On a traditionnellement :

I.7.1-la pollution physique : due à la présence de matières en suspension et des colloïdes.

Elle se traduit par une coloration ou un trouble plus ou moins prononcé.

I.7.2- la pollution chimique : due à des substances en solution ; elle se traduit par un changement de saveur, parfois par l'apparition d'un caractère toxique lorsque le corps dissous est un poison.

I.7.3-la pollution thermique : accroissement de température due à des circuits de refroidissements, le plus souvent des centrales énergétiques.

I.7.4. Origine de la pollution : on a principalement :

I.7.4.1-les pollutions domestiques : elles mêmes divisées en eaux de vanne qui comprennent les eaux de diverses toilettes et eaux ménagères qui englobent les lavages.

I.7.4.2-la pollution urbaine : les rues, les trottoirs, les commerces et l'artisanat, les bâtiments scolaires, les hôpitaux, eau de pluie.

I.7.4.3-la pollution liée aux ruissellements autoroutiers en rase campagne : Les travaux de construction et de matériaux utilisés ; le déversement accidentel ; l'entretien des voiries.

I.7.4.4-la pollution agricole : érosion des sols ; engrais chimiques ; pesticides ; insecticides ; fongicides etc....

I.7.4.5- la pollution industrielle : les tanneries ; le déversement de déchets chimiques. [8]

I.8- Renseignements à fournir pour une analyse d'eau :

- propriétaire ou autorité qui demande l'analyse
- cause qui motive la demande d'analyse (source à capter, appréciation d'une eau de boisson, épidémie, intoxication etc....)
- nom du point d'eau
- origine de l'eau (source, puit, sondage ; rivière, citerne etc.)
- nature géologique des terrains traversés

- indiquer les causes de souillure permanente ou accidentelle aux quelles l'eau paraît exposée (ferme, fosse à fumier, étable, puits perdu, cimetière, usine, etc.)
- prendre la température de l'eau à l'émergence et celle de l'atmosphère au moment du prélèvement
- préciser les usages auxquels l'eau est destinée (boisson, lavage, abreuvement, usine chantier, etc.)
- ville ou établissement que l'eau alimente, les cas échéant, le système d'épuration utilisé
- date et l'heure du prélèvement. [12]

I.9-Traitement de l'eau :

Pour rendre l'eau propre à la consommation, il faut un traitement :

I.9.1- Les eaux souterraines : Les eaux profondes sont limpides donc souvent considérées comme des eaux « naturellement pures ». Ce principe est souvent vrai pour la qualité bactériologique, cependant les caractéristiques physico-chimiques sont fréquemment défavorables (présence de fer, manganèse, ammonium, CO₂ agressif, nitrate, fluor, calcium, magnésium...)

Les éléments polluants seront éliminés par des procédés spécifiques (déferrisation, démanganitisation, l'adoucissement...) [22]

I.9.2- Les eaux de surface : Ce sont les eaux des lacs, des rivières, des étangs et des retenues artificielles.

Elles ne sont jamais potables du fait de la présence de substances d'origine naturelle ou apportée par la pollution.

Une grande partie des eaux potables est produite à partir des eaux de surface.

Le traitement des eaux de surfaces comprend deux étapes essentielles : à savoir, la clarification et la désinfection, qui peuvent être complétées par un affinage ou traitement spécifique. [22]

I.9.2.1 -Clarification : c'est l'élimination des matières en suspension

(MES), des matières colloïdales et des macromolécules susceptibles de communiquer à l'eau une turbidité ou une couleur indésirable. La clarification élimine en même temps la fraction des polluants (organiques et minéraux) qui est associée à des MES et macromolécules. [22]

La clarification comprend les étapes suivantes :

- ❖ la coagulation
- ❖ la floculation
- ❖ la décantation

Usages de l'eau et leurs conséquences dans le district de Bamako et environs Quantification des caractéristiques physico-chimiques, biologiques et microbiologiques des eaux du district de Bamako et environs.

❖ la filtration [24]

I.9.2.2 -Désinfection : c'est la destruction des **bactéries** et des virus pathogènes, ainsi que des bio-indicateurs (coliformes fécaux et totaux streptocoques fécaux) à la sortie de l'usine. Elle doit permettre le maintien, au cours de la distribution d'un résiduel bactériostatique destiné à éviter la dégradation de la qualité de l'eau par la prolifération d'organismes dans les canalisations et dans les récipients utilisés avant consommation. [22]

La désinfection peut s'effectuer selon deux procédés :

- physico-chimique à l'aide des oxydants chimiques (eau de javel, hypochlorite de calcium, ozone, permanganate de potassium...) ;
- physique par ultrafiltration, micro filtration et aux rayons ultraviolets. [24]

I.10. Traitements complémentaires :

Il en existe plusieurs selon la spécificité de l'eau à traiter. On peut citer la neutralisation, l'aération, désodorisation le traitement du goût.... [22]

I.10.1-cas particuliers de purification des eaux :

Purification d'un puit :

Pour les puits, on utilise de l'eau de javel à 6% ou à 12% pour cette désinfection. La quantité à utiliser est calculée en appliquant la formule suivante:

La quantité d'eau de javel à 6% exprimée en litre (soit 18,75g/l de chlore actif) = volume d'eau du puits x 0,001. On commence par curer les parois du puits, pour enlever tous les corps étrangers; ensuite le vider puis le laisser se remplir de nouveau et on y verse la quantité d'eau de javel obtenue en multipliant le volume du puits par 0,001. Après 24 heures de temps, on vide de nouveau le puits et on le laisse se remplir pour pouvoir l'utiliser ensuite.

L'avantage de ce traitement est la destruction des bactéries mais aussi des gîtes de moustiques.

Le traitement est renouvelable en cas de besoin. [12]

NB : Le calcul est le même quand on a affaire à un réservoir.

I.10.2-Quelques procédés de stérilisation de l'eau en campagne :

En cas de coupure de canalisation, d'inondation, de guerre etc. il est utile d'obtenir des quantités limitées d'eau potable.

En dehors de l'ébullition, il existe plusieurs procédés de stérilisation de petites quantités d'eau qui peuvent être employées indifféremment en tenant compte de la disponibilité du moment.

Stérilisation de petits volumes : opérer de préférence sur l'eau claire après filtration même sommaire. [12]

I.10.2.1-par l'iode : l'utilisation de ce produit est facilitée par l'emploi de comprimés :

A :-iodure de potassium10g
 -iodate de potassium1.50g
 -bleu de méthylène qsp coloré (pour 100comprimés)

B :-acide tartrique.....10g
 -éosine qsp coloré (pour 100 comprimés)

C :-thiosulfate de sodium.....11.6g (Pour 100 comprimés)

Pour un litre d'eau à stériliser, dissoudre un comprimé A et un comprimé B, l'iode est libéré .Après, ajouter un comprimé C pour éliminer l'excès d'iode.

I.10.2.2-par le permanganate de potassium :

Ajouter à l'eau quelques cristaux de permanganate de potassium jusqu'à coloration rosée permanente .Au bout d'un quart d'heure, il est possible de décolorer l'eau par une trace d'hyposulfite de sodium.

I.10.2.3- par l'eau de javel :

Pour un litre d'eau, ajouter une goutte d'eau de javel ordinaire .Après une demi-heure, il est possible de détruire l'excès de chlore par un cristal d'hyposulfite de sodium.

I.10.2.4-par le chlorure de chaux :(hypochlorite de calcium)

Pour stériliser 100 litres d'eau, préparer la solution suivante

Chlorure de chaux ordinaire à 40° chlorométrique.....5g

Eau250 ml

Mélanger, laisser décanter 15 minutes et verser le liquide surnageant dans l'eau à stériliser.

I.10.3-quantité d'antiseptique utilisée pour la désinfection d'un réseau de canalisation :(cas du chlore et composés chlorés)

Dans le cas d'un réseau neuf, désinfecter en introduisant dans le réservoir le nombre voulu de litre d'hypochlorite afin qu'après mélange, le titre de chlore soit égal à 10 mg /litre pour un temps contact d'au moins 24 heures.

Dans le cas de la réparation d'une canalisation et d'une mise en service rapide, augmenter la concentration en chlore en tenant compte du temps de contact :

Temps de contact :

concentration :

- douze heures(12).....50mg/l
- trente minutes.....150 mg/l

Usages de l'eau et leurs conséquences dans le district de Bamako et environs Quantification des caractéristiques physico-chimiques, biologiques et microbiologiques des eaux du district de Bamako et environs.

- instantané.....10g/l

I.10.4 -emploi de sulfate de cuivre pour détruire les algues d'un réservoir :

Faire une solution concentrée de sulfate de cuivre et la diluer dans le volume d'eau entre 0.1 et 2 mg/l.

Homogénéiser le milieu ; à ces doses le cuivre n'introduit pas de risque toxique. [12]

I.11. La ville de Bamako :

Bamako est la capitale du Mali, située sur le fleuve Niger, dans le sud-ouest du pays. En 2006, la ville comptait 1 690 471 habitants (Bamakois). Son rythme de croissance urbaine est actuellement le plus élevé d'Afrique (et le sixième au monde). Bamako est le centre administratif du pays, un important port fluvial et un centre commercial pour toute la région alentour. La capitale Bamako est érigée en district et subdivisée en six communes dirigées par des maires élus.

I.11.1- Histoire :

Le site de Bamako a été occupé dès la préhistoire comme l'ont confirmé les fouilles archéologiques de [Magnambougou](#).

Bamako, originellement Bamako (« marigot du caïman » en langue bambara), a été fondée à la fin du XVI^e siècle par les Niaré, anciennement appelés Niakate, qui étaient des Sarakolés. Niaréla, le quartier des Niaré, est un des plus anciens quartiers de Bamako.

À la fin du XIX^e siècle, Bamako est un gros village fortifié de 600 habitants, lorsque le 1^{er} février 1883, les Français, avec Borgnis-Desbordes, y pénètrent.

I.11.2- Géographie :

Située 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. [13]

I.11.3- Démographie : Son accroissement démographique est impressionnant 2 500 habitants en 1884, 8 000 habitants en 1908, 37 000 habitants en 1945, près de 100 000 en 1960 lors de l'indépendance du Mali, l'agglomération compte aujourd'hui plus d'un million six cent mille habitants et continue d'attirer une population rurale en quête de travail (certains experts parlent de trois millions d'habitants en 2007 à Bamako). Cet accroissement incontrôlé entraîne des difficultés importantes en termes de circulation, d'hygiène (accès à l'eau potable, assainissement), pollution...

Située à 1 000 kilomètres de Dakar et d'Abidjan et à 120 kilomètres de la frontière guinéenne, Bamako est devenu le carrefour de l'Afrique et accueille

une population variée, composée des différentes ethnies présentes au Mali mais aussi issues des pays limitrophes. [13]

I.11.4- Administration :

La ville de Bamako est divisée en six communes ayant chacune un conseil communal et un maire :

Bamako est également érigé en district avec un maire élu par l'ensemble des conseillers.

La distribution d'eau potable à Bamako et à Kati est assurée par une station de pompage sur le fleuve Niger. Cependant, la capacité de 135 000 m³ d'eau potable par jour est insuffisante pour assurer les besoins estimés à 152 000 m³ durant la saison chaude entre avril et juin. Durant cette période, les quartiers situés en hauteur connaissent de fréquentes coupures d'eau dans la journée. Une nouvelle station de pompage doit ouvrir à Kabala en 2009.

La ville de Bamako est située de part et d'autre du Fleuve Niger. Deux ponts relient les deux rives : le pont des martyrs (ancien pont de Badalabougou achevé en 1960 et rebaptisé en mémoire des manifestants tués en mars 1991 par le régime de Moussa Traoré) et le pont du roi Fahd d'Arabie saoudite, du nom du bailleur de fond. Une chaussée submersible est praticable en dehors de la saison des pluies. [B13]

I.11.5- Les Quartiers :

Bamako compte soixante quartiers, parmi lesquels on peut citer : [13]

communes	quartiers
I	Banconi, fadjiguila, djelibougou, Korofina, Titibougou, Sotuba, Sikoroni, boulkassoumbougou, sangarebougou
II	Médine, missira, bagadadji, quinzambougou, Sans fil, Bakaribougou Bozola, Niarela, Zone industrielle, N'golonina, hippodrome.
III	Darsalam, tomikorobougou, badialan II, niomirambougou, Centre commercial, Dravela, Ouolofobougou, Point G, Samé, Sogonafin, Koulouba, Minkougo, Kodabougou, bolibana, Bamako- coura
IV	Hamdalaye, lafiabougou, sebenikoro, Djikoroni para, Lassa, Dogodouma, Taliko
V	Torokorobougou, bacodjikoroni, badalabougou, daoudabougou, kalabancoura, Sabalibougou, Quartier Mali,
VI	Niamakoro cité, faladièsokoro, banankabougou, yirimadjo, magnambougou, Senou, Dianeguela, Missabougou, Sokorodji, sogoniko

Usages de l'eau et leurs conséquences dans le district de Bamako et environs Quantification des caractéristiques physico-chimiques, biologiques et microbiologiques des eaux du district de Bamako et environs.

I.12. PRESENTATION DU LABORATOIRE NATIONAL DE LA SANTE : LNS

12.1- CREATION :

Le LNS a été créé suivant l'ordonnance N°90 34/PRM du 05 juin 1990 comme service rattaché à la direction nationale de la santé. Le 20 septembre 2000, il a été érigé en Etablissement Public à caractère Scientifique et Technologique (EPST) par l'ordonnance N°040/PRM.

I.12.2- MISSIONS :

Le LNS est chargé de contrôler la qualité des médicaments, des aliments, eaux et boissons ou toutes autres substances importées ou produites en république du Mali et destinées à des fins thérapeutiques, diététiques ou alimentaires en vue de la sauvegarde de la santé des êtres humains et animaux.

