

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET
DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

REPUBLIQUE DU MALI
Un Peuple - Un But - Une Foi

UNIVERSITÉ DES SCIENCES, DES TECHNIQUES ET
DES TECHNOLOGIES DE BAMAKO



FACULTE DE PHARMACIE



Année Universitaire 2020 – 2021

N°...../

TITRE

**PROFIL DE LA QUALITÉ DES EAUX ANALYSÉES AU
LABORATOIRE NATIONAL DE LA SANTÉ BAMAKO-
MALI DE 2012 A 2020**

THESE

Présentée et soutenue publiquement le 10/11/2021

Devant la Faculté de Pharmacie

Par : M. Souleymane SANOGO

**Pour Obtenir le Grade de Docteur en Pharmacie
(DIPLÔME D'ETAT)**

JURY

Président : Pr Elimane MARIKO

Membres : Dr Ousmane DEMBELE

Dr Abdourahamane DIARA

Co-directeur : Dr Tidiane DIALLO

Directeur : Pr Benoît Yaranga KOUMARE

**LISTE DES ENSEIGNANTS DE LA
FACULTÉ DE PHARMACIE**

LISTE DES ENSEIGNANTS DE LA FACULTÉ DE PHARMACIE

ANNÉE UNIVERSITAIRE : 2020-2021

ADMINISTRATION

Doyen : Boubacar TRAORE, Professeur

Vice-Doyen : Sékou BAH, Maître de conférences

Secrétaire principal : Seydou COULIBALY,

Administrateur civil Agent comptable : Ismaël CISSE,

Contrôleur des Finances.

PROFESSEURS HONORAIRES

	PRENOMS	NOM	SPECIALITE
	Flabou	BOUGOUDOOGO	Bactériologie-Virologie
	Boubacar Sidiki	CISSE	Toxicologue
	Mahamadou	CISSE	Biologie
	Daouda	DIALLO	Chimie Générale et Minérale
	Souleymane	DIALLO	Bactériologie - Virologie
	Kaourou	DOUCOURE	Physiologie
	Ousmane	DOUMBIA	Législation
	Boukassoum	HAÏDARA	Législation
	Gaoussou	KANOUTE	Chimie analytique
	Alou A.	KEÏTA	Galénique
	Mamadou	KONE	Physiologie
	Mamadou	KOUMARE	Pharmacognosie
	Brehima	KOUMARE	bactériologie-Virologie
	Abdourahamane S.	MAÏGA	Parasitologie
	Saïbou	MAÏGA	Législation
	Elimane	MARIKO	Pharmacologie
	Sékou	TRAORE	Zoologie

DER : SCIENCES BIOLOGIQUES ET MEDICALES

1. PROFESSEURS/DIRECTEURS DE RECHERCHE

	PRENOMS	NOM	SPECIALITE
1	Mounirou	BABY	Hématologie
2	Bakary Mamadou	CISSE	Biochimie
3	Abdoulaye	DABO	Biologie/Parasitologie
4	Mahamadou	DIAKITE	Immunologie-Génétique

5	Alassane	DICKO	Santé Publique
6	Abdoullaye	DJIMDE	Parasitologie-Mycologie
7	Amagana	DOLO	Parasitologie – Mycologie
8	Akory Ag	IKNANE	Santé Publique / Nutrition
9	Ousmane	KOITA	Biologie-Moléculaire
1	Boubacar	TRAORE	Parasitologie-Mycologie

2. MAITRES DE CONFÉRENCES/MAITRES DE RECHERCHE

N°	PRENOMS	NOM	SPECIALITE
	Aldjouma	GUINDO	Hématologie
	Kassoum	KAYENTAO	Santé publique/ Bio-statistique
	Bourèma	KOURIBA	Immunologie Chef de DER
	Issaka	SAGARA	Bio-statistique
	Mahamadou Soumana	SISSOKO	Bio-statistique
	Ousmane	TOURE	Santé Publique/Santé environnement

3. MAITRES ASSISTANTS/CHARGES DE RECHERCHE

	PRENOMS	NOM	SPECIALITE
	Mohamed	AG BARAI KA	Bactériologie-virologie
	Charles	ARAMA	Immunologie
	Boubacar Tiétiè	BISSAN	Biologie clinique
	Djibril Mamadou	COULIBA LY	Biochimie clinique
	Seydou Sassou	COULIBA LY	Biochimie clinique
	Antoine	DARA	Biologie moléculaire
	Souleymane	DAMA	Parasitologie-Mycologie
	Djénéba Koumba	DABITAO	Biologie moléculaire
	Laurent	DEMBELE	Biotechnologie Microbienne
	Klétigui Casimir	DEMBELE	Biochimie clinique
	Seydina S. A.	DIAKITE	Immunologie
	Yaya	GOÏTA	Biochimie clinique
	Ibrahima	GUINDO	Bactériologie-virologie
	Aminata	KONE	Biologie moléculaire
	Birama Apho	LY	Santé publique
	Almoustapha Issiaka	MAÏGA	Bactériologie-Virologie
	Dinkorma	OUOLOGU EM	Biologie Cellulaire

	Fanta	SANGHO	é Publiq/Santé communautai
	Oumar	SANGHO	Epidémiologie

3. ASSISTANTS/ATTACHES DE RECHERCHE

N°	PRENOMS	NOM	SPECIALITE
	Djénéba	COULIBALY	Nutrition/Diététique
	Issa	DIARRA	Immunologie
	Fatou	DIAWARA	Epidémiologie
	Merepen dit Agnès	GUINDO	Immunologie
	Falaye	KEÏTA	nté publiq/Santé Environnemen
	N'Deye Lallah Nina	KOITE	Nutrition
	Amadou Birama	NIANGALY	Parasitologie-Mycologie
	Djakaridia	TRAORE	Hématologie

DER : SCIENCES PHARMACEUTIQUES

1. PROFESSEURS/DIRECTEURS DE RECHERCHE

N°	PRENOMS	NOM	SPECIALITE
	Drissa	DIALLO	Pharmacognosie
	Rokia	SANOGO	Pharmacognosie Chef de DER

2. MAITRES DE CONFÉRENCES/MAITRES DE RECHERCHE

N°	PRENOMS	NOM	SPECIALITE
	Néant	-	-

3. MAITRES ASSISTANTS/CHARGES DE RECHERCHE

N°	PRENOMS	NOM	SPECIALITE
	Loséni	BENGALY	Pharmacie hospitalière
	Bakary Moussa	CISSE	Galénique
	Yaya	COULIBALY	Législation
	Issa	COULIBALY	Gestion
	Balla Fatogoma	COULIBALY	Pharmacie hospitalière
	Mahamane	HAÏDARA	Pharmacognosie
	Hamma Boubacar	MAÏGA	Galénique
	Moussa	SANOGO	Gestion
	Adiaratou	TOGOLA	Pharmacognosie

4. ASSISTANTS/ATTACHES DE RECHERCHE

	PRENOMS	NOM	SPECIALITE
	Seydou Lahaye	COULIBALY	Gestion pharmaceutique
	Daouda Lassine	DEMBELE	Pharmacognosie
	Adama	DENOU	Pharmacognosie

	Sékou	DOUMBIA	Pharmacognosie
	Assitan	KALOGA	Législation
	Ahmed	MAÏGA	Législation
	Aïchata Ben Adam	MARIKO	Galénique
	Aboubacar	SANGHO	Législation
	Bourama	TRAORE	Législation
	Karim	TRAORE	Sciences pharmaceutiques
	Sylvestre	TRAORE	Gestion pharmaceutique
	Aminata Tiéba	TRAORE	Pharmacie hospitalière
	Mohamed dit Sarmoye	TRAORE	Pharmacie hospitalière

DER : SCIENCES DU MÉDICAMENT

1. PROFESSEURS/DIRECTEURS DE RECHERCHE

N°	PRENOMS	NOM	SPECIALITE
	Benoît Yaranga	KOUMARE	Chimie Analytique
	Ababacar I.	MAÏGA	Toxicologie

2. MAITRES DE CONFERENCES/MAITRES DE RECHERCHE

N°	PRENOMS	NOM	SPECIALITE
	Sékou	BAH	Pharmacologie Chef de DER

3. MAITRES ASSISTANTS/CHARGES DE RECHERCHE

N°	PRENOMS	NOM	SPECIALITE
	Dominique Patomo	ARAMA	Pharmacie chimique
	Mody	CISSE	Chimie thérapeutique
	Ousmane	DEMBELE	Chimie thérapeutique
	Tidiane	DIALLO	Toxicologie
	Madani	MARIKO	Chimie Analytique
	Hamadoun Abba	TOURE	Bromatologie

4. ASSISTANTS/ATTACHES DE RECHERCHE

N°	PRENOMS	NOM	SPECIALITE
	Mahamadou	BALLO	Pharmacologie
	Dalaye Bernadette	COULIBALY	Chimie analytique
	Blaise	DACKOUCO	Chimie analytique
	Fatoumata	DAOUCO	Pharmacologie
	Abdourahamane	DIARA	Toxicologie
	Aiguerou dit Abdoulaye	GUINDO	Pharmacologie
	Mohamed El Béchir	NACO	Chimie analytique
	Mahamadou	TANDIA	Chimie analytique
	Dougoutigui	TANGARA	Chimie analytique

DER : SCIENCES FONDAMENTALES

1. PROFESSEURS/DIRECTEURS DE RECHERCHE

N°	PRENOMS	NOM	SPECIALITE
	Mouctar	DIALLO	Biologie/ Chef de DER
	Mahamadou	TRAORE	Génétique