Ce titre lui confère le pouvoir de :

- Donner son avis technique pour l'autorisation ou l'interdiction de l'usage de tout autre produit, médicament, aliment, eau ou boisson à usage thérapeutique, diététique ou alimentaire ;
- Prélever et analyser des échantillons dans toute unité de production, d'importation de distribution ou de conservation de médicaments, eaux, boissons divers, aliments et toutes autres substances introduites dans l'organisme humain et animal, dans un but thérapeutique, nutritionnel ou autre et concourant à l'amélioration ou à la détérioration de l'état de santé de l'homme et de l'animal ;
- Participer à la formation universitaire et post-universitaire ;
- Entreprendre des activités de recherches scientifiques et techniques ;
- Contribuer à l'élaboration des normes et veiller à leur application.

I.12.3- RESSOURCES :

Les ressources de laboratoire national de la santé proviennent des :

- ❖ Revenus provenant des prestations de services (recettes propres) ;
- ❖ Subventions de l'Etat ;
- ❖ Dons et legs, subventions autres que celles de l'Etat ;
- ❖ Fonds d'aide extérieure.

I.12.4- ORGANES D'ADMINISTRATION ET GESTION :

Les organes d'administration et de gestion du laboratoire national de la santé sont :

- Le conseil d'administration ;
- La direction générale ;
- Le comité scientifique et technologique.

I.12.5- LE PERSONNEL :

L'effectif en personnel de LNS s'élève à 54 personnes dont 33 fonctionnaires, 6 contractuels et 15 conventionnaires. Parmi le personnel on peut citer :

- **Direction :**

Elle comprend :

- ✓ Un Directeur Général (Pharmacien agrégé de chimie analytique)
- ✓ un Vétérinaire (ingénieur d'élevage)
- ✓ deux secrétaires
- ✓ un agent comptable
- ✓ Un électromécanicien, deux chauffeurs.

- **Section contrôle de qualité des médicaments :**

- ✓ Un Pharmacien spécialiste de toxicologie,
- ✓ deux Pharmaciens
- ✓ quatre techniciens chimistes.

- **Section contrôle de qualité des Aliments, Boissons et Eaux :**

- ✓ Un Ingénieur chimiste
- ✓ deux technologues alimentaires,
- ✓ cinq microbiologistes,
- ✓ quatre techniciens de laboratoire.

Les besoins du laboratoire national de la santé en ressource humaine pour l'année 2008

- 1 Pharmacien analyste
- 1 Ingénieur chimiste ou bactériologiste
- 4 Technicienne de l'industrie et des mines
- 1 Ingénieur informaticien

I.12.6- DEPARTEMENTS :

Le laboratoire national de la santé comprend deux départements techniques à savoir

- ✓ Le département de contrôle de qualité des médicaments (DCQM) ;
- ✓ Le département de contrôle de qualité des aliments, eaux et boissons ;

Le premier est chargé des tâches suivantes :

- Le contrôle périodique et obligatoire de la qualité de tous les médicaments et produits pharmaceutiques fabriqués ou importés au Mali ;

- L'identification sur demande de tout médicament ou autres produits pharmaceutiques saisis ;
- L'expertise pharmaceutique accompagnant des dossiers relatifs aux demandes d'autorisation de mise sur le marché (AMM).

Le second Département est chargé des tâches suivantes :

- Le contrôle physico-chimique, bactériologique et toxicologique des aliments, eaux et boissons produits ou importés au Mali en vue d'établir leur qualité.

I.12.7- EQUIPEMENTS :

- Chromatographie en phase gazeuse
- Un spectromètre de masse
- Chromatographie à HPLC
- Balances électroniques
- Hottes filtrantes
- Etuves
- Plaques électriques chauffantes
- Spectrophotomètre à absorption atomique
- Spectrophotomètre à UV, V
- Ph-mètre
- Conductimètre
- Multi dossimat
- Appareil à dissolution (dissolu test)
- Fours électriques
- Electrophorèse
- Appareil à désagrégation
- Appareil à extraction
- Appareil pour control de préservatif
- Karl Fischer

II.METHODOLOGIE :

II.1-LIEU DE PRELEVEMENT : il s'est déroulé dans le district de BAMAKO d'octobre 2007 en septembre 2008, et concernait seulement les échantillons d'eau de robinet, de puits et forage dans les six communes du district.

II.2-PLAN D'ECHANTILLONNAGE ET PROTOCOLE DE PRELEVEMENT :

- ❖ la collecte d'échantillons s'est faite sur six mois soit deux mois durant chacune des périodes de froid, de forte chaleur et d'hivernage dans les six communes du district.

Le programme est présenté dans le tableau ci-dessous :

TABLEAU N°5 : programme de prélèvement des échantillons

	Octobre 2007 Novembre 2007		Novembre 2007		Janvier 2008		Mars 2008		Mai 2008		Juillet 2008	
Nature de l'échantillon	Rob.	Puits	Rob.	Puits	Rob.	Puits	Rob.	Puits	Rob.	Puits	Rob.	Puits
Nombre de site	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Nombre d'échantillon/site	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Nombre dans les six communes	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Total des échantillons	216 soit 108 robinets et 108 puits/forages											

Soit un effectif de 216 échantillons dont 108 robinets et 108 puits et forages

- ❖ le prélèvement est effectué dans différents quartiers des six communes de Bamako, dont les noms sont énumérés dans le tableau ci-dessous.

TABLEAU N°6 : quartiers de prélèvement des différents échantillons d'eaux à Bamako.

communes	quartiers
I	Banconi, fadjiguila, djelibougou, boukassoumbougou, sangarebougou
II	Médine, missira, bagadadji, quinzambougou, hippodrome.
III	Darsalam, tomikorobougou, badialan II, niomirambougou, bolibana, Bamako-coura
IV	Hamdalaye, lafiabougou, sebenikoro,
V	Torokorobougou, bacodjikoroni, badalabougou, daoudabougou, kalabancoura
VI	Niamakoro cité, faladièsokoro, banankabougou, yirimadjo, magnambougou, sogoniko

II.3.TRANSPORT ET STOKAGE

II.3.1-Transport :

Usages de l'eau et leurs conséquences dans le district de Bamako et environs Quantification des caractéristiques physico-chimiques, biologiques et microbiologiques des eaux du district de Bamako et environs.

Après le prélèvement, le flacon doit être lisiblement étiqueté et envoyé sans retard au laboratoire, accompagné d'une note portant tous les renseignements nécessaires.

La teneur des échantillons en coliformes se modifie entre le moment du prélèvement et celui d'examen

Il importe donc de procéder à l'analyse le plus rapidement possible après le prélèvement, de préférence dans l'heure suivante et en aucun cas après 24 heures.

II.3.2-Stockage :

Au cas où les échantillons ne pourraient être remis rapidement au Laboratoire, on pourra soit utiliser des camions-laboratoires, soit filtrer les échantillons sur membrane au point de prélèvement ou dans un laboratoire local.

Après filtration, la membrane peut être placée dans une boîte de pétri, sur un tampon absorbant saturé d'un milieu de transport.

Ce dernier est un milieu de culture très dilué qui permet la survie des germes mais peut rester trois jours à la température ambiante sans développement bactérien apparent. Pour les expéditions postales à destination d'un laboratoire central, on utilisera de préférence les boîtes de pétri en polystyrène. Un délai de trois jours ne modifie pas sensiblement la numération des coliformes. [14]

II.4.CRITERES D'INCLUSION : l'étude était basée sur les eaux de robinets, de puits et forages dans les six communes de Bamako (public et privées confondues)

II.5.CRITERES D'EXCLUSION : étaient exclues de l'étude, les eaux de pluies, eaux usées et eau du fleuve à l'état brut.

II.6.PARAMETRES ETUDIES : les analyses porteront sur les paramètres physico-chimiques et bactériologiques suivants :

- ❖ Eau de robinet: les paramètres sont :le chlore libre , le pH , la couleur ,les nitrites les nitrates ,la conductibilité ,le plomb ,les pesticides organochlorés et organophosphorés ,les coliformes fécaux ,les streptocoques fécaux et Escherichia coli.
- ❖ Eau de puits et forages : les paramètres sont : le pH, les nitrites, les nitrates, les phosphores, l'ammonium , la conductivité, le chrome, les pesticides organochlorés, et organophosphorés, les coliformes fécaux, les streptocoques fécaux et Escherichia coli.

II.7.LIEU D'ETUDE : les différentes analyses se sont déroulées au Laboratoire National de la Santé plus précisément au niveau des sections aliments, eaux de boissons et microbiologique.

II.8.DIRECTIVES UTILISEES : Au Mali, il n'existe pas de norme officielle pour la qualité de l'eau de boisson.

Il convient de rappeler que pour l'instant sont pratiquées au Mali, les recommandations de l'organisation mondiale de la santé (O.M.S) relatives à la qualité de l'eau de boisson. Ainsi pour notre étude nous nous référons aux directives de l'O.M.S.

II.9.MATERIELS, REACTIFS, EQUIPEMENTS :

II.9.1-MATERIELS_:

Les boîtes de pétri

Fioles de 100ml

Gants

Erlenmeyers

Cylindre

Masque à gaz

Tubes à essai

Pipettes

Poire

Béchers

II.9.2-REACTIFS :

Acide nitrique fumant

Acide sulfurique

Molybdate d'ammonium à 10 pourcent

Nitriver

Nitraver

Phosphaver

Cromaver

Tampon ammoniacal ;

Solution de complexonate de magnésium ;

Solution de Noir Eriochrome T ;

Solution de complexon III 0.01 M

II.9.3-EQUIPEMENTS :

Balance électronique

Hotte filtrante

Etuve

Plaque électrique chauffante
Spectrophotomètre à absorption atomique
Spectrophotomètre à UV, V
Ph-mètre
Conductimètre
Multi dossimat

II.10-METHODES D'ANALYSE :

II.10.1-Les paramètres physico-chimiques :

A) Le spectrophotométrie à UV, V : DR/2010 HACH pour les nitrites, nitrates, sulfates, phosphates, ammonium, le plomb, chlore libre.

Méthodes spectrophotométriques

Le spectrophotomètre modèle DR/2010 HACH est un appareil à simple faisceau commandé par un micropresseur pour analyse au laboratoire ou sur le terrain. C'est un spectrophotomètre qui utilise le visible. Il fonctionne sur pile ou sur secteur en utilisant le transformateur / chargeur.

1-Principes :

A une longueur d'onde fixe, la concentration d'une substance est proportionnelle à sa densité optique selon la relation $DO = \epsilon l C$.

Où ϵ : coefficient d'extinction molaire (en l / mole / cm)

l : trajet optique en cm

C : concentration en mol / l

2-Mise en œuvre : (cf. annexe 3)

B) Le spectrophotométrie à absorption atomique (SAA) : pour le plomb et le chrome.

1-Principe :

Lorsque les atomes d'un élément ont été excités, leur retour à l'état fondamental s'accompagne de l'émission de photons de fréquence F bien définie et propre à cet élément. L'utilisation de ce phénomène constitue la base de la spectrométrie d'émission. Le même élément dispersé à l'état de vapeur dans une flamme de façon à ce que les atomes y soient dissociés, possède également la propriété d'absorber tout rayonnement de même fréquence F . Il en résulte une absorption du rayonnement incident liée à la concentration de l'élément considéré par une relation de la forme :

$$\text{Log } I_0/I = K.L.C$$

I_0 = intensité de la radiation incidente

I = intensité de la radiation après la traversée de la flamme

L = longueur du chemin optique

C = concentration dans la solution de l'élément considéré. [12]

2-Mise en œuvre : (cf. annexe 4)

C) pH- métrie:

1-Principe : c'est la détermination de l'acidité ou de l'alcalinité d'une solution.

2-Mise en œuvre : (cf. annexe 1)

D) Conductimétrie:

1-Principe :

La détermination de la conductivité se fait par la mesure de la résistance électrique de la solution. Un voltage est appliqué entre deux électrodes plongées dans l'échantillon, et la chute du voltage due à la résistance de la solution est utilisée pour calculer la conductivité par centimètre.

2-Mise en œuvre : (cf. annexe 2)

E) Mesure de la dureté totale :

1-principe : la détermination de la dureté totale s'effectue par titrage à la température voisine de 40° et pH 9-10, avec la solution titrée de complexon III, en présence de noir Eriochrome et de complexonate de magnésium comme indicateur. La détermination de magnésium s'effectue de façon analogue, après élimination de calcium à l'état d'oxalate de calcium. La différence entre les deux dosages permet de connaître le taux de calcium.

Les résultats sont exprimés en milliéquivalent par litre et en milligramme de calcium et magnésium par litre.

2-Mise en œuvre : (cf. annexe 5)

F) Méthodes d'identification des pesticides :

❖ pesticides organophosphorés :

1- Principes :

Après l'ajout de quelques gouttes d'acide nitrique et d'acide sulfurique et du molybdate d'ammonium à l'échantillon, on observe une solution ou un précipité jaune lumineux (luisant) indique la présence des phosphores, ce qui suggère un pesticide organophosphoré. [19]

2- Mise en œuvre : (cf. annexe 6)

❖ pesticides organochlorés :

1- Principes:

L'apparition d'une coloration rouge dans la partie inférieure de la phase acide indique la présence de dieldrine (coloration instantanée) ou d'aldrine (coloration lente) ; une coloration rose-orange indique la présence d'endrin. [19]

2- **Mise en œuvre** : (cf. annexe 7)

II.10.2-Méthodes d'identification des Paramètres bactériologiques : les paramètres retenus sont : le Streptocoques fécaux, les Coliformes fécaux et *Echérichia coli*

A) Streptocoques fécaux :

1- Principes:

Les tubes positifs présentent un trouble : ceux-ci sont obligatoirement soumis au test de Litsky.

Après la préparation du bouillon de Litsky :

- transférer 1 ml du milieu positif de Rothe dans un tube de milieu contenant 10 ml de Litsky ;
- incuber à 37°C pendant 24 heures et 48 heures ;
- Lecture : on observe un léger trouble et un dépôt violet dans le fond des tubes ; d'où la présence de streptocoques fécaux.
- faire la numération en utilisant la méthode du nombre le plus probable. [20]

2- **Mise en œuvre** : (cf. annexe 8)

B) Coliformes fécaux :

1- Principes:

Les coliformes présentent des colonies rouges de diamètre égal ou supérieur à 0.5mm en 24 heures d'incubation. [20]

2- **Mise en œuvre** : (cf. annexe 9)

C) *Escherichia coli* :

1- Principes:

Les colonies d'*E. coli* sont bleues (turquoises), si les colonies d'*E. coli* ont été stressées, incuber à 4 heures à 37°C et ensuite 18 à 20 heures à 44°C. Ne pas dépasser 24 heures d'incubation au total car certains cocci gram⁺ possédant une β -glucuronidase pourraient donner des colonies semblables à celles d'*E. coli*. [B20]

2- **Mise en œuvre** : (cf. annexe 10)

D) Comptage des colonies :

Après la période d'incubation spécifiée, procéder à l'aide du compteur, au comptage des colonies caractéristiques pour chaque boîtes ne contenant pas plus de 150 colonies caractéristiques.

NB : au delà de ce chiffre, les colonies risquent de présenter des aspects non caractéristiques.

E) Expression des résultats :

-calculer le nombre N de E. coli dans l'échantillon par millilitre.

- 1^{er} cas : si la boîte contient moins de 150 colonies caractéristiques et ou non caractéristiques :

$$15 < C < 300$$

$$N = \sum c / v \times (n_1 + 0.1n_2) \times d \quad \text{avec :}$$

- ✓ $\sum C$ = la somme des colonies caractéristiques comptées sur les boîtes retenues ;
- ✓ n_1 = nombre de boîtes retenues à la 1^{ère} dilution ;
- ✓ n_2 = nombre de boîtes à la 2^{ème} dilution ;
- ✓ d = le taux de dilution correspondant à la première dilution ;
- ✓ v = volume de l'inoculum ;

- 2^{ème} cas : si la boîte contient moins de 15 colonies caractéristiques.

$$C < 15$$

$$N = C / v \times d$$

- 3^{ème} cas : si la boîte ne contient aucune colonie :

$$C = 0$$

$$N < 1 / d$$

On exprimer le résultat sous forme :

< 1 E. coli par ml.

NB : $d = 1$ pour les produits liquides.

III- Résultats

Nous avons mené des analyses physico-chimique et bactériologique des eaux de consommation de la ville de Bamako afin d'apprécier leur qualité (les eaux de robinets, de puits et forages) dans les six communes.

Les échantillons étaient au nombre de 216 avec 108 pour les eaux de robinets et 108 pour les eaux de puits et forages

A) SAISON SECHE FROIDE

1-EAUX DEROBINETS

1-1-Paramètres physico-chimiques

TABLEAU N°7

pH	R1	R2	R3	R4	R5	R6	<i>Moyenne</i>
Commune I	7.40	7.42	7.45	7.47	7.41	7.44	7.43
Commune II	7.65	7.44	7.46	7.58	7.58	7.56	7.39
Commune III	6.59	6.18	6.02	5.11	6.38	6.57	6.14
Commune IV	7.20	7.38	7.27	7.28	7.13	7.20	7.23
Commune V	6.86	6.83	6.79	6.80	6.83	6.78	6.81
<i>Commune VI</i>	6.74	6.83	6.78	6.66	6.59	6.54	6.69

Directives OMS : **6.5-9.5**

On constate sur ce tableau qu'exceptées les valeurs limites en R2, R3, R4 et R5 de la commune III, toutes les autres valeurs de ce paramètre sont conformes aux directives de l'OMS.

TABLEAU N°8

Chlore libre	R1	R2	R3	R4	R5	R6	Moyenne
Commune I	2.35	2.60	2.43	2.72	2.77	1.84	2.45
Commune II	1.46	1.58	1.92	2.01	1.73	2.09	1.7
Commune III	1.45	1.55	1.46	1.50	1.42	1.57	1.49
Commune IV	1.81	1.36	1.84	1.58	1.83	1.77	1.69
Commune V	1.10	1.26	1.45	1.41	1.51	1.78	1.41
Commune VI	1.26	1.45	1.34	1.47	1.69	1.75	1.49

Directives OMS : **>0.2mg/l**

Ce tableau montre que toutes les valeurs de ce paramètre sont conformes aux directives de l'OMS.

TABLEAU N°10

Couleur	R1	R2	R3	R4	R5	R6	Moyenne
Commune I	0	0	0	0	0	0	0
Commune II	0	0	0	0	0	0	0
Commune III	4.80	0.001	5.47	0	0	0	1.71
Commune IV	10.4	2.54	0	0	0	0	2.09
Commune V	0	0	0	0	0	0	0
Commune VI	0	0	0	0	0	0	0

Directives OMS : **15**

On constate sur ce tableau que toutes les valeurs de ce paramètre sont inférieures à la directive de l'OMS. Elles sont donc conformes à celle-ci.

TABLEAU N°11

Conductivité	R1	R2	R3	R4	R5	R6	Moyenne
Commune I	54.5	54.6	54.0	55.	55.3	54	54.6
Commune II	59.1	55.3	58.2	59.2	59.9	60.4	58.6
Commune III	59.9	59.5	60.1	59.9	60.0	60.4	59.9
Commune IV	57.1	58.5	56.9	57.5	53.0	57.4	56.7
Commune V	58.9	59.6	59.5	59.3	59.5	59.3	59.35
Commune VI	59	59.5	59.9	57	53.4	55.1	57.3

Directives OMS : **<400µs/cm**

Ce tableau montre que toutes les valeurs de ce paramètre sont conformes à la directive de l' OMS.

TABLEAU N°12

Nitrites	R1	R2	R3	R4	R5	R6	Moyenne
Commune I	0.007	0.005	0.006	0.006	0.004	0.004	0.005
Commune II	0.004	0.001	0.005	0.005	0.003	0.003	0.003
Commune III	0.003	0.003	0.007	0.008	0.004	0.005	0.005
Commune IV	0.005	0.004	0.003	0.005	0.005	0.004	0.004
Commune V	0.006	0.005	0.005	0.006	0.005	0.008	0.005
Commune VI	0.006	0.004	0.005	0.004	0.002	0.002	0.003

Directives OMS : **3mg/l**

On constate sur ce tableau que toutes les valeurs de ce paramètre sont conformes à la directive de l'OMS, les valeurs extrêmes étant 1,70 et 2,80 mg/L.

TABLEAU N°13

Nitrates	R1	R2	R3	R4	R5	R6	Moyenne
Commune I	2.5	2.4	2.2	2.2	2.1	2.1	2.25
Commune II	1.90	2.00	1.90	2.00	2.10	2.10	2
Commune III	1.90	1.90	2.50	2.10	1.20	1.10	1.7
Commune IV	1.80	1.90	1.90	1.90	2.20	2.10	1.96
Commune V	1.90	2.00	3.00	2.60	2.70	2.80	2.5
Commune VI	1.50	1.50	1.30	1.90	1.90	1.40	1.5

Directives OMS : **50mg/l**

Ce tableau montre que toutes les valeurs de ce paramètre sont conformes à la directive de l'OMS, les valeurs extrêmes étant 1,10 et 3,00 mg/L.

1-2-Paramètres bactériologiques : les résultats obtenus montrent que l'eau de ces robinets ne contient ni Streptocoques fécaux, ni Coliformes fécaux, ni Escherichia coli.

Remarque : toutes les recherches de plomb et de pesticides ont données des résultats nuls.

2- EAUX DE PUIITS ET FORAGES

2-1-paramètres physico-chimiques :

TABLEAU N°14

pH	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Moyenne
Commune I	4.19	4.80	5.44	4.10	4.41	6.76	4.95
Commune II	6.49	6.48	5.35	6.18	6.81	6.05	6.23
Commune III	6.56	6.18	6.01	5.08	6.39	6.58	6.13
Commune IV	5.86	4.39	4.93	5.34	6.30	5.86	5.45
Commune V	3.82	4.86	5.03	4.39	4.13	4.74	4.5
Commune VI	3.66	3.83	6.72	6.17	3.65	4.35	4.73

Directives OMS : **6.5-9.5**

On constate sur ce tableau que dans les communes IV et V, toutes les valeurs de ce paramètre sont conformes aux directives de l'OMS. Dans les communes I, II, et VI, elles ne le sont pas à trois exceptions près P6 en commune I, P5 en commune II et P3 en commune VI. En commune III, les deux cas existent.

TABLEAU N°15

Ammonium	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Moyenne
Commune I	0	0	0	0	0	0	0
Commune II	0.9	1.6	0.3	0.1	0.1	0.4	0.57
Commune III	0.50	0.60	0.80	0.50	0.80	0.60	0.63
Commune IV	0	0	0.10	0	0	0.10	0.03
Commune V	0	0	0	0	0	0	0
Commune VI	0	0	0.3	0.2	0.3	0	0.13

Directives OMS : **0.2-0.3mg/l**

Ce tableau montre que les valeurs de ce paramètre en commune III ainsi que P1, P2 et P6 de la commune II sont supérieures à celles des directives de l'OMS. Les autres valeurs sont conformes.

TABLEAU N°16

Nitrites	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Moyenne
Commune I	0.007	0.072	0.026	0.015	0.018	0.067	0.034
Commune II	5.730	1.330	0.097	0.004	0.193	2.620	1.662
Commune III	0.008	0.009	0.004	0.006	0.137	0.016	0.03
Commune IV	0.458	0.028	0.006	0.007	0.006	0.014	0.0865
Commune V	0.015	0.467	0.023	0.009	0.008	0.005	0.087
Commune VI	0.012	0.018	5.780	0.246	0.18	0.022	1.043

Directives OMS : **3mg/l**

On constate sur ce tableau que toutes les valeurs de ce paramètre sont conformes à la directive de l'OMS exceptées en P1 de la commune II et en P3 de la commune VI.

TABLEAU N°17

Nitrates	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Moyenne
Commune I	45.9	86.3	53.4	27.5	30.1	46.8	48.33
Commune II	44.3	28.9	13.7	22.2	33.5	62.4	34.17
Commune III	3.3	32.2	10.3	7.2	47.4	72.9	28.88
Commune IV	39.9	55.6	4.6	25.5	4.0	34.6	27.37
Commune V	43.6	54.0	5.6	11.2	11.3	5.8	21.92
Commune VI	42.5	51.2	47.9	244.5	100.1	83.5	94.95

Directives OMS : **50mg/**

Ce tableau montre que les valeurs de ce paramètres sont conformes à la directives de l'OMS à l'exception de celles de P2 et P3 en commune I, P6 en commune II et III , P2 en commune IV et V ; P4, P5, et P6 en commune VI qui lui sont supérieures.

TABLEAU N°18

Dureté totale	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Moyenne
Commune I	12.0	200	4.0	4.0	2.0	10.0	38.7
Commune II	14.0	28.0	2.00	8.00	14.0	18.0	14.0
Commune III	10.0	10.0	6.00	4.00	26.0	22.0	13
Commune IV	10.0	8.0	2.0	6.0	4.0	16.0	7.7
Commune V	12.0	14.0	2.0	2.0	0.2	2.0	5.3
Commune VI	8.0	8.0	28.0	200	200	16.0	76.6

Directives OMS : **8-30TH**

Usages de l'eau et leurs conséquences dans le district de Bamako et environs Quantification des caractéristiques physico-chimiques, biologiques et microbiologiques des eaux du district de Bamako et environs.

On constate sur ce tableau que les valeurs de ce paramètre sont conformes aux directives de l'OMS à l'exception des valeurs obtenues en P2 de la commune I et en P4 et P5 de la commune VI qui sont nettement supérieures à la valeur maximale autorisée.

TABLEAU N°20

Phosphate	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Moyenne
Commune I	0.12	0.10	0.23	0.15	0.15	0.21	0.16
Commune II	0.19	0.12	0.13	0.15	0.16	0.11	0.14
Commune III	0.19	0.12	0.14	0.02	0.08	0.03	0.09
Commune IV	0.21	0.16	0.17	0.17	0.22	0.13	0.177
Commune V	0.16	0.15	0.15	0.15	0.14	0.07	0.136
Commune VI	0.02	0	0.02	0.36	0	0.01	0.06

Directives OMS : **<5mg/l**

Ce tableau montre que toutes les valeurs de ce paramètre sont conformes aux directives de l'OMS.

TABLEAU N°21

Conductivité	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Moyenne
Commune I	558	1749	515	349	394	566	681
Commune II	943	1531	185.2	378	827	1128	832
Commune III	330	533	1913	110.6	1417	1179	626.82
Commune IV	707	826	71.1	408	128.6	650	465.12
Commune V	846	985	164.2	200	178.8	63.4	406.23
Commune VI	659	715	3270	418	1145	914	1813.8

Directives OMS : **<400µs/cm**

On constate sur ce tableau que les valeurs de ce paramètre sont majoritairement supérieures aux directives de l'OMS, les valeurs extrêmes étant 64,4 et 3270µs/cm.

Remarque : toutes les recherches de pesticides ont données des résultats nuls

2.2-Paramètres bactériologiques :

TABLEAU N°22

Usages de l'eau et leurs conséquences dans le district de Bamako et environs Quantification des caractéristiques physico-chimiques, biologiques et microbiologiques des eaux du district de Bamako et environs.