2. MAITRES DE CONFÉRENCES/MAITRES DE RECHERCHE

N°	PRENOMS	NOM	SPECIALITE
	Lassana	DOUMBIA	Chimie appliquée

3. MAITRES ASSISTANTS/CHARGES DE RECHERCHE

N°	PRENOMS	NOM	SPECIALITE
	Mamadou Lamine	DIARRA	Botanique-Biologie végétale
	Abdoulaye	KANTE	Anatomie
	Boureima	KELLY	Physiologie médicale

4. ASSISTANTS/ATTACHES DE RECHERCHE

N°	PRENOMS	NOM	SPECIALITE
	Seydou Simbo	DIAKITE	Chimie organique
	Modibo	DIALLO	Génétique
	Moussa	KONE	Chimie Organique
	Massiriba	KONE	Biologie Entomologie

CHARGES DE COURS (VACATAIRES)

	PRENOMS	NOM	SPECIALITE
	Cheick Oumar	BAGAYOKO	Informatique
	Babou	BAH	Anatomie
	Souleymane	COULIBALY	Psychologue
	Yacouba	COULIBALY	Droit commercial
	Bouba	DIARRA	Bactériologie
	Moussa I	DIARRA	Biophysique
	Babacar	DIOP	Chimie
	Aboubakary	MAÏGA	Chimie organique
	Massambou	SACKO	SCMP/SIM
	Modibo	SANGARE	Anglais
	Satigui	SIDIBE	Pharmacie vétérinaire
	Sidi Boula	SISSOKO	Histologie-embryologie
	Fana	TANGARA	Maths
	Djénébou	TRAORE	Biologie/Pathologie médicale
	Mamadou B	TRAORE	Physiologie
	Boubacar	ZIBEÏROU	Physique

DÉDICACES ET REMERCIEMENTS

DÉDICACES

Je rends Grace à Dieu le Tout Puissant **ALLAH**, le Clément et le Miséricordieux pour nous avoir permis de mener à bien ce travail et pour nous avoir assisté en toutes circonstances et en tous lieux.

REMERCIEMENTS

A mon cher Père : les mots me manquent pour te témoigner toute ma reconnaissance. Tu m'as élevé, éduqué et soutenu pour que ce jour soit une réalité. La réussite de cette étude, je te la dois cher père car ton soutien et tes conseils n'ont jamais manqué, en aucun moment pour aucune raison. Merci est un vain mot pour reconnaître ton investissement dans ma personne. Je prie Dieu de me donner l'opportunité de te rendre un jour, cette joie que tu m'as donnée, quel que soit la manière.

A ma chère Mère : maman, merci beaucoup pour ta patience, ton attention et ton amour à mon égard, je ne saurais comment te remercier après tant d'effort et d'inquiétude pour tes enfants. La réussite de ce travail est aussi due à l'éducation et au courage dont tu as fait preuve envers moi. Saches que l'amour que je te porte est infini. Que Dieu te donne une longue vie pleine de piété, de bonheur et de santé.

A mon épouse : l'amour, l'abnégation, le respect et la patience dont tu fais preuve ont porté leurs fruits, saches que ce travail est aussi le tien.

A mes oncles et tantes : trouvez ici l'expression de ma reconnaissance et de mon profond respect pour le soutien que vous m'avez apporté tout au long de mes études.

A toute ma famille (frères et sœurs, cousins et cousines, neveux et nièces) : vous qui m'avez vu grandir et vous que j'ai vu naître, sachez que la cohésion de notre famille est le résultat de l'amour qui y règne. Soyez fiers de vous-mêmes et continuez sur la voie tracée par nos parents.

Aux familles Sanogo et Diaby : qui m'ont offert une vie familiale. Merci pour vos sages conseils et tout le soutien que vous m'avez apporté tout au long de mes études.

A Papa Amadou Diarra et famille : votre soutien m'a permis de rester optimiste durant ces années d'étude, je vous garde dans mon cœur et je vous remercie pour tout ce que vous avez fait pour moi.

A mes Grands-parents : vous qui n'avez pas eu la chance de voir ce jour car la mort vous a arraché à notre affection. J'implore Dieu le tout Puissant de vous pardonner et vous accepter dans Son paradis en exauçant tous ces vœux que vous avez émis pour moi sur cette terre et pour l'au-delà.

A vous qui avez tant souhaité vivre ce jour, savourez ce moment car il est le fruit de vos prières et bénédictions. Que Dieu vous donne longue vie pour profiter de toutes mes joies car vous avez chacun en sa façon su m'exprimer ou me traduire cet océan d'amour qui inonde vos cœurs. Au risque d'oublier quelqu'un ou même de différencier mes propos à votre égard, je préfère taire vos identités et vous dire sincèrement que je vous adore tous et je prie Dieu de vous garder encore à mes côtés.

A mes camarades thésards et stagiaire du LNS : Souleymane A Diarra, Aboubacar Diallo, Adama Kanté, Fatoumata Samaké, Awa Sidibé, Sylvain Kouassi, Seydou Traoré...

je vous remercie pour tout le soutien et les conseils que vous m'avez apporté durant ce travail.

A mes camarades de la promotion Pr Elimane Mariko à la FAPH : je vous dis encore merci pour votre courage, votre persévérance et surtout pour vos soutiens dans les peines partagées. Le parcours n'a pas été facile.

A tout le personnel du Laboratoire National de la Santé, particulièrement le Service Contrôle Qualité des Eaux (SCQE) et le Service de Maintenance.

Merci pour votre gentillesse, vos encouragements et votre disponibilité. Merci pour tous les bons moments que nous avons passés ensemble.

A tout le personnel de la Pharmacie DE LA COTE et de la Pharmacie KANOU : vos conseils et vos suggestions ont été d'un apport considérable pour la réalisation de ce travail.

A Dr Boubou COULIBALY : en plus d'être un bon pharmacien, vous avez été un père, un bon modèle de référence et aussi une personnalité très sociale et sociable. Veuillez recevoir ici ma profonde gratitude.

Aux Enseignants de la FMOS-FAPH : vous avez contribué à notre formation en nous dispensant des enseignements de haut niveau, nous vous en serons toujours reconnaissants.

Merci pour ceux qui ont de près ou de loin contribué à la réalisation de ce travail.

HOMMAGES AUX MEMBRES DU JURY

A notre Maître et Président du Jury, Pr Elimane MARIKO

- **Professeur de Pharmacologie à la FMOS et FAPH à la retraite ;**
- **Ex-chef de DER des sciences du médicament ;**
- **Colonel-major des Forces armées Maliennes à la retraite.**

Cher Maître ;

C'est un grand honneur que vous nous faites en acceptant de présider ce jury de thèse. Nous avons été profondément touchés par la qualité de votre enseignement. Votre pédagogie, votre rigueur dans la démarche scientifique et votre simplicité font de vous un maître respecté et admiré de tous. Veuillez recevoir ici cher maître, l'expression de notre sincère reconnaissance.

A notre Maître et membre du jury, Dr Ousmane DEMBELE

- **Docteur en Pharmacie ;**
- **Maitre-assistant en Chimie Thérapeutique à la Faculté de Pharmacie ;**
- **Chef du Service de Contrôle Qualité des Médicaments au LNS.**

Chers Maîtres,

C'est une grande joie pour nous de vous avoir parmi les membres de ce jury. Votre disponibilité, votre abord facile, vos qualités humaines et intellectuelles font de vous un maître respecté. Permettez-nous cher maître de continuer à bénéficier votre enseignement.

A notre Maître et membre du jury, Dr Abdourahamane DIARA

- **Docteur en Pharmacie ;**
- **Titulaire d'un Master en Toxicologie ;**
- **Assistant en Toxicologie/Bromatologie à la Faculté de Pharmacie ;**
- **Chef du Service de Toxicologie et de Pharmacologie de l'Institut National de Santé Publique (INSP) du Mali.**

Cher Maître,

Permettez-nous de vous remercier pour vos remarques pertinentes dont nous avons tenu compte pour l'amélioration de notre travail. Nous sommes persuadées qu'au-delà de ce jury, vous resterez pour nous un maître, sur qui nous pourrions nous ressourcer dans l'exercice de la profession.

A notre Maître et Codirecteur de Thèse, Dr Tidiane DIALLO

- **Maitre-assistant en Toxicologie à la Faculté de Pharmacie de Bamako, Mali ;**
- **Titulaire d'un Doctorat en Toxicologie à la Faculté des Sciences de l'Université Ibn Tofail de Kenitra, Maroc ;**
- **Titulaire d'un Master en Bio Toxicologie Appliquée à l'Industrie, à l'Environnement et à la Santé « Université Cheick Anta Diop » Sénégal ;**
- **Titulaire d'un certificat Contrôle Qualité des Médicaments et des Produits de Santé « Université de Liège » Belgique ;**
- **Chef du Service de Contrôle Qualité des Eaux du Laboratoire National de la Santé.**

Cher maitre,

Merci de nous avoir accueillis dans votre service.

En plus de votre éloquence et de votre haute culture scientifique, la rigueur et l'abnégation dans le travail, sont des vertus qui caractérisent votre réussite et votre maintien au plus haut niveau, faisant de vous un maitre exemplaire. Trouvez ici toute notre admiration ainsi que notre profond respect.