Coliformes fécaux	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Moyenne
Commune I	0	0	78	27	18	645	128
Commune II	0	172	45	363	427	0	167.83
Commune III		0	0	0	0	263	43.83
Commune IV	0	0	181	181	145	54	93.5
Commune V	0	36	108	963	18	963	348
Commune VI	0	0	490	1490	0	0	330

Directives OMS : 0

On constate sur ce tableau que la majorité des échantillons contiennent des coliformes fécaux, la valeur maximale étant 1490 en P4 de la commune VI.

TABLEAU N°23

Streptocoques fécaux	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Moyenne
Commune I	+	0	+	0	0	0	0
Commune II	+	0	0	0	0	+	0
Commune III	0	+	0	+	+	0	0
Commune IV	0	0	0	+	0	+	0
Commune V	0	0	0	0	0	+	0
Commune VI	0	0	0	+	+	0	0

Directives OMS : 0

On constate sur ce tableau la présence de streptocoques dans les échantillons P1, P3 de commune I ; P1 et P6 de la commune II ; P2, P4, P5 de la commune III. P4, P6 de la commune IV ; P6 de la commune V et P4, P5 de la commune VI.

TABLEAU N°24

Escherichia coli	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Moyenne
Commune I	0	0	+	0	0	+	0
Commune II	0	0	0	0	+	0	0
Commune III	0	0	0	0	0	0	0
Commune IV	0	0	0	+	0	+	0
Commune V	0	0	0	0	0	0	0
Commune VI	0	0	0	0	0	0	0

Directives OMS : 0

On constate sur ce tableau la présence d' Escherichia coli dans les échantillons P3 et P6 de la commune I, P5 de la commune II et P4, P6 de la commune IV.

3-Récapitulatif des échantillons d'eau non conformes aux directives de l'OMS (Paramètres physico-chimiques)

Tableau N°25 : eaux de robinets

PARAMETRES	NOMBRES NON	POURCENTAGE
------------	-------------	-------------

Usages de l'eau et leurs conséquences dans le district de Bamako et environs Quantification des caractéristiques physico-chimiques, biologiques et microbiologiques des eaux du district de Bamako et environs.

	CONFORME	
pH	4	11

Ce tableau montre qu'à part le pH, les autres paramètres de tous les échantillons ont des valeurs conformes aux directives de l'OMS.

Pour ce paramètres, seuls 6% des échantillons ont des valeurs non-conformes.

Tableau N°26 : eaux de puits et forages

PARAMETRES	NOMBRES NON CONFORME	POURCENTAGE
pH	29	81
Ammonium	9	25
Nitrate	10	27
Nitrites	2	6
Dureté total	3	8
Phosphate	0	0
Conductivité	24	67

Le chrome, les sulfates et les phosphates ont des valeurs nulles dans ces eaux. Ce tableau fait ressortir des non-conformités plus ou moins élevées pour les autres paramètres. Les valeurs extrêmes sont 6% pour les nitrites et 81% pour la conductivité.

4-Récapitulatif des échantillons d'eau non conformes aux directives de l'OMS (Paramètres bactériologiques)

Tableau N° 27 : eaux de puits et forages

PARAMETRES	NOMBRES NON CONFORME	POURCENTAGE
Coliformes fécaux	20	56
Streptocoques fécaux	12	33
<i>Escherichia coli</i>	5	14

Ce tableau montre que quel que soit le paramètre, il existe des échantillons dont les valeurs sont non conformes aux directives de l'OMS. Ainsi pour les Coliformes fécaux 56% des échantillons sont concernés, pour les Streptocoques fécaux 33% le sont et pour *Escherichia coli* 14% seulement le sont.

B) SAISON SECHE CHAUDE :

1- EAUX DE ROBINETS

1-1-Paramètres physico-chimiques :

TABLEAU N°28

pH	R1	R2	R3	R4	R5	R6	<i>Moyenne</i>
Commune I	7.46	7.77	7.72	7.80	7.78	7.79	7.71
Commune II	7.35	7.49	7.52	7.48	7.53	7.49	7.47
Commune III	7.58	7.64	7.67	7.65	7.65	7.68	7.64
Commune IV	7.04	6.25	5.90	6.00	5.80	5.90	6.14
Commune V	6.14	6.40	6.20	6.30	6.50	6.30	6.30
Commune VI	6.40	6.40	6.50	6.90	5.34	5.60	6.19

Directives OMS : **6.5-9.5**

On constate sur ce tableau que les valeurs de ce paramètre de certains échantillons sont inférieures à la borne inférieure des directives de l'OMS qui est égale à 6.5 .C'est le cas en commune IV pour tous les échantillons et en commune VI pour cinq échantillons sur six.

TABLEAU N°29

Chlore libre	R1	R2	R3	R4	R5	R6	<i>Moyenne</i>
Commune I	1.36	1.47	1.47	1.37	1.29	1.52	1.41
Commune II	1.76	1.83	1.93	1.38	1.27	2.02	1.69
Commune III	1.16	1.21	1.36	1.66	0.24	1.76	1.23
Commune IV	1.30	1.08	1.20	0.99	1.30	1.29	1.18
Commune V	1.17	1.12	1.25	1.44	1.51	1.63	1.35
Commune VI	1.26	0.79	0.49	1.53	0.69	1.00	0.96

Directives OMS : **>0.2mg/l**

Ce tableau montre que toutes les valeurs de ce paramètre son conformes aux directives de l'OMS.

TABLEAU N°30

couleur	R1	R2	R3	R4	R5	R6	<i>Moyenne</i>
Commune I	8	10	21	17	8	19	14
Commune II	23	24	20	20	3	4	16
Commune III	18	22	5	12	11	20	14.6
Commune IV	5	13	5	15	17	8	10.5
Commune V	9	23	8	17	8	20	14.16
Commune VI	5	3	0	4	0	1	2.16

On constate sur ce tableau que toutes les valeurs de ce paramètre sont inférieures à la directive de l'OMS en commune VI.

Pour les autres communes, elles sont soit inférieures, soit supérieures à cette directive, les valeurs limites étant 3 et 23.

TABLEAU N°31

conductivité	R1	R2	R3	R4	R5	R6	<i>Moyenne</i>
Commune I	39	30	31	31	31	31	32.16
Commune II	33	32	32	31	32	32	32
Commune III	25	31	31	31	29	32	29.8
Commune IV	41.7	55	56	50	57	58	52.95
Commune V	64	40	62	58	61	60	57.5
<i>Commune VI</i>	62	59	58	60	49	66	59

Directives OMS : **<400µs/cm**

Sur ce tableau, on constate que toutes les valeurs de ce paramètre sont conformes à la directive de l'OMS.

TABLEAU N°32

nitrite	R1	R2	R3	R4	R5	R6	<i>Moyenne</i>
Commune I	0	0.001	0.001	0.001	0	0	0.0005
Commune II	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
Commune III	0	0	0	0	0	0	0
Commune IV	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
Commune V	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.0018
<i>Commune VI</i>	0.002	0.003	0.003	0.002	0.001	0.001	0.002

Directives OMS : **3mg/l**

Ce tableau montre que toutes les valeurs de ce paramètre sont inférieures à la directive de l'OMS.

TABLEAU N°33

nitrate	R1	R2	R3	R4	R5	R6	<i>Moyenne</i>
Commune I	1.5	1.6	1.7	1.7	1.7	1.7	1.65
Commune II	1.0	1.2	1.2	1.1	1.1	1.2	1.13
Commune III	1.3	1.3	1.3	1.3	1.1	1.4	1.28
Commune IV	1.3	1.1	1.5	1.3	1.6	1.5	1.38
Commune V	1.30	1.40	1.40	1.50	1.30	1.50	1.4
<i>Commune VI</i>	1.60	1.50	1.40	1.50	1.60	1.30	1.48

Directives OMS : **50mg/l**

On constate sur ce tableau que toutes les valeurs de ce paramètre sont nettement inférieures à la directive de l'OMS.

1.2-Paramètres bactériologiques : les résultats obtenus montrent que l'eau de ces robinets ne contient ni Streptocoques fécaux, ni Coliformes fécaux, ni Escherichia coli.

Remarque : toutes les recherches de plomb et de pesticides ont données des résultats nuls.

2- EAUX DE PUIITS ET FORAGES

Usages de l'eau et leurs conséquences dans le district de Bamako et environs Quantification des caractéristiques physico-chimiques, biologiques et microbiologiques des eaux du district de Bamako et environs.

2.1-Paramètres physico-chimiques :

TABEAU N°34

pH	P1	P2	P3	P4	P5	P6	<i>Moyenne</i>
Commune I	5.17	4.91	5.62	4.37	4.79	—	4.97
Commune II	6.59	6.71	5.18	6.07	6.60	5.97	6.18
Commune III	6.01	6.54	5.80	4.97	6.02	6.34	5.94
Commune IV	5.30	4.10	4.90	4.86	5.00	6.37	5.08
Commune V	5.64	5.00	4.70	4.20	4.04	4.90	4.74
<i>Commune VI</i>	4.20	3.80	6.54	6.20	4.20	5.18	5.02

Directives OMS : **6.5-9.5**

On constate sur ce tableau que les valeurs de ce paramètre sont toutes non-conformes aux directives de l'OMS en commune I et V.

Dans les autres communes les différents cas existent et les valeurs extrêmes sont 3,80 en P2 de la commune VI et 6,91 en P2 de la commune II.

TABEAU N°35

Ammonium	P1	P2	P3	P4	P5	P6	<i>Moyenne</i>
Commune I	0.3	0	0	0	0	—	0.06
Commune II	0	0.1	0	0	0	0	0.01
Commune III	0	0	0	0	0	0.3	0.05
Commune IV	0	0	0	0	0	0	0
Commune V	0	0	0	0	0	0	0
<i>Commune VI</i>	0	0	0.5	0	0	0.2	0.11

Directives OMS : **0.2-0.3mg/l**

Ce tableau montre que toutes les valeurs de ce paramètre sont conformes aux directives de l'OMS à l'exception de celle obtenue en P3 de la commune VI.

TABEAU N°36

Nitrites	P1	P2	P3	P4	P5	P6	<i>Moyenne</i>
Commune I	0.004	0	0	0	0.002	—	0.0012
Commune II	0.036	0.033	0.003	0.003	0.006	0.004	0.014
Commune III	0	0	0	0	0.001	0.002	0.0005
Commune IV	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0	0.0018
Commune V	0.001	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.0026
<i>Commune VI</i>	0.003	0.003	0	0.005	0	0.002	0.0021

Directives OMS : **3mg/l**

Ce tableau fait ressortir une conformité totale des valeurs de ce paramètre avec la directive de l'OMS.

TABEAU N°37

Usages de l'eau et leurs conséquences dans le district de Bamako et environs Quantification des caractéristiques physico-chimiques, biologiques et microbiologiques des eaux du district de Bamako et environs.

Nitrates	P1	P2	P3	P4	P5	P6	<i>Moyenne</i>
Commune I	47.0	79.6	31.9	16.1	26.6	—	40.24
Commune II	22.80	19.20	12.70	17.20	32.70	47.60	25.3
Commune III	1.4	15.1	5.2	7.0	57.5	28.1	19.05
Commune IV	33.3	61.2	2.00	21.60	3.70	5.90	21.28
Commune V	27.3	25.1	10.7	33.7	11.4	5.60	18.96
Commune VI	24.30	37.20	0	256.5	78.00	58.90	75.81

Directives OMS : **50mg/l**

On constate sur ce tableau que certaines valeurs de ce paramètre sont inférieures à la directive de l’OMS. C’est le cas en P2 de la commune I, en P5 de la commune III, en P2 de la commune IV, en P4, P5 et P6 de la commune VI.

TABLEAU N°38

Chrome	P1	P2	P3	P4	P5	P6	<i>Moyenne</i>
Commune I	0	0	0	0	0	—	0
Commune II	0	0	0	0	0	0	0
Commune III	0	0.01	0	0	0	0	0.016
Commune IV	0	0	0	0	0	0.02	0.003
Commune V	0	0	0	0	0	0	0
Commune VI	0	0	0	0	0	0	0

Directives OMS : **0.05mg/l**

On constate sur ce tableau que toutes les valeurs de ce paramètre sont nulles à l’exception de celles obtenues en P2 de la commune III et en P6 de la commune IV.

TABLEAU N°39

Dureté totale	P1	P2	P3	P4	P5	P6	<i>Moyenne</i>
Commune I	20	100	4	4	4	—	26.4
Commune II	24	40	2.0	6.0	14.0	16.0	17
Commune III	8	20	8	4	20	20	13.3
Commune IV	8.0	20	2.0	8.0	4.0	10	38.6
Commune V	20.0	8.0	4.0	20.0	4.0	2.0	9.6
Commune VI	20	20	20	200	100	100	76.6

Directives OMS : **8-30TH**

Ce tableau montre que toutes les valeurs de ce paramètre sont conformes aux directives de l’OMS excepté en P2 de la commune I, et en P4, P5 et P6 de la commune VI.

TABLEAU N°40

Usages de l’eau et leurs conséquences dans le district de Bamako et environs Quantification des caractéristiques physico-chimiques, biologiques et microbiologiques des eaux du district de Bamako et environs.

Phosphate	P1	P2	P3	P4	P5	P6	<i>Moyenne</i>
Commune I	0.08	0	0.08	0.07	0.07		0.006
Commune II	0.30	2.31	0.14	0.16	0.13	0.14	0.53
Commune III	0.14	1.52	0.16	0.10	0.15	0.15	0.37
Commune IV	0.18	0.13	0.11	0.12	0.12	0.23	0.14
Commune V	0.96	0	0.03	0.04	0.03	0	0.17
Commune VI	0.13	0.15	0.15	0.76	0.16	0.13	0.24

Directives OMS : **<5mg/l**

On constate sur ce tableau que toutes les valeurs de ce paramètre sont conformes à la directive de l'OMS.

TABLEAU N°41

Conductivité	P1	P2	P3	P4	P5	P6	<i>Moyenne</i>
Commune I	371	930	241	105	210		371.4
Commune II	719	945	86	175	435	592	492
Commune III	115	309	83	50	650	608	302.5
Commune IV	0.18	0.13	0.11	0.12	0.12	0.23	0.14
Commune V	490	520	152	290	127	82	276.8
Commune VI	360	570	2050	2600	650	474	1117.3

Directives OMS : **<400µs/cm**

Ce tableau montre que toutes les valeurs de ce paramètre sont nettement inférieures aux directives de l'OMS en commune IV. Pour les autres commune, elles varient entre 0.11 et 2600µs/cm et sont donc soit inférieures soit supérieures à ces directives.

Remarque : toutes les recherches de pesticides ont données des résultats nuls.

2-2-Paramètres bactériologiques :

TABLEAU N°42

Coliformes fécaux	P1	P2	P3	P4	P5	P6	<i>Moyenne</i>
Commune I	0	0	9	0	0		
Commune II	0	290	0	0	0	45	55.8
Commune III	190	700	181	1309	390	409	530
Commune IV	45	0	9	9	0	0	10.5
Commune V	463	409	527	172	281	200	342
Commune VI	34	13	0	61	0	67	29.16

Directives OMS : **0**

On constate sur ce tableau que la majorité des échantillons contiennent des coliformes fécaux, la valeur maximale étant 1309 en P4 de la commune III.

TABLEAU N°43

Usages de l'eau et leurs conséquences dans le district de Bamako et environs Quantification des caractéristiques physico-chimiques, biologiques et microbiologiques des eaux du district de Bamako et environs.

Streptocoques fécaux	P1	P2	P3	P4	P5	P6	<i>Moyenne</i>
Commune I	-	-	+	+	+	-	
Commune II	-	+	+	-	+	+	
Commune III	+	+	+	+	+	+	+
Commune IV	+	+	+	+	+	+	+
Commune V	-	+	+	+	+	-	
<i>Commune VI</i>	+	+	-	+	-	+	

Directives OMS : 0

On constate sur ce tableau la présence de streptocoques dans presque tous les échantillons excepté P1, P2 de commune I ; P1 et P4 de la commune II ; P1, P6 de la commune V et P3, P5 de la commune VI.

TABLEAU N°44

Escherichia coli	P1	P2	P3	P4	P5	P6	<i>Moyenne</i>
Commune I	-	+	-	-	-	-	
Commune II	-	-	-	-	+	+	
Commune III	+	-	-	+	-	-	
Commune IV	+	-	-	-	-	-	
Commune V	-	+	-	+	+	-	
<i>Commune VI</i>	-	+	-	+	-	+	

Directives OMS : 0

Sur ce tableau on constate la présence d' Escherichia coli dans les échantillons P2 de la commune I ; P5 et P6 de la commune II ; P1, P4 de la commune III ; P1 de la commune IV ; P2, P4, P5 de la commune V et en fin P2, P4, P6 de la commune VI.

3-Récapitulatif des échantillons d'eau non conformes aux directives de l'OMS (Paramètres physico-chimiques)

Tableau N°45 : eaux de robinets

PARAMETRES	NOMBRES NON CONFORME	<i>POURCENTAGE</i>
pH	13	36
Couleur	16	44

Ce tableau fait apparaître une non-conformité de : 36% pour le pH et 44% pour la couleur.

Tableau N°46 : eaux de puits et forages

Usages de l'eau et leurs conséquences dans le district de Bamako et environs Quantification des caractéristiques physico-chimiques, biologiques et microbiologiques des eaux du district de Bamako et environs.

PARAMETRES	NOMBRES NON CONFORME	<i>POURCENTAGE</i>
pH	26	74
Ammonium	1	3
Nitrate	6	18
Dureté total	4	12
Conductivité	16	46

Ce tableau montre que les non-conformités sont respectivement de 74% pour le pH, de 46% pour la conductivité et de 18% pour les nitrates.

4-Récapitulatif des échantillons d'eau non conformes aux directives de l'OMS (Paramètres bactériologiques)

Tableau N°47 : eaux de puits et forages

PARAMETRES	NOMBRES NON CONFORME	<i>POURCENTAGE</i>
Coliformes fécaux	22	63
Streptocoques fécaux	27	75
<i>Escherichia coli</i>	12	33

Ce tableau met en évidence une non-conformité de :

- 75% pour les Streptocoques fécaux
- 63% pour les Coliformes fécaux
- 33% pour *Escherichia coli*.

C) SAISON PLUVIEUSE :

Usages de l'eau et leurs conséquences dans le district de Bamako et environs Quantification des caractéristiques physico-chimiques, biologiques et microbiologiques des eaux du district de Bamako et environs.

1-EAUX DE ROBINETS

1-1-Paramètres physico-chimiques :

TABLEAU N°48

pH	R1	R2	R3	R4	R5	R6	<i>Moyenne</i>
Commune I	7.08	7.08	7.18	7.07	7.04	7.16	7.10
Commune II	6.85	6.95	6.64	6.76	6.62	6.72	6.75
Commune III	6.71	6.68	6.66	7.01	6.65	6.68	6.73
Commune IV	6.88	6.38	6.47	6.51	6.55	6.66	6.57
Commune V	6.66	6.71	6.68	6.64	6.64	6.62	6.65
Commune VI	7.37	7.35	7.25	7.21	8.97	7.4	7.59

Directives OMS : **6.5-9.5**

Ce tableau montre que toutes les valeurs de ce paramètre sont conformes aux directives de l'OMS à l'exception de celles de R2 en commune IV et de R5 en commune VI.

TABLEAU N°49

Chlore libre	R1	R2	R3	R4	R5	R6	<i>Moyenne</i>
Commune I	1.45	1.68	2.19	1.15	1.36	2.08	1.65
Commune II	0.10	0.05	0.06	0.39	0.30	0.26	0.19
Commune III	1.16	0.55	0.65	1.15	0.57	1	0.84
Commune IV	1.34	0.74	0.90	0.93	0.90	1.71	1.08
Commune V	0.63	0.79	0.76	0.74	0.91	1.12	0.82
Commune VI	0.48	0.60	0.47	0.68	0.27	0.91	0.56

Directives OMS : **>0.2mg/l**

On constate sur ce tableau qu'exceptées les valeurs de R1, R2, et R3 en commune II, les autres valeurs de ce paramètre sont conformes aux directives de l'OMS.

TABLEAU N°50

Couleur	R1	R2	R3	R4	R5	R6	<i>Moyenne</i>
Commune I	1	3	2	0	0	0	1
Commune II	0	2	1	1	1	1	1
Commune III	2	1	1	12	1	1	3
Commune IV	11	5	5	8	6	1	6
Commune V	3	1	2	1	1	7	2.5
Commune VI	8	4	7	8	3	4	5.66

Directives OMS : **15**

Ce tableau montre que toutes valeurs de ce paramètre sont conformes à la directive de l'OMS.

TABLEAU N°51

Usages de l'eau et leurs conséquences dans le district de Bamako et environs Quantification des caractéristiques physico-chimiques, biologiques et microbiologiques des eaux du district de Bamako et environs.

Conductivité	R1	R2	R3	R4	R5	R6	<i>Moyenne</i>
Commune I	57	60	61	45	42	57	53.6
Commune II	66	61	59	56	49	51	57
Commune III	58	53	53	42	53	53	52
Commune IV	45	61	48	48	49	53	50.66
Commune V	58	48	48	47	48	48	49.5
Commune VI	35	46	43	46	143	44	59.5

Directives OMS : **<400µs/cm**

On constate sur ce tableau que toutes les valeurs de ce paramètre sont conformes aux directives de l'O.M.S.

TABLEAU N°52

Nitrite	R1	R2	R3	R4	R5	R6	<i>Moyenne</i>
Commune I	0	0	0	0.017	0	0.002	0.003
Commune II	0.003	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.0018
Commune III	0	0	0.001	0.003	0	0	0.0006
Commune IV	0.008	0.002	0.001	0.001	0.004	0.004	0.003
Commune V	0	0	0	0	0	0	0
Commune VI	0	0	0	0.001	0.003	0.003	0.001

Directives OMS : **3mg/l**

Ce tableau montre que toutes les valeurs de ce paramètre sont inférieures à la directive de l'O.M.S donc conformes à celle-ci.

TABLEAU N°53

Nitrate	R1	R2	R3	R4	R5	R6	<i>Moyenne</i>
Commune I	0.4	1.3	1.3	2	1.2	1.6	1.3
Commune II	1.5	1.7	0.8	1.4	18.9	1.3	4.26
Commune III	1.4	0.8	0.7	2.1	0.8	0.8	1.11
Commune IV	2.2	0.03	0.05	0.02	0.03	0.05	0.39
Commune V	1.3	1.2	1.2	1.3	1.4	1.6	1.33
Commune VI	0	1	1.2	1.4	1.7	2.6	1.31

Directives OMS : **50mg/l**

On constate sur ce tableau que toutes les valeurs de ce paramètre sont nettement inférieures à la directive de l'O.M.S.

1.2-Paramètres bactériologiques : les résultats obtenus montrent que l'eau de ces robinets ne contient ni Streptocoques fécaux, ni Coliformes fécaux, ni Escherichia coli.

Remarque : toutes les recherches de plomb et de pesticides ont données des résultats nuls.

2- EAUX DE PUIITS ET FORAGES

Usages de l'eau et leurs conséquences dans le district de Bamako et environs Quantification des caractéristiques physico-chimiques, biologiques et microbiologiques des eaux du district de Bamako et environs.

2-1-Paramètres physico-chimiques :**TABLEAU N°54**

pH	P1	P2	P3	P4	P5	P6	<i>Moyenne</i>
Commune I	3.80	4.43	5.13	4.07	4.40	3.92	4.29
Commune II	6.14	6.86	6.18	6.14	6.65	6.06	6.33
Commune III	6.08	5.84	5.81	4.69	5.80	6.17	5.73
Commune IV	5.34	4.22	4.85	5.09	5.85	5.44	5.13
Commune V	3.86	5.47	4.93	4.42	4.17	5.45	4.71
<i>Commune VI</i>	<i>4.11</i>	<i>4.17</i>	<i>6.54</i>	<i>5.57</i>	<i>4.95</i>	<i>7.30</i>	<i>5.44</i>

Directives OMS : **6.5-9.5**

Ce tableau met en évidence des valeurs de ce paramètre conformes aux directives de l'O.M.S uniquement en P2 et P5 de la commune II, P3 et P6 de la commune VI.

TABLEAU N°55

Ammonium	P1	P2	P3	P4	P5	P6	<i>Moyenne</i>
Commune I	0.4	0.3	0.2	0.1	0.2	0.2	0.23
Commune II	0.5	0.5	8	0.4	0.3	0.8	1.75
Commune III	0.4	0.3	0.5	0.5	0.5	0.5	0.45
Commune IV	0.4	0.6	0.4	0.6	0.4	0.4	0.46
Commune V	0	0	0	0	0	0	0
<i>Commune VI</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0.7</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0.11</i>

Directives OMS : **0.2-0.3mg/l**

Ce tableau montre : qu'en commune III et IV, toutes les valeurs de paramètre sont supérieures aux directives de l'O.M.S ; qu'en commune V et VI elles sont conformes à ces directives à une exception près qui est P3 en commune VI ; qu'en commune I et II, elles sont soit conformes, soit supérieures à ces directives.

TABLEAU N°56

Nitrites	P1	P2	P3	P4	P5	P6	<i>Moyenne</i>
Commune I	0	0.001	0	0	0	0	0.00016
Commune II	0.002	0	0.004	0.001	0.002	0.005	0.002
Commune III	0.001	0	0.001	0.001	0.001	0	0.0004
Commune IV	0.006	0.002	0	0	0	0.005	0.002
Commune V	0.001	0	0	0	0.003	0.002	0.001
<i>Commune VI</i>	<i>0.012</i>	<i>0.003</i>	<i>0.006</i>	<i>0.011</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0.005</i>

Directives OMS : **3mg/l**

On constate sur ce tableau que toutes les valeurs de ce paramètre sont inférieures à la directive de l'O.M.S donc conformes à celle ci.

TABLEAU N°57

Usages de l'eau et leurs conséquences dans le district de Bamako et environs Quantification des caractéristiques physico-chimiques, biologiques et microbiologiques des eaux du district de Bamako et environs.

Nitrates	P1	P2	P3	P4	P5	P6	<i>Moyenne</i>
Commune I	36.7	54.7	44.2	18.9	21.8	39.6	35.9
Commune II	40.1	0.4	52	21.8	1.4	72.2	31.31
Commune III	2.6	24	41.9	6	65.4	23.2	27.18
Commune IV	0.65	0.73	0.11	0.43	0.29	1.01	0.53
Commune V	36.5	49.5	38.2	13.7	17.5	8.3	27.28
Commune VI	33.6	52.8	24.3	100.3	45	54	51.66

Directives OMS : **50mg/l**

Ce tableau montre que toutes les valeurs de ce paramètres sont inférieures à la directive de l'O.M.S à l'exception de celles de P2 en commune I, de P3 et P6 en commune II, de P5 en commune III, de P2, P4 et P6 en commune VI qui sont supérieures.

TABLEAU N°58

Chrome	P1	P2	P3	P4	P5	P6	<i>Moyenne</i>
Commune I	0	0	0	0	0	0	0
Commune II	0	0.01	0	0	0	0	0.0016
Commune III	0	0	0	0	0	0	0
Commune IV	0	0	0	0	0	0	0
Commune V	0	0	0	0	0	0	0
Commune VI	0	0.01	0.01	0.02	0	0.01	0.008

Directives OMS : **0.05mg/l**

On constate sur ce tableau que toutes les valeurs de ce paramètre sont inférieures à la directive de l'O.M.S. Elles sont toutes nulles dans les communes I, III, IV et V.