A notre Maître et Directeur de Thèse, Pr Benoît Yaranga KOUMARE

- **Professeur Titulaire de chimie Analytique/Bromatologie à l'USTTB ;**
- **Chef de DER des sciences du médicament à la Faculté de Pharmacie de Bamako (FAPH) ;**
- **Directeur Général du Laboratoire National de la Santé de Bamako ;**
- **Spécialiste en Assurance Qualité et Contrôle de Qualité des Médicaments, en Pharmacothérapie (prescription rationnelle des médicaments) et en Neuropharmacologie ;**
- **Expert-Analyste et pharmacologue au sein de la Commission Nationale d'Autorisation de Mise sur le Marché des Médicaments au Mali (CNAMM) ;**
- **Expert-Qualité du Comité Régional du Médicament Vétérinaire au sein de l'UEMOA ;**
- **Membre de la Société Ouest Africaine de Chimie (SOACHIM) ;**
- **Vice-Président du Forum pour la Qualité des Médicaments en Afrique (AMQF) au sein de l'Union Africaine ;**
- **Médaille, Chevalier du Mérite de la santé au Mali.**

Cher Maître ;

C'est un grand honneur que vous nous faites en acceptant de présider ce jury de thèse. Nous avons été profondément touchés par la qualité de votre enseignement. Votre pédagogie, votre rigueur dans la démarche scientifique et votre simplicité font de vous un maître respecté et admiré de tous. Veuillez recevoir ici cher maître, l'expression de notre sincère reconnaissance.

SIGLES ET ABRÉVIATIONS

SIGLES ET ABRÉVIATIONS

Alc :	Alcalinité
Abs :	Absorbance
CND :	Conductivité
CCI :	Coefficient de Corrélation Intra classe
C. Fécaux :	Coliformes fécaux
C. Totaux :	Coliformes totaux
Conf :	Conforme
DBO :	Demande Biochimique en Oxygène
DCO :	Demande Chimique en Oxygène
D.N.H :	Direction Nationale de l'Hydraulique
LNS :	Laboratoire National de la Santé
EDSIV :	Enquête Démographique pour la Santé IV
FA.PH :	Faculté de Pharmacie
F.M.O.S :	Faculté de Médecine et d'Odonto – Stomatologie
FAO :	Organisation Mondiale pour l'Alimentation
SCQE	Service de contrôle qualité des eaux
P-RM :	Présidence de la République du Mali
HCO ₃ :	Bicarbonate
ISO :	Organisation Internationale de Standardisation
K ⁺ :	Ion potassium
MES :	Matières en suspension
m ³ :	mètre cube
mg/l :	milligramme par litre
mL:	millilitre
Na ⁺ :	Ion sodium
NH ₄ ⁺ :	Ammonium
NO ²⁻ :	Nitrites

NO_3^- : Nitrates

O.M.S : Organisation Mondiale de la Santé

pH : Potentiel d'Hydrogène

SO_4^{2-} : Ions sulfates

SOMAGEP : Société Malienne de Gestion en eau Potable

UCV : Unité de Couleur Vraie

UEMOA : Union Économique et Monétaire de l'Afrique de l'Ouest

UFC : Unité Formant une Colonie

$\mu\text{s}/\text{cm}$: Micro siemens par centimètre

UTN : Unité Néphélométrique de Turbidité

% : Pourcentage

$^{\circ}\text{C}$: Degré Celsius

LISTES DE TABLEAUX ET DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Interprétation de résultat de la DBO5	16
Tableau II : Répartition des caractéristiques d'identification des échantillons d'eaux.	38
Tableau III : Répartition des échantillons selon la conformité.....	39
Tableau IV: Répartition des paramètres physicochimiques selon la source de l'eau.....	41
Tableau V: Répartition des paramètres physicochimiques selon le type d'eau	42
Tableau VI : Répartition des paramètres physicochimiques selon le mois de prélèvement	43
Tableau VII: Répartition des paramètres microbiologiques selon le type d'eau.....	44
Tableau VIII : Répartition des paramètres de potabilité selon le type d'eau.	45
Tableau IX : Répartition des paramètres de potabilité selon la localité.	46
Tableau X : Répartition des paramètres de toxicologiques la source.....	47

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Pourcentage d'eau dans les organes	5
Figure 2: Cycle hydrologique	8
Figure 3: Répartition de l'eau	10
Figure 4 : calcul par la règle de trois	13
Figure 5 : Oxydation de l'azote ammoniacal.....	19
Figure 6 : Répartition des paramètres physicochimiques des échantillons analysés selon la conformité.....	39
Figure 7 : Répartition des paramètres microbiologiques des échantillons analysés selon la conformité.....	40
Figure 8 : Répartition des paramètres de potabilité échantillons analysés selon la conformité.....	40

TABLE DES MATIERES

TABLE DES MATIERES

I.	INTRODUCTION	1
II.	OBJECTIFS	3
1.	Objectif général.....	3
2.	Objectifs spécifiques.....	3
III.	GENERALITES	4
1.	Définition de l'eau.....	5
2.	Les sources d'eaux.....	6
3.	Différents types d'eau de boisson.....	7
4.	Le cycle de l'eau.....	8
5.	Mode opératoire des appareils.....	10
6.	Composition chimique de l'eau.....	16
7.	Les paramètres analysés.....	17
8.	Techniques d'analyses des paramètres.....	22
9.	Directives de l'OMS pour l'eau potable.....	30
10.	Les sources de distribution d'eau potable à Bamako.....	30
11.	Pollution des eaux.....	31
12.	Origine de la pollution.....	31
13.	Renseignements à fournir pour une analyse d'eau.....	32
14.	Traitement de l'eau.....	32
15.	Traitements complémentaires.....	33
16.	Système national de contrôle des aliments.....	34
IV.	METHODOLOGIE	35
1.	Lieu de l'étude.....	35
2.	Période de l'étude.....	37
3.	Type de l'étude.....	37
4.	Échantillonnage.....	37
5.	Critères d'inclusion.....	37
6.	Critères de non inclusion.....	37
7.	Considération éthique.....	37
8.	Traitements de données.....	37
V.	RESULTATS	38
VI.	COMMENTAIRES ET DISCUSSION	48
VII.	CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS	50
VIII.	RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	52

Annexe N°1 : Les normes

Annexe N°2 : Fiche signalétique

Annexe N°3 : Photos de appareils du SCQE du LNS

Annexe N°4 : Serment de Galien

I. INTRODUCTION

L'eau est indispensable à la vie et tous les êtres vivants doivent disposer d'un approvisionnement satisfaisant en eau suffisant, sûr et accessible. Un meilleur accès à une eau de boisson saine peut se traduire par des bénéfices tangibles pour la santé [1].

Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), près de 2,1 milliards de personnes soit 30% de la population mondiale n'a pas toujours accès à des services d'alimentation domestique en eau. En plus, 844 millions de personnes ne bénéficient même pas d'un service élémentaire d'approvisionnement en eau potable, 263 millions vivent à plus de 30 minutes du premier point d'eau et 159 millions continuent de boire de l'eau de surface non traitée. Plus d'un milliard de personnes tombe malade après avoir consommé une eau souillée [2].

La pénurie et la mauvaise gestion de l'eau entraînent des catastrophes mondiales dans plusieurs domaines notamment économique, sanitaire, énergétique, alimentaire, politico-sécuritaire, social, et climatique [3].

Selon le rapport des Nations Unies (2012), la pollution bactériologique (choléra, typhoïdes, diarrhées d'origine autres microorganismes) des eaux est l'une des principales causes de décès [4]. Les maladies infectieuses engendrées par les microorganismes comme la pneumonie et la diarrhée étaient de loin l'une des principales causes de mortalité à l'échelle mondiale [5]. De plus, vers la fin de l'année 2000, la diarrhée à elle seule a tué environ cinq millions de personnes à travers le monde dont 3,3 millions d'enfants de moins de cinq ans [6].

L'insuffisance des ouvrages d'assainissement et la méconnaissance des règles élémentaires d'hygiène de vie et d'hygiène de l'eau favorise la contamination et la propagation des maladies à transmission oro-fécale et peut causer des maladies graves telles que les gastro-entérites, les hépatites et la typhoïde [7].

Selon l'OMS plus de vingt maladies seront directement liées à la consommation ou à l'utilisation d'eau mal saine [8].

Le continent africain a une provision importante en eau par les différentes sources souterraines, de surfaces et de pluie, il recèle 660 000 Km³ de réserve d'eau, mais malgré cette potentialité 330 millions d'africains, soit 40% de la population n'avait pas accès à l'eau potable. L'accès limité à l'eau en Afrique est la cause d'une forte incidence de maladies telle que le choléra, la malaria, le ver de Guinée, la cécité, la schistosomiase, la bilharziose [9].

En effet plusieurs études ont été menées pour mieux cerner le problème notamment en République Démocratique du Congo [8] et en Côte d'Ivoire, des infections liées à la consommation des eaux de boisson ont été signalées, et le problème de la qualité sanitaire de l'eau de boisson surtout vendue en sachet sur le marché est devenu une des priorités de leur gouvernement [10].

Par ailleurs, les progrès en la matière sont très lents dans 90 pays notamment les pays de l'Afrique subsaharienne et ce fossé ne permet pas d'atteindre l'objectif d'une couverture universelle à l'horizon 2030 [11].

En Afrique subsaharienne plus de 40 % des personnes n'ont pas accès à l'eau potable [12].

Le Mali à l'instar du continent africain dispose d'importantes sources qui assurent les différents besoins en eau des populations notamment les eaux de surface (le fleuve Niger et le fleuve Sénégal), et les eaux souterraines (les puits, les forages) [13].

Selon l'Enquête Démographique et de Santé du Mali-V (EDSM-V) 2012-2013, les maladies diarrhéiques liées à l'eau de consommation étaient de 16,4% chez les enfants de moins de 5 ans [14].

En 2018, le ministère de l'Energie et de l'Eau annonce des taux d'accès à l'eau potable de 65,9 % en milieu rural, 76,0 % en milieu semi urbain et 68,8 % à l'échelle nationale [15].