TABLEAU N°59

Dureté totale	P1	P2	P3	P4	P5	P6	<i>Moyenne</i>
Commune I	16.0	20.0	10.0	16.0	14.0	20.0	16.0
Commune II	16.0	10.0	16.0	20.0	22.0	16.0	16.0
Commune III	06.0	10.0	22.0	26.0	40.0	20.0	20.6
Commune IV	10.0	50.0	02.0	20.0	06.0	02.0	15.0
Commune V	50.0	06.0	50.0	40.0	20.0	02.0	28.0
Commune VI	6	4	0.2	6	6	4	4.36

Directives OMS : **8-30TH**

Ce tableau montre que toutes les valeurs de ce paramètre sont conformes aux directives de l'O.M.S sauf en P5 de la commune III, en P2 de la commune IV, en P1, P3 et P4 de la commune V.

TABLEAU N°60

Usages de l'eau et leurs conséquences dans le district de Bamako et environs Quantification des caractéristiques physico-chimiques, biologiques et microbiologiques des eaux du district de Bamako et environs.

Phosphate	P1	P2	P3	P4	P5	P6	<i>Moyenne</i>
Commune I	0.17	0.11	0.13	0.16	0.25	0.14	0.16
Commune II	0.27	0.36	0.38	0.14	0.28	0.29	0.28
Commune III	0.09	0.07	0.02	0.01	0.03	0.01	0.038
Commune IV	0.09	0.04	0.05	0.11	0.09	0.07	0.075
Commune V	0.11	0.09	0.07	0.04	0.04	0.04	0.065
Commune VI	0.78	0.12	1.76	1.09	0.61	0.48	4.84

Directives OMS : **<5mg/l**

Ce tableau met en évidence la conformité de toutes les valeurs de ce paramètre aux directives de l'O.M.S.

TABLEAU N°61

Conductivité	P1	P2	P3	P4	P5	P6	<i>Moyenne</i>
Commune I	588	1498	663	313	422	495	663.16
Commune II	931	367	861	316	792	880	691.16
Commune III	310	394	854	112	1680	628	663
Commune IV	565	620	73	297	206	700	410.16
Commune V	554	888	595	202	194	93	421
Commune VI	388	628	148	1772	725	730	731.83

Directives OMS : **<400µs/cm**

On constate sur ce tableau que la majorité des valeurs de ce paramètre ne sont pas conformes aux directives de l'O.M.S.

Remarque : toutes les recherches de pesticides ont données des résultats nuls.

2-2-Paramètres bactériologiques :

TABLEAU N°62

Coliformes fécaux	P1	P2	P3	P4	P5	P6	<i>Moyenne</i>
Commune I	2	0	12	14	0	19	7.83
Commune II	16	216	37	0	0	11	46.66
Commune III	0	70	0	104	77	305	92.66
Commune IV	15	0	25	18	0	0	9.66
Commune V	90	205	0	105	0	0	66.66
Commune VI	0	42	35	112	0	7	32.66

Directives OMS : **0**

Ce tableau met en évidence la présence de Coliformes fécaux dans la majorité des échantillons. Ceci est non conforme à la directive de l'O.M.S.

TABLEAU N°63

Usages de l'eau et leurs conséquences dans le district de Bamako et environs Quantification des caractéristiques physico-chimiques, biologiques et microbiologiques des eaux du district de Bamako et environs.

Streptocoques fécaux	P1	P2	P3	P4	P5	P6	<i>Moyenne</i>
Commune I	-	-	+	-	-	+	
Commune II	+	+	+	-	+	+	
Commune III	-	+	+	-	+	+	
Commune IV	+	+	+	-	+	+	
Commune V	+	-	+	-	+	+	
<i>Commune VI</i>	-	+	-	-	+	+	

Directives OMS : **0**

Ce tableau montre que les Streptocoques fécaux sont présent dans la majorité des échantillons. Ceci est non conforme à la directive de l'O.M.S.

TABLEAU N°64

Escherichia coli	P1	P2	P3	P4	P5	P6	<i>Moyenne</i>
Commune I	-	-	-	-	-	-	-
Commune II	-	+	-	-	-	-	
Commune III	-	+	-	-	-	+	
Commune IV	-	+	-	-	-	+	
Commune V	-	-	+	-	-	-	
<i>Commune VI</i>	-	-	+	-	+	-	

Directives OMS : **0**

On constate sur ce tableau que la majorité des échantillons ne contiennent pas d'Escherichia coli, conformément à la directive de l'O.M.S.

3-Récapitulatif des échantillons d'eau non conformes aux directives de l'OMS (Paramètres physico-chimiques)

Tableau N°65 : eaux de robinets

PARAMETRES	NOMBRES NON CONFORME	<i>POURCENTAGE</i>
<i>pH</i>	2	6

Ce tableau montre que Seuls 6% des échantillons ont des valeurs de ce paramètre non conformes.

Tableau N°66: eaux de puits et forages

PARAMETRES	NOMBRES NON CONFORME	<i>POURCENTAGE</i>
pH	33	92
Ammonium	18	50
Nitrate	7	19
Dureté total	5	14
Conductivité	20	56

Ce tableau met en évidence une non-conformité des valeurs des paramètres de : 92% pour le pH, 50% pour les ions ammonium, 19% pour les nitrates, 14% pour la dureté totale, de 56% pour la conductivité.

4-Récapitulatif des échantillons d'eau non conformes aux directives de l'OMS : (Paramètres bactériologiques)

Tableau N°67 : eaux de puits et forages

PARAMETRES	NOMBRES NON CONFORME	POURCENTAGE
Coliformes fécaux	28	61
Streptocoques fécaux	22	61
<i>Escherichia coli</i>	8	22

Sur ce tableau il apparaît une non-conformité de : 61% aussi bien que pour la présence de Coliformes fécaux que pour la présence de Streptocoques fécaux, 22% pour la présence de *Escherichia coli*.

D) Comparaison des taux d'échantillons d'eau non conformes durant les trois saisons :

Tableau N°68 : Eaux de robinets. (Physico-chimie)

PARAMETRES	SAISON SECHE FROIDE	SAISON SECHE CHAUDE	SAISON PLUVIEUSE
pH	11	36	6
COULEUR	0	44	0

Ce tableau nous montre que pendant la saison chaude le taux de non-conformité est plus élevé au niveau de la conductivité avec 44% des échantillons suivi du pH avec 36% des échantillons.

Pendant les saisons froide et pluvieuse, seul le pH est concerné avec respectivement 11% et 6% des échantillons.

Tableau N° 69 : Eaux de puits et forages. (Physico-chimie)

PARAMETRES	SAISON SECHE FROIDE	SAISON SECHE CHAUDE	SAISON PLUVIEUSE
pH	81	74	92
AMMONIUM	25	3	50
NITRATES	27	18	19
NITRITES	6	0	0
DURETE	8	12	14
CONDUCTIVITE	67	46	56

Dans ce tableau, on note qu'en saison pluvieuse le pH a le taux de non-conformité le plus élevé soit 92%, suivi de l'ammonium : 50% et de la dureté : 14%. Pendant la saison froide, c'est plutôt la conductivité qui affiche le taux de non-conformité le plus élevé : 67%, suivi des nitrate : 27% et des nitrites : 6%. Et pendant la saison chaude, les taux de non-conformité sont tous inférieurs par rapport aux taux des deux saisons précédentes.

Tableau N°70 : Eaux de puits et forages. (Bactériologie)

PARAMETRES	SAISON SECHE FROIDE	SAISON SECHE CHAUDE	SAISON PLUVIEUSE
COLIFORMES FECAUX	56	63	61
STREPTOCOQUES FECAUX	33	75	61
<i>ESCHERICHIA coli</i>	14	33	22

Sur le plan bactériologique, les pourcentages les plus élevés des échantillons non conformes appartiennent à la saison chaude avec 63, 75 et 33% pour respectivement les Coliformes fécaux, les Streptocoques fécaux et l'Escherichia coli, suivi de la saison pluvieuse : 61, 61 et 22%, suivant le même ordre et en fin ceux de la saison froide avec respectivement 56, 33 et 14%.

E) Les observations : au cours des prélèvements, on a fait des observations qui portent sur :

- Caractéristiques des puits : lors des prélèvements, on a constaté deux types de puits, à savoir des puits traditionnels non protégés et des puits ordinaires avec margelle.
 - puits traditionnels non protégés : généralement peu profonds et creusés à la main par un artisan puisatier. Ces puits ne sont pas cimentés, ni équipés d'une margelle. Exposés à l'infiltration des eaux de surfaces, et ayant souvent comme margelle de vieux pneus.
 - puits ordinaires avec margelle : on les distingue des précédents par l'existence d'une margelle de faible hauteur mais le plus souvent faite en béton. Ces puits sont généralement fermés par un couvercle.
- la distance entre les puits et les latrines : selon les normes du service d'hygiène, il est recommandé de creuser les Puits à au moins 15mètres de toute source de pollution. Donc une large partie de la pollution peut être

attribuée à l'existence des latrines à proximité des puits qui ne répondent à aucune norme de distance. Et il y'a la position géographique aussi qui compte par exemple les latrines situées en hauteur par rapport aux puits sur des terrains inclinés.

- Présence de dépôts d'ordures dans la zone d'alimentation de la nappe phréatique et ou des lieux de prélèvement.

F) Les zones à risque : dans l'analyse de l'eau, les eaux de robinets sont surtout appréciées par le taux de chlore libre du point de vu physico-chimique et les eaux de puits et de forages sont appréciées par le taux des nitrites et de la conductivité qui est liée à la potabilité.

De ce fait, on observe au niveau des eaux de :

➤ **Robinet :**

▪ **Saison pluvieuse :**

- ✓ Commune II : échantillon R1, la valeur de chlore libre est inférieure à la valeur fixée par les directives de l'OMS.
- ✓ Commune II : échantillon R2 la valeur de chlore libre est inférieure à la valeur fixée par les directives de l'OMS.
- ✓ Commune II : échantillon R3 la valeur de chlore libre est inférieure à la valeur fixée par les directives de l'OMS

➤ **Puits et forages :**

▪ **Saison sèche froide :**

- ✓ par rapport aux nitrites
Commune I: P1, P2, P6
Commune IV : P1
Commune VI : P3

Ces différents échantillons ont des valeurs supérieures à celle fixée par les directives de l' OMS

- ✓ par rapport à la conductivité
Commune I : P2
Commune II : P2, P6
Commune III : P3, P5, P6
Commune VI : P3, P5

Ces différents échantillons ont une potabilité médiocre

▪ **Saison sèche chaude :**

- ✓ par rapport à la conductivité
Commune VI : P3, P4

Ces deux échantillons ont une potabilité médiocre

▪ **Saison pluvieuse :**

- ✓ par rapport à la conductivité

Commune I : P2

Commune III : P5

Commune VI : P4

Ces différents échantillons ont une potabilité médiocre

En plus de ceci on remarque durant les trois saisons, qu'aucun échantillon de puits et de forages n'a une conformité totale face aux différents paramètres qu'ils soient physico-chimiques ou bactériologiques. Ce qui confirme que les lieux de prélèvements de ces échantillons présentent tous un risque.

INTERPRETATIONS :

De nos résultats, nous dirons :

❖ Par rapport aux échantillons d'eaux de robinets**➤ Pendant saison sèche froide :**

Du point de vue physico-chimique on a deux échantillons aux pH faibles, soit un taux de 11%.

Et tous les échantillons sont conformes aux directives de l'OMS du point de vue bactériologique.

➤ Pendant la saison sèche chaude :

Du point de vue physico-chimique, on observe de valeurs remarquables au niveau du pH (36 %) et de la couleur (44 %).

Et du point de vue bactériologique, tous les échantillons sont conformes aux directives de l'OMS.

➤ En saison pluvieuse :

L'observation est basée sur le pH qui a affiché 6% des échantillons soit deux échantillons non-conformes du point de vu physico chimique.

Mais on a une conformité totale du point de vue bactériologique.

▪ Par rapport au chlore libre :

On observe de fortes variations saisonnières avec une valeur minimale de 0 mg/l et une maximale de 2.77mg/L pour le chlore libre.

▪ Par rapport au plomb :

Aucun des échantillons n'a révélé une quelconque contamination au plomb et cela durant les trois saisons.

❖ Par rapport aux eaux de puits et forages :**➤ Du point de vue physico-chimique :**

Nous observons des valeurs témoignant la non-conformité par rapport à tous les paramètres, exceptés les phosphates et chromes en saison sèche froide. Et le nitrite, chrome et phosphates en saison sèche chaude et pluvieuse. On a avec :

▪ Le pH :

On a 2% des échantillons non-conformes en saison pluvieuse ; 81% en saison sèche froide et 74% en saison sèche chaude avec comme valeur minimale 3.65 et 8.97 comme valeur maximale.

▪ **L'ammonium :**

On observe 50% d'échantillons non-conformes en saison pluvieuse ; 25% en saison sèche chaude et 3% en saison sèche chaude avec une valeur maximale de 16 mg/L et une minimale de 00 mg/L.

▪ **Les nitrites :**

Rencontré en doses faibles, on a une valeur maximale de 5.730 mg/L et une valeur minimale de 00 mg/L parmi tous les échantillons.

▪ **Les nitrates :**

On a une valeur maximale de 256.5 mg/L et une minimale de 00 mg/L.

▪ **Le chrome :**

Le chrome ne montre aucune valeur élevées durant les trois saisons et des traces ont été remarquées seulement en commune III et IV pendant la saison sèche chaude et en commune II et en commune VI pendant la saison pluvieuse.