Au Mali en 2004, trois millions de la population rurale n'avaient pas accès suffisant à l'eau potable. Au total, plus de 10 000 points d'eau modernes étaient encore à installer dans les campagnes maliennes pour que tous les besoins en eau domestique soient satisfaits [16].

Il a été estimé au Mali que 38% des ménages utilisent l'eau provenant des puits publics à ciel ouvert. Cette proportion est de 14% pour les puits individuels, non protégés. L'insuffisance des ouvrages, d'assainissement et la méconnaissance des règles élémentaires d'hygiène favorisent la propagation des maladies féco-orales [17].

C'est dans ce contexte que nous avons initié la présente étude dans le but d'édifier les autorités et les populations sur la qualité des eaux analysées au Laboratoire National de la Santé (LNS) de Bamako, Mali.

II. OBJECTIFS

1. Objectif général

Etudier le profil de la qualité des eaux analysées au Laboratoire National de la Santé de Bamako-Mali de 2012 à 2020.

2. Objectifs spécifiques

- ❖ Identifier les caractéristiques d'identification des échantillons d'eaux analysés ;
- ❖ Déterminer les paramètres physicochimiques des échantillons d'eaux analysés ;
- ❖ Décrire les paramètres microbiologiques des échantillons d'eaux analysés ;
- ❖ Caractériser les paramètres de potabilité des échantillons d'eaux analysés.

III. GENERALITES

Pas de vie sans eau, cela se justifie chez tous les êtres vivants car chacun en a besoin en quantité et en qualité proportionnelle au cours de sa vie.

L'eau est d'une utilité biologique et économique, c'est le fondement de la vie et de l'écosystème, c'est à la fois un aliment, une matière première industrielle, énergétique, agricole et un moyen de transport [18].

Elle est essentielle pour la production agricole et la sécurité alimentaire, c'est l'élément vital des écosystèmes qui comprennent les forêts, les lacs et les zones humides dont dépendent la sécurité alimentaire et la nutrition des générations présentes et futures. Pourtant, nos ressources en eau douce s'épuisent à un rythme alarmant. La pénurie croissante d'eau est l'un des principaux défis pour le développement durable. Et cela va être de plus en plus critique en raison de l'augmentation constante de la population de la planète, de l'amélioration des niveaux de vie, des changements de régime alimentaire et de l'intensification des effets du changement climatique [19].

L'homme élimine en moyenne 2 litres d'eau par jour par les urines, la sueur, la respiration. Cette quantité est plus importante lorsque le travail musculaire est intense ou par temps de chaleur [19].

Les fonctions qu'assure l'eau sont nombreuses : la réhydratation, la composition des tissus et des organes [20]. Elle intervient dans l'hygiène et dans l'extinction des incendies. A cela s'ajoutent les utilisations d'ordre économique telles que l'industrie, l'agriculture, la navigation, l'énergie [21].

L'eau salée représente 97% contre 3% de l'eau douce mais sur toute l'eau présente sur la terre seulement moins de 1% est véritablement exploitable et disponible pour les êtres vivants qui en dépendent soit 9 millions de km³ [22].

Elle occupe 60% de la masse corporelle d'un adulte et 75% d'un nourrisson. Elle est également présente en proportion variée dans nos différents organes [23].

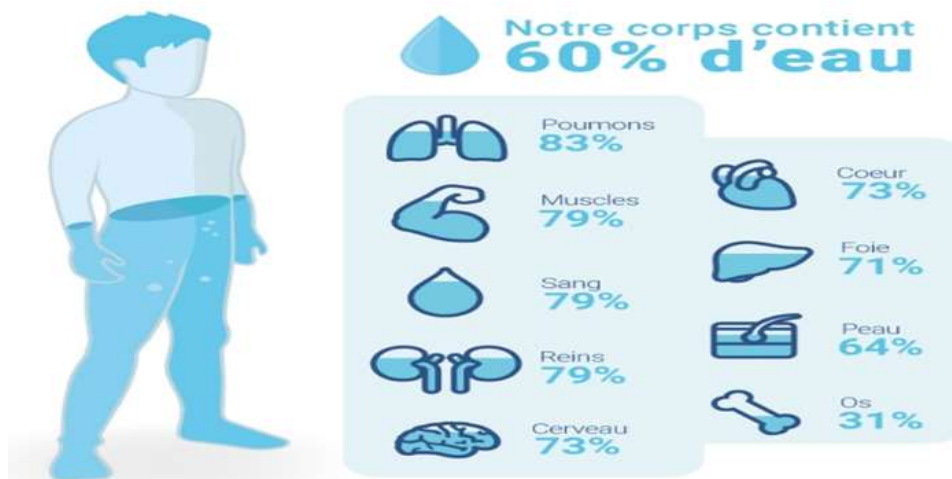


Figure 1 : Pourcentage d'eau dans les organes [23].

1. Définition de l'eau

L'eau (que l'on peut aussi appeler oxyde de dihydrogène, hydroxyde d'hydrogène ou acide hydroxyque) est un composé chimique simple, mais avec des propriétés complexes à cause de sa polarisation. Sa formule chimique est H_2O , c'est-à-dire que chaque molécule d'eau se compose d'un atome d'oxygène entre deux atomes d'hydrogène [24].

Elle est une substance chimique constituée de molécules H_2O , la science qui l'étudie est l'hydrologie.

Sa formule chimique est H_2O , c'est-à-dire que chaque molécule d'eau se compose d'un atome d'oxygène entre deux atomes d'hydrogène [25]. Cependant beaucoup de composants sont pratiquement, sinon complètement, insolubles dans l'eau (certains lipides, le fer, le manganèse, les algues, le sable...) [26].

- Quelques définitions

➤ Eau minérale

Toutes les eaux sont minérales, seule l'eau distillée est déminéralisée. Une eau est dite « minérale naturelle », si elle est d'origine souterraine naturellement pure (sans polluant) sans avoir subi de traitement, si sa composition physico-chimique est constante ainsi que l'ensemble des critères de qualité telle que la température, l'aspect visuel, le goût, le débit, si ses qualités thérapeutiques ont été reconnues par l'Académie Nationale de Médecine en France mais au Mali par le Ministère de la Santé et si l'administration au public a été autorisée par le Ministère chargé de la Santé [27].

Afin de conserver sa pureté et ses qualités originelles, elle est obligatoirement embouteillée directement à la source, sans adjonction de produits chimiques. Ainsi conditionnée, elle arrive parfaitement préservée à la table du consommateur [28].

Elle se démarque de l'eau dite "de source" par ses composés minéraux constants. Les eaux minérales peuvent être définies également par leurs propriétés bénéfiques à la santé.

➤ 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 [29].

➤ 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 10.000 habitants.

➤ Centres urbains

Localités ayant une population supérieure ou égale à 10.000 habitants.

➤ 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.

➤ Pollution

On entend par pollution une concentration de produits chimiques ou autres substances supérieures à des conditions naturelles.

2. Les sources d'eaux

- Eaux souterraines

➤ Nappes phréatiques (alluviales)

Peu profondes et alimentées par les précipitations pluvieuses et les écoulements d'eau de surfaces ;

Selon Larousse : "Nappe d'eau souterraine formée par infiltration des eaux de pluie et alimentant des sources"

Dictionnaire français d'Hydrogéologie, 1977 : "Nappe atteinte et exploitée par les puits ordinaires. En pratique il s'agit d'une nappe généralement libre à surface peu profonde."

➤ Nappes captives

Plus profondes que les nappes phréatiques et alimentées par infiltration, Une nappe captive est une nappe généralement profonde et située entre deux couches imperméables. Elle est entièrement saturée d'eau sous pression. Elle jaillit lorsque l'on fait un forage et c'est ce qu'on appelle un puits artésien.

➤ Nappe fossile

C'est une nappe qui ne se renouvelle plus, depuis un temps plus ou moins long (jusque plusieurs milliers d'années). Ces nappes sont exploitées dans les milieux désertiques. Elles sont vouées à un épuisement inévitable

- Eaux de surface

Les eaux circulantes et stockées à la surface de la terre (rivières, étangs, barrages, lacs...);

➤ Eaux de mer et océans

Représentent 94,7% du volume d'eau présent sur notre planète [30].

➤ Eau destinée à la consommation

L'eau de robinet, l'eau de forage, l'eau de puits et les eaux minérales.

➤ Eau industrielle

La qualité et la quantité sont très variables, dépendent notamment du type d'activité de la taille de l'entreprise.

➤ Eau usée

L'utilisation des eaux engendre un nouveau produit appelé effluent ou eau usée, les problèmes liés sont étroitement liés la qualité libérée dans les égouts.

Deux catégories : eaux résiduaires urbaines et eaux résiduaires industrielles.

3. Différents types d'eau de boisson

Les eaux de boisson destinées à la consommation humaine répondent à diverses appellations (eau de robinet, eau de source, eau minérale...).

- Les eaux du robinet

L'eau du robinet ou eau de distribution, est une eau potable que l'on peut boire sans risque pour la santé. Afin de définir précisément une eau potable, des normes ont été établies qui fixe notamment les teneurs limites à ne pas dépasser pour un certain nombre de substances nocives et susceptibles d'être présentes dans l'eau [38].

Selon ces normes, cette eau doit être exempte de germes pathogènes (bactéries, virus) et d'organismes parasites, car les risques sanitaires liés à ces micro-organismes sont grands. Elle ne doit contenir certaines substances chimiques qu'en quantité limitée : il s'agit en particulier de substances qualifiées indésirables ou toxiques, comme les nitrates et les phosphates, les métaux lourds, ou encore les hydrocarbures et les pesticides, pour lesquelles des " concentrations maximales admissibles " ont été définies. À l'inverse, la présence de certaines substances peut être jugée nécessaire comme les oligo-éléments indispensables à l'organisme.

Une eau de robinet doit aussi être une eau agréable à boire : elle doit être claire, avoir une bonne odeur et un bon goût. Pour avoir bon goût, il lui faut contenir un minimum de sels minéraux dissous (de 0,1 à 0,5 gramme par litre), lesquels sont par ailleurs indispensables à l'organisme.

Cette eau est distribuée directement chez l'utilisateur (ménages, entreprises, bâtiments publics, etc.). Elle est transportée par un réseau de canalisations depuis son point de captage (sources, forages, rivières, fleuves ou nappes souterraines etc.) jusqu'aux robinets des utilisateurs.

La composition en sels minéraux et le goût de l'eau du robinet varient d'une région à l'autre.

- Les eaux de source

L'eau de source est directement potable à l'état naturel car elles sont issues de nappes d'eaux souterraines non polluées, profondes ou protégées des rejets dus aux activités humaines.

Elle fait l'objet d'analyses régulières pour vérifier qu'elle reste de bonne qualité mais n'est pas spécialement tenue d'avoir une formule fixe.

Les seuls traitements qu'il est permis d'appliquer aux eaux de source, afin d'éliminer les éléments instables que sont les gaz, le fer et le manganèse, sont l'aération, la décantation et la filtration.

Les eaux de source naturellement gazeuses, qui contiennent du gaz carbonique dissous, peuvent également être regazéifiées avant d'être embouteillées.

- Les eaux minérales

Les eaux minérales sont des eaux souterraines ayant des propriétés particulières : leur pureté originelle, leur source unique tenue à l'abri de tout risque de pollution et leur composition minérale constante. Contrairement à l'eau de robinet et à l'eau de source, leurs teneurs en minéraux et en oligo-éléments sont limitées et c'est ce qui peut leur conférer des vertus thérapeutiques et leur composition est stable dans le temps [39].

4. Le cycle de l'eau

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 [31]. L'eau résulte de la condensation des vapeurs produites à la surface des mers, sous 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'infiltrate à l'intérieur de la terre, jusqu'à ce qu'elle se trouve arrêtée par une couche géologique imperméable [31]. Sous l'action de l'énergie solaire, l'eau s'évapore et retombe sous forme de pluie, de neige ou de grêle, s'infiltrate ou ruisselle sur les continents ; après un temps de séjour (stockage) dans les sols, les nappes souterraines, les glaciers et les cours d'eau, elle rejoint l'océan [32].

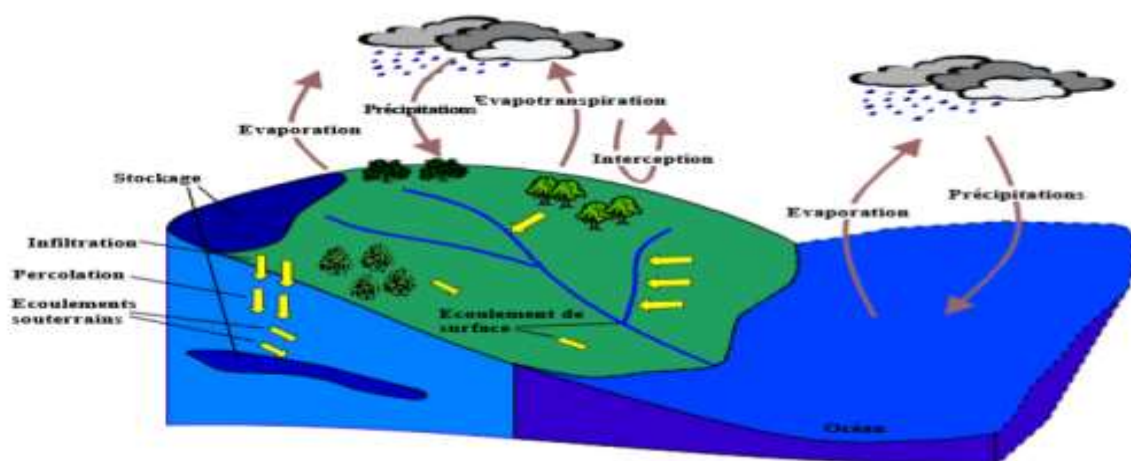


Figure 2 : Cycle hydrologique

❖ COMPOSANTE DU CYCLE HYDROLOGIQUE

Les éléments qui composent le cycle de l'eau sont respectivement :

- **Les précipitations** : eaux météoriques qui tombent sur la surface de la terre, sous forme liquide (bruine, pluie, averse) et / ou solide (neige, grésil, grêle) ainsi que les précipitations déposées ou occultes (rosée, gelée blanche, givre...) ;
- **L'évaporation** : passage de la phase liquide à la phase vapeur, il s'agit de l'évaporation physique ;
- **L'évapotranspiration** : englobe les processus d'évaporation et de transpiration de la végétation [33] ;
- **L'interception** : processus selon lequel la pluie (ou dans certains cas la neige) est retenue par la végétation, puis redistribuée en une partie qui parvient au sol et une autre qui s'évapore ;
- **Le ruissellement ou écoulement de surface** : mouvement de l'eau sur ou dans les premiers horizons du sol (écoulement de surface), consécutif à une précipitation ;
- **Le stockage dans les dépressions** : processus au cours duquel l'eau est retenue dans les creux et les dépressions du sol pendant une averse ;
- **L'infiltration** : mouvement de l'eau pénétrant dans les couches superficielles du sol ;
- **La percolation** : mouvement de l'eau en profondeur dans les sols faisant suite à l'infiltration.

De ce cycle nous pouvons dégager trois sources d'approvisionnement en eau.

➤ **Les eaux de pluie**

Les eaux de pluie peuvent être collectées à partir des toitures des maisons dans des récipients ou dans des impluviums qui sont les zones identifiées d'infiltration de l'eau (pluie, neige, etc.) qui alimentent le gisement d'eau souterraine (aquifère) au sein duquel l'eau minérale se constitue lentement. A l'origine ces eaux sont pures sur le plan microbiologique, mais sur le plan chimique, il leur manque souvent certains éléments indispensables à la santé comme le sodium, le magnésium, le manganèse, le fer, l'iode.

➤ **Les eaux de surface**

Composées d'eaux de mer, de fleuve, de rivière, de marigot, ces eaux couvrent près de 70% de la surface de la terre. 97% de ces eaux sont constituée d'eau salée dont l'essentiel est dans les océans et 3% seulement d'eau douce. Grossies par les eaux de ruissellement elles reçoivent toutes sortes de déchets contenant souvent des germes nuisibles pour la santé.

➤ **Les eaux souterraines**

Formées par les eaux d'infiltration, les eaux souterraines sont exemptes de pollution. Elles peuvent être chargées de minéraux et d'oligoéléments. Dans ce cas elles sont considérées comme des eaux minérales naturelles [34].

Cependant elles peuvent être contaminées à cause d'un manque de protection, une mauvaise technique de puisage, la proximité des latrines ou d'autres sources de pollution.

➤ 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} de 1 % 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 [31].

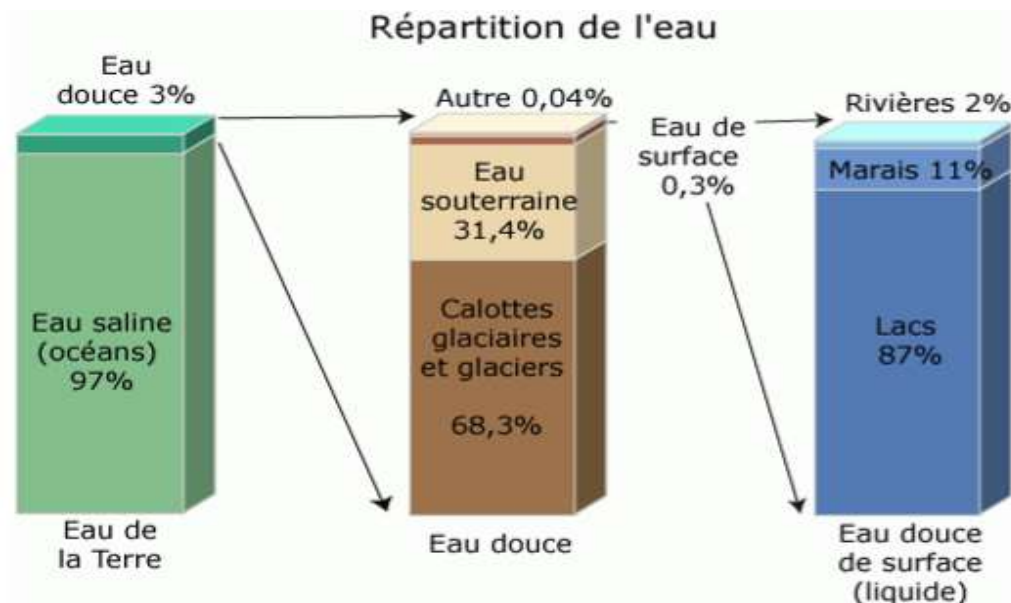


Figure 3 : Répartition de l'eau

5. Mode opératoire des appareils [35]

- MULTIPARAMETRE INOLAB 740 1EL-06-143 (pH-Conductivité)

- **Définition :** c'est un appareil qui permet de mesurer la conductivité et le pH d'une solution.
- **Mise en marche de l'appareil (mode conductivité)**
 - Vérifier que l'électrode conductimètre est bien branchée au module mesure ;
 - Appuyer sur le bouton rouge ;
- **Calibrage**
 - Se munir de la solution d'étalonnage (KCL à 0,0111 mol/L) « Control Standard » ;
 - Appuyer sur le bouton blanc situé en dessus du bouton OK ;
 - Sélectionner le mode de mesure de la conductivité en appuyant sur le bouton vert M ;
 - Appuyer le bouton vert CAL ;
 - Immerger l'électrode dans la solution d'étalonnage « Control Standard » ;
 - Appuyer sur le bouton RUN-ENTRER : AR clignote à l'écran ;
 - Une fois la calibration terminée, un bip est émis et les résultats sont affichés.
 - Retirer, rincer l'électrode à l'eau distillée puis sécher avec un mouchoir propre.