▪ **La dureté totale:**

14% des échantillons prélevé sont considérés comme étant des eaux dures pendant la saison pluvieuse et 12% sont non-conformes pendant la saison sèche chaude et 8% des échantillons le sont en saison sèche froide .Cependant on observe une valeur maximale de 200TH et une minimale de 0.2TH.

▪ **Les phosphates :**

On n'a pas observé d'échantillon non-conforme aux normes, durant les trois saisons cependant on observe une valeur minimale de 00 mg/L et une maximale de 2.31 mg/L.

▪ **La conductivité :**

On observe des taux élevés ; soit 67% des échantillons en saison sèche froide et 56% en saison pluvieuse et 46% en saison sèche chaude .Et la valeur la plus élevée est de 3270 $\mu\text{S}/\text{cm}$ tandis que la plus faible est à 25 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

▪ **Les pesticides :**

Dans aucun échantillon nous n'avons détecté la présence de pesticides (robinets ; puits et forages confondus), qu'ils soient organochlorés ou organophosphorés. Cependant avec l'identification des P.O.P, nous avons

observé de légères colorations qui sont dues non à la présence de P.O.P mais plutôt à la présence de phosphate dans l'eau.

➤ **Du point de vue bactériologique :**

Presque tous les échantillons de puits et forages, révèlent la présence de germes pathogènes qu'il s'agisse de Coliformes fécaux, de Streptocoques fécaux ou d'*Escherichia coli*. Selon les résultats obtenus, nous observons les valeurs suivantes :

- **Pendant la saison sèche froide :** 56% des échantillons contiennent des Coliformes fécaux suivi de 33% pour les Streptocoques fécaux et 14% pour l'*E. coli*.
- **Pendant la saison sèche chaude :** on a 63% des échantillons qui présentent des Coliformes fécaux suivi de 75% pour les Streptocoques fécaux et 33% pour l'*E. coli*.
- **Et pendant la saison pluvieuse :** 61% des échantillons contiennent des Coliformes fécaux et des Streptocoques fécaux et 22% pour l'*E. coli*.

Partant de ces différentes valeurs, on peut dire que les eaux de ces puits et forages sont :

- plus infectées pendant la saison sèche chaude que pendant les autres saisons ; Pendant la saison sèche chaude il y a une diminution du niveau des eaux souterraines qui provoque une concentration de la nappe phréatique d'où le taux élevé en micro-organismes.
- moins infectées pendant la saison sèche froide que pendant l'hivernage. Ceci est dû à l'augmentation du niveau des nappes, à la baisse de la température et aux ruissellements provoquant ainsi une forte dilution du contenu des puits et forages.

V-CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

1- CONCLUSION

Des résultats obtenus après analyses des échantillons de **puits et forages**, nous remarquons :

Du point de vue **physico chimique** que les échantillons non-conformes aux directives de l'OMS sont observés au niveaux du : pH, l'ammonium, le nitrate, la dureté et la conductivité ; réparti de la manière suivante :

- Pour le pH on a respectivement 81% ,74% et 92% pour la saison sèche froide, la saison sèche chaude et la saison pluvieuse.
- pour l'ammonium on a respectivement 25%, 3% et 50% pour la saison sèche froide, la saison sèche chaude et la saison pluvieuse.
- pour le nitrate on a respectivement 27% ,18% et 19% pour la saison sèche froide, la saison sèche chaude et la saison pluvieuse.
- pour la dureté on a respectivement 8%, 12% et 14% pour la saison sèche froide, la saison sèche chaude et la saison pluvieuse.
- pour la conductivité on a respectivement 67%, 46% et 56% pour la saison sèche froide, la saison sèche chaude et la saison pluvieuse.

Du point de vue **bactériologique**, on observe les pourcentages de non-conformité suivants :

- pendant la saison sèche froide on a : 56%, 33% et 14% des échantillons attribués respectivement aux Coliformes fécaux, Streptocoques fécaux et Escherichia coli.
- pendant la saison sèche chaude on a : 63%, 75% et 33% des échantillons attribués respectivement aux Coliformes fécaux, Streptocoques fécaux et Escherichia coli.
- pendant la saison pluvieuse on a : 61% des échantillons attribués aux Coliformes fécaux et Streptocoques fécaux et 22% attribués à l'Escherichia coli.

Mais le constat au niveau des **robinets** est que du point de vue physico-chimique, la non-conformité a lieu au niveau du pH avec 11% des échantillons pendant la saison sèche froide et 6% pendant la saison pluvieuse, et 36% pendant la saison sèche chaude, elle a lieu au niveau de la couleur aussi avec 44% des échantillons pendant la saison chaude.

Du point de vue bactériologique, tous les échantillons d'eaux de robinets sont conformes aux directives de l'OMS.

Au terme de notre travail, nous pouvons conclure que la contamination des puits est presque générale dans les quartiers de notre étude, aussi bien du point de vue physico- chimique que bactériologique. Cette pollution se manifeste par des teneurs dépassant les directives de l'O.M.S ; que tous les échantillons d'eaux de robinets sont conformes face au Plomb ; aux coliformes fécaux, aux streptocoques fécaux et à l'*Escherichia coli* ; que la conformité de tous les échantillons est totale face aux P.O.C et P.O.P. Ceci permet d'affirmer que l'eau du robinet ne présente aucun risque pour les consommateurs.

Face à tous ces taux de non conformité constatés, il est souhaitable d'avoir des résultats plus réconfortants dans un avenir proche d'où le besoin de formuler les recommandations suivantes.

2-RECOMMANDATIONS

Les résultats de notre travail permettront de mettre à la disposition des autorités des données de base susceptibles d'être exploitées pour la pratique de bonne gestion des ressources en eau.

Pour une bonne gestion des eaux de puits et robinets, la mesure la plus facile à appliquer consiste à mener une large campagne de sensibilisation. Nous recommandons dans l'avenir le respect des mesures suivantes :

❖ **A l'endroit du ministère de la santé :**

- une éducation sanitaire en encourageant les sensibilisations par les medias.

❖ **A l'endroit du ministère de l'énergie et de l'eau :**

- un contrôle permanent des puits et robinets.
- L'extension du réseau d'adduction d'eau potable et la multiplication des bornes fontaines dans les quartiers non encore suffisamment dotés.
- Continuer au remplacement de tuyauteries des anciennes installations hydrauliques. Et à l'élaboration de puits modernes dans les quartiers périphériques.

❖ **A l'endroit des services d'assainissement :**

- Aider à la mise en place : d'un système d'évacuation correcte des eaux usées, de margelles au niveau des puits qui n'en ont pas.

❖ **A l'endroit du ministère de l'urbanisme et des affaires foncières :**

- Respecter une distance minimum de quinze (15) mètres entre puits et latrines.

❖ **A l'endroit des populations :**

- Demander conseil auprès des agents de santé par rapport au traitement et à l'entretien des puits
- Eviter la vidange des fosses septiques dans les rues et faire appel aux services compétents pour effectuer ce travail.
- Aménager les puits et forages.

❖ **A l'endroit des municipalités :**

- Maintenir un appui constant au renforcement des travaux d'assainissement au niveau du District de Bamako.
- Maintenir également l'appui dans le financement des activités de lutte contre la pollution de l'eau au niveau du District de Bamako.

❖ A l'endroit du laboratoire national de la santé :

- respecter le programme fixé pour les différents prélèvements.
- contrôler en permanence le stock des réactifs afin que les analyses puissent se faire à temps.
- procéder à de nouveaux prélèvements pendant l'hivernage afin d'avoir des résultats plus précis sur la qualité bactériologique des eaux.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

1. M. Bolly : accès à l'eau potable. Revue hebdomadaire les échos. Edition N° 2977 du 17 octobre 2007.

2. <http://fr.wikipedia.org/wiki/Eau>.

3. Code de l'eau. Loi n°026006/ du 31 janvier 2002-journal officiel de la république du Mali.

4. SAFEGE

Préparation d'un futur projet d'A.E.P de Bamako. Lot 3 – plan directeur d'A.E.P de Bamako. Plan d'investissement décennal version définitive octobre 2001.

5. Projet Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE)

Module 3 : Cadre législatif et réglementaire

Rapport final. Volume 2

Avant-projets de textes législatifs et réglementaires Juin 2005.

6. Ministère des Mines, de l'Energie et de l'Eau. « Politique Nationale de l'Eau ».adoptée en conseil des ministres en sa séance du 22 septembre 2006.

7. [U.S. Department of the Interior](#) | [U.S. Geological Survey](#)

[URL:http://ga.water.usgs.gov/edu/watercyclefrenchhi.html](http://ga.water.usgs.gov/edu/watercyclefrenchhi.html)

Page Contact Information: [Howard Perlman](#).

8. J. B . LEROY ingénieur à la compagnie generale des eaux

pollution des eaux -1^{ère} edition juin 1986

Presse universitaire de france.

la

9. A. TOURE

CNED : centre national d'enseignement à distance : L'EAU au laboratoire (chimie-CH9) dossier 2. Institut de Toulouse.

10. http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/doseau/decouv/degradation/06_pollution.htm

11. Les lignes directrices de l'OMS en ce qui concerne la qualité de l'eau potable.

<http://www.lenntech.com/fran%E7ais/Normes-OMS-eau-potable.htm>

12. J. Rodier : Analyse chimique et physico-chimique de l'eau(eaux naturelles- eaux résiduaires). Quatrième Edition DUNOD Paris 1971

13

. [Bamako](http://fr.wikipedia.org/wiki/Bamako) Un article de Wikipédia, l'encyclopédie libre.

<http://fr.wikipedia.org/wiki/Bamako>

14. O.M.S : Directives de qualité pour l'eau de boisson. Genève 1972

**15. MINISTERE DE L'ENERGIE DE L'HYDRAULIQUE ET DE L'EAU
Projet Gestion intégrée des Ressources en Eau (GIRE)
Module 3 : Cadre législatif et réglementaire. Rapport final**

16. K. Coulibaly

Étude de la qualité physico chimique et bactériologique de l'eau de puits de certains quartiers du district de Bamako. Thèse de Pharmacie-FMPOS. 2005.

17. Mlle M. M. H. DJERMAKOYE

Les eaux résiduaires des tanneries et teintureries. Thèse de Pharmacie-FMPOS. 2005.

**18. R. Lecoq® : manuel d'analyses alimentaire et d'expertise usuelle
Tome1 : édition Doin Derem et Cie Paris 1965**

**19. CLARKE'S : isolation and identification of drugs
Second édition**

**Senior consulting éditeur: A.C.MOFFAT
London: the pharmaceutical press. 1986.**

20. BioKar Diagnostics : Gélrose rose-Gal BCIG
Rue des Quarante Mines_ BP 10245. 60002 - Beauvais Cedex - FRANCE
www.biokar-diagnostics.fr

<http://www.solabia.fr/solabia/produitsDiagnostic.nsf>

21. H. SAMAKE

Analyse physico-chimique et bactériologique au L.N.S des eaux de consommation de la ville de Bamako. Thèse de Pharmacie-FMPOS .2000 - 2001.

22. rapport sur la qualité de l'eau distribuée à Bamako octobre 1998.

23. O.M.S : directives de qualité pour l'eau de boisson ; volume2 : critères d'hygiène et documentation à l'appui.

24. Les procédés classiques de traitement des eaux (source C.N.R.S)

<http://www.smeal-lapan.fr/eau/default.asp?p=17>

25. Bio Water http://www.biowater.fr/eau_potable.htm

26. Directive du conseil 98/83/EC sur la qualité de l'eau attendue pour la consommation humaine.

<http://www.lenntech.fr/applications/potable/normes/normes-ue-eau-potable.htm>

27. A.M.CISSE : Ministère des Mines, de l'Energie et de l'Eau (souci de garantir les fournitures d'eau et d'électricité). L'essor quotidien du lundi le 15septembre 2008 ; Edition N° 16285.

28. CENTRE D'EXPERTISE EN ANALYSE ENVIRONNEMENTALE DU QUÉBEC,

Détermination des pesticides de type organochloré extraction avec de l'hexane et du dichlorométhane : dosage par chromatographie en phase gazeuse. MA. 403 – P. Ocl 4.0, Rév. 2, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec, 2008, 20 p. Édition : 2000-03-22.

29. CENTRE D'EXPERTISE EN ANALYSE ENVIRONNEMENTALE DU QUÉBEC,

Usages de l'eau et leurs conséquences dans le district de Bamako et environs Quantification des caractéristiques physico-chimiques, biologiques et microbiologiques des eaux du district de Bamako et environs.

Détermination des pesticides de type organophosphoré, triazine, carbamate et urée substituée dans l'eau : extraction avec C-18 ; dosage par chromatographie en phase gazeuse couplée à un spectromètre de masse. MA. 403 – Pest. 3.1, Rév.1, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec, 2006, 27 p. Édition : 2004-04-16

FICHE SIGNALETIQUE

Nom : youkanaba

Prénom : yacouba

Titre de la thèse : Usages de l'eau et leurs conséquences dans le district de Bamako et environs .Quantification des caractéristiques physico-chimiques, biologiques et microbiologiques des eaux de robinets, de puits et forages du district de Bamako et environs.

Numéro de la thèse :

Année de soutenance : 2010-2011

Ville de soutenance : Bamako

Lieux de dépôt : Bibliothèque de la faculté de médecine, de pharmacie et d'odontostomatologie (FMPOS).

Mots clés : Robinet-Puits – Eau – Qualité

Résumé : Notre étude a été réalisée à Bamako, ville en pleine croissance démographique dont le besoin en eau augmente de manière exponentielle.

L'alimentation en eau est assurée grâce au réseau E.D.M (Energie Du Mali), aux puits et forages.