NB : Un message d'erreur s'affiche pour cause de : cellule mesurée non raccordée, câble rompu, solution de calibration inappropriée, auxquelles il faut remédier.

- **Mesure de la conductivité**
 - Appuyer sur le bouton blanc au-dessus du bouton OK ;
 - Sélectionner le mode de la conductivité en appuyant sur le bouton vert M ;
 - Immerger l'électrode dans la solution à analyser ;
 - Appuyer sur AR situé sur le porte d'électrode puis sur RUN-ENTER ;
 - Un bip est émis et les résultats s'affichent.
- **Après les analyses**
 - Retirer, rincer puis sécher l'électrode avec un mouchoir propre ;
 - Appuyer sur le bouton rouge pour éteindre l'appareil.

- **MULTIPARAMETRE INOLAB pH 740 1EL-06-143**
(Mode pH)

- **Mise en marche de l'appareil**
 - Vérifier que l'électrode pH est bien branchée au module mesure ;
 - Appuyer sur le bouton rouge ;
- **Calibrage**
 - Se munir des solutions d'étalonnage pH 4 et pH 10 « Control Standard » ;
 - Appuyer sur le bouton blanc situé en dessus du bouton OK ;
 - Sélectionner le mode de mesure de pH en appuyant sur le bouton vert M ;
 - Appuyer le bouton vert CAL ;
 - Immerger l'électrode dans la solution d'étalonnage « Control Standard » ;

Le reste du mode opératoire est la même que celle de la mesure de la conductivité.

- **Interprétation des résultats**

La valeur de la conductivité (en $\mu\text{s}/\text{cm}$) ou du pH s'affiche sur l'écran, celle du pH n'ayant d'unité et elle sera comparée à la norme malienne en vigueur.

- **SPECTROPHOTOMÈTRE UV-VISIBLE type DR 5000 LANCHE (HACH)**
N° 1EL-08-171 [36]

- **Définition** : c'est un appareil qui permet de mesurer la teneur de chacun des différents paramètres d'une solution selon leurs longueurs d'ondes.
 - Mise en marche de l'appareil
 - Mettre sous tension et allumer l'appareil ;
 - Retirer la cuve et fermer le couvercle ;
 - Attendre l'autodiagnostic ;
- **Analyse des paramètres**
 - Appuyer sur « programmes enregistrés » ;
 - Saisir le numéro du paramètre à analyser puis démarrer ;
 - Appuyer sur « zéro » ;
 - Ensuite passer le blanc puis l'échantillon ;
 - Lire le résultat sur l'écran.
- **Après les analyses**
 - Laver la cuve puis rincer avec l'eau distiller ;

- Eteindre l'appareil avec le bouton ;
- Placer la cuve dans le puits puis fermer le couvercle.

- **Interprétation des résultats**

La valeur du paramètre analysé s'affiche sur l'écran et est exprimée en mg/l puis comparée à la norme malienne en vigueur.

- **SPECTROMÈTRE D'ABSORPTION ATOMIQUE Perkin Elmer PinAAcle 900T**

- **Définition** : c'est un appareil permettant de mesurer la teneur de chacun des éléments du tableau périodique présents dans une solution.

- **Mise en marche de l'appareil**

- Brancher l'appareil à un stabilisateur 10 KVA et purger le compresseur ;
- Ouvrir les bombonnes d'acétylène, de protoxyde d'azote et l'auto sampler vers le haut (mode flamme) ;
 - Ouvrir les bombonnes d'argon (mode four) et vérifier les pressions (Air=5, acétylène=1.2, proto=5, argon=4) en barres ;
 - Mettre de l'eau distillée dans le refroidisseur du four ;
 - Allumer le spectromètre l'ordinateur par leurs boutons ON ;
 - Double-cliquer sur le logiciel (Syngitix 0.4) et attendre que l'appareil s'initialise.

- **Analyse des paramètres (Utilisation en mode flamme)**

Nous avons deux types de flamme : Air + acétylène ou Protoxyde d'azote + acétylène.

- Ouvrir le logiciel (Syngitix 0.4) ;
- Allumer la lampe du paramètre choisi ;
- Créer une méthode dans « file » puis sauvegarder « save as methode » ;
- Créer un fichier commande ;
- Créer un fichier résultat dans « manuel » ;
- Créer un fichier d'étalonnage et sauvegarder ;
- Allumer la flamme en cliquant sur « ON » ;
- Plonger le raccord dans la solution de rinçage et attendre 5 minutes ;
- Introduire le raccord dans le blanc en cliquant sur « analyse blanc » ;
- Plonger dans le premier standard et cliquer sur « analyse standard » ainsi de suite ;
- Observer la courbe d'étalonnage ainsi que le coefficient de corrélation ($R^2=1$ ou très proche) ;
- Imprimer la courbe dans « print active Windows ».
- Faire passer le blanc de l'échantillon ensuite les enchainements et ainsi de suite.
- Imprimer les résultats.

- **Après analyse**

- Eteindre la flamme et la lampe dans « off » ;
- Fermer les différentes fenêtres ;
- Fermer le logiciel puis étendre l'ordinateur puis le spectromètre et suite fermer les vannes des gaz ;
- Couvrir l'appareil avec un tissu.

- **Analyse des paramètres (Utilisation en mode four)**

Créer une méthode dans « file » puis sauvegarder « save as methode » ;

- Créer un fichier résultat dans « manuel » et sauvegarder ;
- Lancer une séquence en cliquant sur « auto » ;
- Placer et identifier les échantillons ;
- Allumer le four en cliquant sur « funace » ;
- Cliquer sur « analyse samples ».

- **Interprétation des résultats**

La valeur obtenue est notée en mg/l en tenant compte de déduire la valeur du blanc pour ce paramètre.

Après analyse

- Eteindre le four dans « off » ;
- Fermer les différentes fenêtres ;
- Fermer le logiciel puis étendre l'ordinateur puis le spectromètre et suite fermer les vannes des gaz ;
- Couvrir l'appareil avec un tissu.

- **SEPECTROMETRE A FLAMME Sherwood 410**

- **Définition** : c'est un appareil qui permet de mesurer dans une solution la teneur de chacun des trois éléments : calcium (Ca), sodium (Na), potassium (K).

- **Mise en marche**

- Mettre l'appareil sous tension ;
- Allumer le gaz (butane) en suite le compresseur ;
- Tourner le contact vers « O » du conduit de gaz butane ;
- Allumer la flamme avec le bouton « power ».

- **Etalonnage et analyse**

- Mettre le sélectionneur au paramètre concerné (Na, K, Ca) ;
- Brancher le filtre au blanc ;
- Faire le zéro avec le bouton « blank » ;
- Faire passer les solutions étalons et régler la concentration avec le bouton « fine » ;
- Faire passer la solution à analyser et lire le résultat.
- Noter les résultats.

- **Interprétation des résultats**

Le résultat (X_E) est obtenu par la formule suivante et s'exprime en mg/l.

$$\begin{array}{l} \Sigma \text{ etalon} \longrightarrow \Sigma \text{ Abs} \\ X_E \longrightarrow \text{AbsE} \end{array}$$

- **Après analyse**

Figure 4 : calcul par la règle de trois

- Brancher le filtre à l'eau distillée ;
- Eteindre le compresseur puis le gaz avec « power ».

- **MULTI-DOSIMAT 645 1EL06-145**

- **Définition** : c'est un appareil qui permet de mesurer la dureté total et partielle une solution.

- **Mise en marche**

- Mettre l'appareil sous tension ;
- Appuyer sur le bouton « ON/OFF » ;
- Allumer la plaque magnétique (d'agitation) ;
- Vérifier que le flacon de solvant contient une quantité suffisante (EDTA) pour l'analyse.

- **Analyse**

- Préparer la solution à analyser dans une éprouvette en verre ;
 - Mettre un barreau magnétique ;
 - Placer sur la plaque magnétique (d'agitation) ;
 - Purger la pompe de la solution titrante (EDTA) ;
 - Placer le raccord de la solution titrante dans la solution à titrer ;
 - A l'aide du bouton rouge du compteur, goutter jusqu'au virage (bleu) ;
 - Lire le résultat sur le tableau de l'appareil en degré français ;
 - Convertir le résultat en mg/l en multipliant le résultat obtenu par 10.
- **Interprétation des résultats**

Le résultat de la dureté est la valeur obtenue par titrage. Elle s'exprime en °F, ou cette valeur multipliée par 10 en mg/l.

- **Après analyse**

- Mettre le compteur à zéro ;
- Garder le raccord dans la solution titrante (EDTA) ;
- Eteindre l'appareil avec « off » et la plaque magnétique ;
- Nettoyer les matériels utilisés après manipulation.

- **Turbidimeter HI 98703**

- **Définition** : c'est un appareil ou un récepteur photoélectrique qui permet de mesurer la lumière diffusée par le liquide donc turbidité d'une solution.

- **Mise en marche et analyse**

- Appuyer sur le bouton « ON/OFF » pour allumer ;
- S'assurer que le tube est bien propre ;
- Remplir le tube de 10ml de l'échantillon ;
- Essuyer le tube ;
- Placer le dans le puits et fermer ;
- Appuyer sur le bouton « Read » ;
- Lire et noter le résultat en NTU.

- **Interprétation des résultats**

Le résultat s'affiche sur l'écran et s'exprime en NTU.

- **Après analyse**

- Rincer le tube ;
- Eteindre par le bouton « ON/OFF ».

- **Photometer 7100**

- **Définition** : appareil permettant de mesurer l'intensité lumineuse d'une solution par sa cellule photoélectrique.

- **Mise en marche et analyse**

- Appuyer sur le bouton « ON/OFF » pour allumer ;
- Sélectionner le programme d'analyse ;
- Remplir le tube de 10 ml avec le témoin (eau distillée) ;
- Essuyer et placer le dans le puits et fermer ;
- Appuyer sur le bouton « OK » ;
- Placer l'échantillon préparé ;
- Lire et noter le résultat ;

- **Interprétation des résultats**

Le résultat s'affiche sur l'écran de l'appareil et en fonction du paramètre choisi.

- **Après analyse**

- Rincer le tube ;
- Eteindre par le bouton « ON/OFF ».

- **DBO mètre (Etuve réfrigérée ventilée +2 à 40°C PENTAN N° 1 EL-08-165)**

- **Définition** : la Demande Biochimique en Oxygène (DBO5) est la quantité d'oxygène consommée après cinq jours d'incubation.

- **Mise en marche et analyse**

- Mettre l'étuve sous tension puis allumer ;
- Régler la température à 20°C ;
- Remplir le tube de blanc avec l'eau distillée à 164 ml et les tubes d'échantillon avec les solutions d'échantillon ;
- Mettre un barreau magnétique ;
- Mettre deux pastilles de soude puis fermer avec le chronomètre mis à zéro ;
- Placer les tubes dans l'étuve et condamner la pendant cinq jours ;
- Coller une étiquette pour renseigner les dates ;
- Lire les résultats avec le bouton « S » des cinq jours d'incubation ;

- **Interprétation des résultats**

Tableau I : Interprétation de résultat de la DBO5

Jour	Blanc	Echantillon
J1	0	15
J2	0	21
J3	0	16
J4	0	18
J5	0	3
J Total	0	73
Total x 10	0	730

La valeur de l'échantillon exemplaire est : E=730 mg/l

- **Après analyse**

- Eteindre l'incubateur ;
- Laver et rincer les tubes utilisés à l'eau distillée.

- **DCO-mètre**

- **Définition :** la Demande Chimique en Oxygène est la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder toute la matière organique contenue dans une eau.

- **Mise en marche et analyse**

- Mettre la plaque chauffante en marche par le bouton « ON/OFF » ;
- Prendre 2 ml d'eau distillée pour le blanc et la même mesure pour chaque échantillon ;
- Mettre dans le tube de réactif (HACH) puis agiter ;
- Placer les dans la plaque chauffante à 150°C pendant 120 minutes ;
- Après le bip du chronomètre, laisser refroidir ;
- Placer le tube dans le puits du lecteur de DCO (Lovibond PCCHECKIT COD vario) et fermer ;
- Appuyer sur « ON/OFF » puis « zero test » ;
- Appuyer sur « Mode » et choisir « Mr » ;
- Lire les résultats avec le lecteur.

- **Interprétation des résultats**

Le résultat s'affiche sur le lecteur en mg/l.

- **Après analyse**

- Retirer le tube puis éteindre les appareils par les boutons « ON/OFF ».

6. Composition chimique de l'eau

L'eau contient des gaz dissous, essentiellement de l'oxygène et du gaz carbonique mais aussi de l'azote ou encore du méthane. Ils n'ont pas la même solubilité dans l'eau et celle-ci décroît quand la température augmente [37].

L'eau contient aussi, sous forme dissoute ou en suspension des substances minérales et organiques.

- **Matières minérales**

L'eau contient beaucoup d'ions dissous dont les principaux sont le calcium (Ca^{2+}), le magnésium (Mg^{+}), le sodium (Na^{+}), le potassium (K^{+}), les carbonates (CO_3^{2-}), les

bicarbonates (HCO_3^-), les sulfates (SO_4^{2-}), les chlorures (Cl^-) et les nitrates (NO_3^-). Ils proviennent pour l'essentiel du lessivage des sols par les eaux de pluie. Leur teneur dépend directement de la nature des roches du bassin versant.

L'eau contient aussi des éléments nutritifs, ou nutriments en concentration plus petite, que sont l'azote (contenu dans l'ammoniac, les nitrites et les nitrates), le phosphore (contenu dans les phosphates) et la silice.

D'autres éléments ne sont présents qu'à l'état de trace comme l'arsenic, le cuivre, le cadmium, le manganèse, le fer, le zinc, le cobalt, le plomb... Ils proviennent des roches mais aussi parfois des activités industrielles et domestiques.

L'eau contient aussi des matières minérales en suspension tels que les matériaux argileux, limons, etc.

- **Matières organiques**

Les matières organiques peuvent être présentes sous forme dissoute (carbohydrates, acides humiques, pigments et composés d'origine artificielle comme les hydrocarbures, les solvants chlorés, ou les pesticides), ou en suspension (déchets végétaux, plancton...). Elles proviennent pour l'essentiel de la dégradation de la matière organique présente dans le milieu ou dans les sols lessivés par les pluies (décomposition des plantes et des animaux), mais aussi de composés issus de l'activité humaine. Leur concentration infime dans les eaux profondes, peut atteindre quelques dizaines de milligrammes par litre dans les eaux de surface.

7. Les paramètres analysés

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 [40].

- **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 [41].

➤ **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.

- **Paramètres physico-chimiques et toxicologiques**

Température, concentration en ions hydrogène, conductivité, concentration en chlore, sulfates, dureté totale, pH, etc. [41].

La conductivité électrique, la demande biologique en oxygène DBO5, la dureté totale, les nitrates sont les paramètres déterminés selon les méthodes décrites par certaines méthodes [42].

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) [41].

➤ **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 inférieure. Les directives de l'OMS préconisent pour l'eau destinée à la consommation humaine un pH compris entre 6,5 et 8,5 [40].

➤ **La température**

L'O.M.S ne donne pas de valeur guide concernant la valeur de la température. Pratiquement la température s'accompagne d'une modification de la densité, d'une réduction de la viscosité, d'une augmentation de la tension de vapeur saturante à la surface, d'une diminution de la solubilité des gaz. L'augmentation de la température favorise aussi l'auto épuration et accroît la vitesse de sédimentation, ce qui peut présenter un intérêt dans les stations d'épuration. Elle peut favoriser la mortalité de certaines espèces et le développement d'autres [43].

➤ **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 l'enzyme 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.

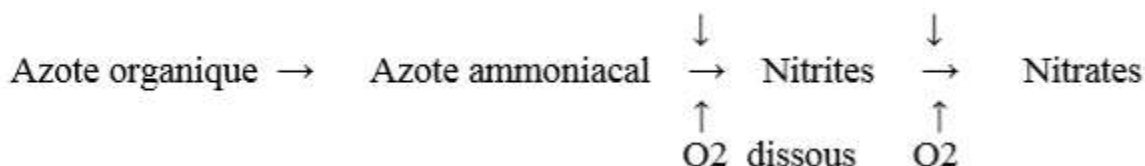


Figure 5 : Oxydation de l'azote ammoniacal

➤ **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 [44].

➤ **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. Les nitrites, du point de vue de la toxicité peuvent avoir une action méthémoglobinisante comme cela a été indiqué à propos des nitrates [45].

➤ **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 cancérigènes.

➤ **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.

➤ **Fer et manganèse**

Ce sont des impuretés minérales sans effets appréciables sur la santé. Ces métaux peuvent provoquer une coloration et sont à l'origine de la corrosivité de l'eau. Par ailleurs ils provoquent les mêmes effets que d'autres métaux tels que le cuivre, l'aluminium, le zinc.

➤ **La dureté**

Exprime approximativement la teneur de l'eau en sels de calcium et de 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 dure	60 à 120 mg/l
Eau dure	120 à 180 mg/l
Eau très	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 [46].

➤ **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

➤ **Les Gaz**

Le gaz carbonique est le plus fréquent, avec des traces d'azote, d'hélium etc. On retrouve aussi le sulfure d'hydrogène (H₂S) qui est un révélateur de conditions anaérobies, et d'un potentiel d'oxydoréduction trop bas ; il provoque de mauvaises odeurs et peut être à l'origine de la corrosivité de l'eau. Il doit être éliminé.

➤ **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 [47]. 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 [48].

L'utilisation des pesticides provoque une accumulation des produits stables toxiques 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 [49].

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 [48].

- **Paramètres microbiologiques**

➤ **Germes aérobies mésophiles**

Sont l'ensemble des microorganismes aptes à se multiplier à l'air aux températures moyennes (25 et 40°C). Généralement, ces germes n'ont pas d'exigences particulières pour leur milieu de culture.

➤ **Coliformes Totaux**

Les Coliformes Totaux constituent un groupe hétérogène de bactéries d'origine fécale et environnementale. Les Coliformes Totaux se multiplient à des températures d'incubation entre 30 et 37°C en général. Les coliformes sont des bactéries appartenant à la famille des *entérobactériacea* qui fermentent le lactose avec production de gaz [50].