L'étude a été menée au laboratoire national de la santé et concernait les eaux de robinets, puits et forages dans les six communes de Bamako, avec 216 échantillons dont 108 robinets et 108 puits et forages.

Les prélèvements ont porté sur les trois saisons, du mois d'octobre 2007 en septembre 2008.

Nous nous sommes fixés comme :

Objectif général

Contribuer à l'amélioration de la qualité de vie de la population à Bamako par une meilleure gestion de ses ressources en eau.

Usages de l'eau et leurs conséquences dans le district de Bamako et environs
Quantification des caractéristiques physico-chimiques, biologiques et microbiologiques des eaux du district de Bamako et environs.

Objectifs spécifiques

- Evaluer la qualité des eaux de boisson de diverses origines : Robinets, forages et puits ;
- Identifier les zones à risque
- Préciser les risques d'exposition

Dans l'étude nous avons comme critères d'inclusion les eaux de puits et de robinets (publiques et privées confondues) et comme critères d'exclusion les eaux de pluie, les eaux usées, les eaux du fleuve à l'état brut.

Pour l'analyse des paramètres physico chimiques on a eu recours essentiellement au spectrophotomètre à absorption atomique, au spectrophotomètre à UV, V ; au dosage complexométrique. Et pour les paramètres bactériologiques on a eu recours à l'ensemencement sur milieu de culture spécifique ou non.

Et nous avons enregistré les résultats suivants :

Eaux de robinets :

- par rapport aux paramètres physico chimiques, une conformité absolue des échantillons de robinets a été remarquée face au Plomb, aux P.O.C et aux P.O.P.

Seul le pH présente des non conformités pendant la saison sèche froide et la saison pluvieuse avec respectivement 11% et 6% des échantillons d'eau de robinets ; et pendant la saison sèche chaude, on a le pH et la couleur qui présentent des non conformités avec respectivement 36% et 44% des échantillons d'eau de robinets.

- Cependant par rapport aux paramètres bactériologiques, tous les échantillons d'eaux de robinets sont conformes aux directives de l'OMS.

Eaux de puits et forages :

Par rapport aux paramètres physico chimiques, on constate :

- pendant la saison pluvieuse que le pH a le taux de non conformité le plus élevé soit 92%, suivi de l'ammonium : 50% et de la dureté : 14%.
- Pendant la saison sèche froide, c'est plutôt la conductivité qui affiche le taux de non conformité le plus élevé : 67%, suivi des nitrate : 27% et des nitrites : 6%.
- Et pendant la saison sèche chaude ; les taux de non conformités sont supérieurs aux taux des deux saisons précédentes.

Par rapport aux paramètres bactériologiques, on observe :

- pendant la saison sèche froide qu'on a : 56%, 33% et 14% des échantillons sont non-conformes face aux coliformes fécaux, streptocoques fécaux et *Escherichia coli*.
- pendant la saison sèche chaude on a : 63%, 75% et 33% des échantillons sont non-conformes face respectivement aux coliformes fécaux, streptocoques et *Escherichia coli*.
- Et pendant la saison pluvieuse on a : 61% ,61% et 22% des échantillons sont non conformes face respectivement aux coliformes fécaux, streptocoques fécaux et *Escherichia coli*.

Par comparaison, on trouve que les taux de non-conformités de la saison sèche chaude sont plus élevés que ceux de la saison sèche froide et ceux de la saison sèche froide sont plus élevés que ceux de la saison pluvieuse.

Mais on note que les taux de non conformité restent élevés surtout au niveau des puits, et cela peut s'expliquer par le fait que :

- pour les approvisionnements sans adduction et les eaux non traitées, la qualité de l'eau et le risque de contamination sont variables selon la saison et les conditions locales.
- Les conditions objectives de prélèvement des échantillons ne sont pas toujours respectées.
- Le problème de la qualité de l'eau de réseau dépend du degré de vétusté du réseau de distribution et du manque d'isolation des conduites. [21]

ANNEXES :

1-pH :

-Matériels et appareillage :

- ❖ bécher de 50 ml
- ❖ pH-mètre :
- ❖ solution étalon,

-Mode opératoire :

- mettre environ 25 ml de solution étalon dans un bêcher ;
- étalonner le pH-mètre ;
- mettre environ 25 ml de l'échantillon dans un second bêcher ;
- plonger l'électrode du pH-mètre dans la solution ;
- et noter le résultat après stabilisation.

2-Conductivité :

-Mode opératoire : après la mise sous tension de l'appareil.

Retirer l'électrode de son étui de protection

Rincer l'électrode à l'eau distillée

Plonger la cellule dans l'échantillon à analyser

Et passer à la lecture

Et enfin, retirer l'électrode de la solution à mesurer et mettre dans son étui de protection. L'unité de mesure de la conductivité est le Siemens. Dans les solutions aqueuses on utilise fréquemment le milli siemens/centimètre ou le micro siemens/centimètre [B16]

3-Spectrophotomètre à UV, V :

Les analyses au spectrophotomètre DR /2010 sont faites en quatre étapes :

- *Préparation du spectrophotomètre DR/2010*
 - Allumer l'appareil. S'il est sous tension, sur l'affichage apparaît Self Test (Test automatique)
 - Sélectionner un programme. La longueur d'onde clignote jusqu'à ce que le réglage correct soit choisi.

➤ *Préparation de l'échantillon*

L'échantillon à blanc peut être constitué de différentes solutions :

- échantillon à analyser sans réactif ;
- eau déminéralisée ;

Généralement la préparation de l'échantillon consiste à ajouter le contenu d'un ou de plusieurs sachets de réactifs pré mesurés à 10 ou 25 ml d'échantillon. Il est important de respecter le temps prescrit dans la méthode d'analyse pour être certain que la coloration obtenue à la réaction du réactif avec la substance à analyser se développe complètement.

Le spectrophotomètre DR /2010 HACH a des temps de développement de coloration programmes et une série de bips courts, avertit l'opérateur que le temps est écoulé.

Le minuteur doit être enclenché en pressant les touches "Shift et trimer" au moment où le décompte doit commencer.

➤ *Réglage du zéro de concentration*

Le zéro de la concentration doit être réglé avant chaque détermination pour établir une référence de zéro pour la mesure.

- Placer l'échantillon à blanc dans le puits de mesure.
- Presser la touche zéro. L'affichage indique réglage à zéro puis indique que l'appareil est prêt pour le premier échantillon.

➤ *Mesure de l'échantillon préparé*

- Placer l'échantillon préparé dans le puits de mesure, puis fermer le couvercle.
- Presser la touche " READ"(lecture) pour obtenir l'affichage de la mesure et le résultat.

L'affichage indique lecture, après six secondes environ apparaît le résultat.

Les cuves colorimétriques doivent être rigoureusement propres pour permettre d'obtenir des résultats exacts. Nettoyer l'extérieur des cuves pour éliminer les traces des doigts avec un tissu doux ou une serviette en papier avant de les placer dans le puits de mesure. [17]

4-Le spectrophotomètre à absorption atomique :

-Matériel : l'appareillage utilisé comprend généralement :

- un générateur de photons destiné à fournir un flux de photon d'intensité constante dans le temps et de fréquence bien définie correspondant à l'élément à doser

NB : le plus répandu est la lampe à cathode creuse constituée du métal ou des métaux à doser

- un générateur d'atome constitué par un système de nébulisation.

Usages de l'eau et leurs conséquences dans le district de Bamako et environs Quantification des caractéristiques physico-chimiques, biologiques et microbiologiques des eaux du district de Bamako et environs.

- Une chambre de pré vidange et de décantation.
- Un monochromateur simple destiné à parfaire la sélection de la longueur d'onde
- Un récepteur constitué d'un photomultiplicateur.

-Mode opératoire:

Pulvériser la solution à analyser, lire l'absorption donc la densité optique correspondante et se reporter à la courbe d'étalonnage établie dans les conditions rigoureusement identiques. [12]

Les possibilités de la méthode :

Les S.A.A présentent les avantages suivants :

- sélectivité et universalité
- grande sensibilité cependant liée à l'élément analysé.
- volume relativement faible de l'échantillon
- bonne précision
- simplicité de préparation des échantillons
- rapidité d'exécution et reproductibilité satisfaisante. [12]

5-La dureté totale :

-Mode opératoire :

Dans un erlenmeyer de 150ml, introduire 50ml exactement d'eau à analyser, ajouter environ 2.5ml de tampon ammoniacal, 1ml de solution de complexant de magnésium à 1% et 2 à 3 gouttes de solution récente de noir Eriochrome T.

Chauffer à une température voisine de 40-45° et titrer avec le complexon III 0.01M jusqu'à virage de l'indicateur du rouge au bleu. [18]

6-pesticides organophosphorés :

Mode opératoire :

Ajouter 0,5ml d'acide nitrique (HNO_3) et 0,2ml d'acide sulfurique (H_2SO_4). Chauffer au bain-marie à 100° pendant 30mn ; puis laisser refroidir. Ajouter 1ml d'une solution de molybdate d'ammonium à 10 % et replacer au bain-marie à 100° pendant 5mn

7-pesticides organochlorés :

• Réactif :

Mélanger 7ml d'acide sulfurique (H_2SO_4) avec 3ml d'acide chlorhydrique fumant.

- **Méthode :**

Dans un erlenmeyer séché, introduire une petite quantité d'échantillon dans un tube à essai. Ajouter 1 à 2 gouttes de réactif.

8-Streptocoques fécaux :

-Composition du milieu :

Rothe:

-poly peptone	20.2g
-glucose.....	5.0g
-chlorure de sodium.....	5.0g
-phosphate mono potassique.....	2.7g
-phosphate dipotassique.....	2.7g
-Azothydrate de sodium.....	0.2g

PH du milieu prêt à l'emploi à 25°C : 6.8 ± 0.2

Litsky :

-poly peptone	20.2g
-glucose.....	5.0g
-chlorure de sodium.....	5.0g
-phosphate mono potassique.....	2.7g
-phosphate dipotassique.....	2.7g
-azothydrate de sodium.....	0.3g
-éthyle violet.....	0.5mg

PH du milieu prêt à l'emploi à 25°C : 6.8 ± 0.2

-Préparation du milieu : (Rothe)

-mettre en solution 35.6 g de milieu déshydraté dans un litre d'eau distillée ou déminéralisée ;

-agiter lentement jusqu'à dissolution complète ;

-répartir en tubes à raison de 10 ml par tube (16 à 160 mm) ;

-stériliser à l'autoclave à 120°C pendant 15 mns ;

- Mode opératoire :

- ensemencer les tubes avec 1 ml d'inoculum ;

Usages de l'eau et leurs conséquences dans le district de Bamako et environs Quantification des caractéristiques physico-chimiques, biologiques et microbiologiques des eaux du district de Bamako et environs.

- Incubation :

- incuber les tubes à 37°C pendant 24 heures à 48 heures ;

9-Coliformes fécaux :**- Composition du milieu :** pour un litre de milieu on a :

-Peptone peptique de viande.....	10.00g
-Désoxycholate de sodium	1.00g
-Lactose	10.00g
-Chlorure de sodium	5.00g
-Phosphate di potassique	2.00g
-Citrate ferrique ammoniacal	1.00g
-Citrate de sodium	1.00g
-Rouge neutre	0.03g
-Agar-agar bactériologique	15.00g

PH à 25°C=7.3±0.2

-Préparation du milieu : gélose lactosée au désoxycholate à 1°/°°

-mettre en suspension 45g de milieu déshydraté dans un litre d'eau distillée ou déminéralisée ;

-Mode opératoire :

- maintenir le milieu à 45°C et transférer 1 ml de l'échantillon dans une boîte à pétri stérile ;
- couler 12 ml du milieu et homogénéiser parfaitement ;
- laisser solidifier sur une surface froide ;
- couler à nouveau 4 ml de milieu de façon à former une deuxième couche ;
- laisser solidifier et incuber à 44°C pendant 24 heures.

10-Escherichia coli :

-porter à l'ébullition lentement, en agitant jusqu'à dissolution complète ;

-maintenir à l'ébullition pendant 2 mns ;

-ne pas autoclaver.

NB : le milieu doit être utilisé le jour de sa préparation ;

-composition du milieu : (agar chromocult PTX) pour 1 litre de milieu on a :

-extrait de levure.....	3.0g
-proteose peptone	5.0g
-dipotassium-hydrogenophosphate	0.3g
-tergitol 7.....	0.1g

Usages de l'eau et leurs conséquences dans le district de Bamako et environs Quantification des caractéristiques physico-chimiques, biologiques et microbiologiques des eaux du district de Bamako et environs.

-BCIG.....	0.05g
Agar-agar.....	12.0g
-eau.....	1000ml

PH à 25°C = 7.2±0.2

-Emplois :

- après broyage et dilution si nécessaire, inoculer 1 ml de l'échantillon par la méthode de la boîte coulée.
- laisser le milieu se solidifier ;

- **Incubation** : l'incubation se fait à 44°C pendant 18 à 24 heures ;

SERMENT DE GALIEN

Je jure, en présence des maîtres de la faculté, des conseillers de l'ordre des pharmaciens et de mes condisciples :

D'honorer ceux qui m'ont instruit dans les préceptes de mon art et de leur témoigner ma reconnaissance en restant fidèle à leur enseignement ;

D'exercer dans l'intérêt de la santé publique, ma profession avec conscience et de respecter non seulement la législation en vigueur, mais aussi les règles de l'honneur, de la probité et du désintéressement.

De ne jamais oublier ma responsabilité et mes devoirs envers le malade et de sa dignité humaine.

En aucun cas, je ne consentirai à utiliser mes connaissances et mon état pour corrompre les mœurs et favoriser les actes criminels.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses.

Que je sois couvert d'opprobres et méprisé de mes confrères si j'y manque.

Je le jure!