➤ **Coliformes Fécaux ou Thermotolérants**

Les Coliformes Thermotolérants se multiplient à des températures d'incubation élevées à 44°C en général. Les Coliformes Thermotolérants sont un sous-groupe des Coliformes Totaux. Les Coliformes Fécaux témoignent d'une contamination d'origine fécale récente et ils sont des indicateurs classiques faciles à déceler et à dénombrer [50].

➤ **Streptocoques fécaux**

Les Streptocoques fécaux sont des hôtes normaux de l'intestin de l'homme et des animaux à sang chaud. Leur recherche associée à celle des Coliformes Fécaux constitue un bon indice de contamination fécale. Ils témoignent d'une contamination d'origine fécale ancienne. Ils sont spécifiques de la flore intestinale de l'homme et des animaux et sont considérés comme des indicateurs secondaires.

Ils appartiennent aux genres *Enterococcus* et *Streptococcus*. Dans le genre Entérocoque, on peut citer : *Enterococcus avium*, *E. casseflavus*, *E. faecalis*, *E. faecium*, *E. gallinarium*, *E. malodorants* [12].

➤ **Escherichia coli**

E. coli est une bactérie présente dans l'intestin des êtres humains et de certains animaux, en particulier des ruminants. Elle empêche d'autre bactérie de coloniser la flore intestinale et d'engendrer des maladies, la majorité de ses souches sont inoffensives et ne provoquent aucun symptôme. Certains sont en revanche pathogènes et provoquent des troubles intestinaux.

8. Techniques d'analyses des paramètres

- Paramètres physicochimiques

Elles se divisent en quatre (5) groupes : la spectrophotométrie à UV- Visible, la spectrophotométrie de flamme, la potentiométrie ou Electrochimie, la titrimétrie classique, la spectrophotométrie d'absorption atomique.

➤ La spectrophotométrie à UV-Visible

Le Laboratoire National de la Santé utilise la spectrophotométrie UV-Visible DR/5000 HACH [51].

(1) Le principe

Mesure de l'intensité de la couleur du complexe formé.

A une longueur d'onde fixe la concentration d'une substance est proportionnelle à sa densité optique.

(2) La description de l'appareil

Le spectrophotomètre modèle DR/5000 HACH est un appareil simple faisceau commandé par micro-processeur pour l'analyse au laboratoire ou sur le terrain. C'est un spectrophotomètre qui utilise le visible "UV". Le spectrophotomètre fonctionne sur batterie ou sur secteur.

Si l'appareil doit être alimenté sur secteur, raccorder la fiche du câble au transformateur.

L'appareil est mis sous tension en appuyant sur "power" à l'arrière de l'appareil.

(3) Dosage des paramètres

(a) Les Sulfates : (gamme : 0 à 70 mg/l)

➤ Principe

Les ions sulfates réagissent avec le baryum du réactif Sulfa Ver 4 et produit un précipité de sulfate de baryum insoluble. La quantité de turbidité formée est proportionnelle à la concentration en sulfates. Le réactif contient aussi un agent stabilisant pour maintenir le précipité en suspension.

➤ Mode opératoire

Mettre l'appareil sous tension ;

Entrer le numéro "680" du programme mémorisé pour les sulfates, la longueur d'onde est de 450 nm ;

Remplir une cuvette de 10 ml avec l'échantillon ;

Ajouter le contenu d'un sachet de réactif Sulfa Ver 4 ;

Laisser pendant une période de réaction de 5 minutes (en présence de sulfate une coloration blanche se développe) ;

Remplir une autre cuvette avec 10 ml de l'échantillon (blanc) ;

Placer le blanc dans le puits de mesure ; Ajuster le zéro de l'appareil en appuyant sur la touche "zéro" ;

Placer l'échantillon préparé dans le puits de mesure ; Appuyer sur Mesurer, et le résultat en mg/l des sulfates (SO_4^{2-}) s'affiche.

(b) Les Nitrites : (gamme : 0 à 0,300 mg/l NO₂⁻)

➤ **Principe**

Les nitrites dans l'échantillon réagissent avec l'acide sulfanilique pour former un sel de diazonium qui réagit avec l'acide chromotrope pour produire un complexe coloré rose dont la coloration est proportionnelle à la quantité de nitrite présent.

➤ **Mode opératoire**

Mettre l'appareil sous tension ;

Entrer le numéro " 371" du programme mémorisé pour les nitrites, la longueur d'onde est de 507 nm ;

Prélever avec une cuvette 25 ml de l'échantillon et l'introduire dans un ballon ;

Ajouter le contenu d'un sachet de réactif Nitri Ver 3 ;

Agiter pour dissoudre et laisser au repos pendant 20 minutes ;

En présence des nitrites une coloration rose se développe ;

Remplir une cuvette avec 10 ml de l'échantillon (blanc) ;

Placer le blanc dans le puits de mesure ;

Ajuster le zéro de l'appareil en appuyant sur la touche "zéro" ;

Retirer le blanc, prélever et placer une autre cuvette de 10ml de l'échantillon préparé ;

Appuyer sur Mesurer et le résultat en mg/l NO₂⁻ s'affiche.

(c) Les Nitrates : (gamme : 0 à 50,0 mg/l NO₃⁻)

➤ **Principe**

Le cadmium métallique réduit les nitrates dans l'échantillon en nitrite. L'ion nitrite réagit en milieu acide avec l'acide sulfanilique pour former un sel de diazonium intermédiaire. Ce sel réagit avec l'acide gentisique pour former une solution de couleur ambre proportionnelle à la quantité de nitrates présente dans l'eau.

➤ **Mode opératoire**

Mettre l'appareil sous tension ;

Entrer le numéro "355" du programme mémorisé pour les nitrates, la longueur d'onde est de 500 nm ;

Prélever avec une cuvette 25 ml de l'échantillon et l'introduire dans un ballon ;

Ajouter le contenu d'un sachet de réactif Nitra Ver 5 ;

Agiter vigoureusement le ballon pendant une minute puis laisser au repos pendant 5 minutes, en présence de nitrates une coloration ambre se développe ;

Remplir une cuvette avec 10 ml de l'échantillon (le blanc) ;

Placer le blanc dans le puits de mesure ;

Ajuster le zéro de l'appareil en appuyant sur la touche "zéro" ;

Placer 10ml de l'échantillon préparé dans le puits de mesure ; Appuyer sur Mesurer et le résultat en mg/L NO₃⁻ s'affiche.

(d) Les Chlorures

➤ **Principe**

Le chlorure présent dans l'échantillon réagit avec le thiocyanate mercurique pour former du chlorure mercurique et libérer l'ion thiocyanate. Les ions thiocyanates réagissent avec

les ions ferriques pour former un complexe orange de thiocyanate ferrique ; la concentration de ce complexe est proportionnelle à la concentration de chlorure.

➤ **Mode opératoire**

Mettre l'appareil sous tension ;

Entrer le numéro " 70" du programme mémorisé pour les Chlorures ;

Prélever 25ml de l'échantillon dans un ballon et 25ml d'eau distillée pour le blanc dans un autre ballon ;

Ajouter 2ml de thiocyanate mercurique et 1ml de solution ferrique dans chaque ballon ;

Agiter le ballon et laisser au repos pendant 2 minutes ;

Placer 10ml du blanc dans le puits de mesure ;

Ajuster le zéro de l'appareil en appuyant sur la touche "zéro" ;

Placer 10ml de l'échantillon préparé dans le puits de mesure ; Appuyer sur Mesurer et le résultat en mg/l Cl⁻ s'affiche.

(e) **Les phosphates**

Un mélange de 25 ml de l'échantillon et le contenu d'un sachet de réactif PhosVer 3 est réparé dans un bécher de 50mL. Après agitation, le mélange est ensuite laissé au repos pendant 5 minutes. En présence de phosphate, une coloration bleue se forme. Après le blanc, la solution bleue est lue et le résultat en mg/l de phosphate s'affiche sur l'écran.

Le programme mémorisé pour les phosphates est 490 ; la longueur d'onde est de 890 nm.

➤ **La spectrophotométrie de flamme**

Nous avons utilisé le photomètre de flamme Sherwood Photomètre 410.

(1) **Le principe**

Dans un atome les électrons ont des niveaux énergétiques quantifiés. Toute variation d'énergie correspond au passage d'un électron d'un niveau énergétique à un autre.

L'absorption d'énergie correspond à une transition électronique d'un état stationnaire à un autre de plus forte énergie : c'est l'état excité instable. L'émission énergétique correspond à la transition inverse : de l'état excité à l'état fondamental de plus basse énergie. Certains atomes sont susceptibles d'être excités par une flamme. Des électrons sont amenés à un niveau d'énergie supérieur par chauffage dans la flamme d'un brûleur à gaz, et, lors du retour à l'état fondamental, il y a émission d'énergie lumineuse, sous forme de photons.

La photométrie de flamme repose sur le fait que l'intensité de l'émission est proportionnelle au nombre d'atomes retournés à l'état initial. La lumière émise est donc proportionnelle à la concentration de l'échantillon.

(2) **La description de l'appareil**

Le photomètre de flamme Sherwood est constitué de trois éléments : le brûleur, le monochromateur et d'une cellule photoélectrique, d'un amplificateur et d'un afficheur.

-Le brûleur : Il fournit une flamme dans laquelle on pulvérise la solution à analyser ;

-Le monochromateur permet de sélectionner la longueur d'onde caractéristique de l'élément à doser, il est composé de filtres ;

-Le récepteur photoélectrique : Il est composé d'une cellule photoélectrique qui transforme le flux lumineux en intensité électrique.

Il est relié à un dessiccateur et à une conduite de gaz qui alimente le bruleur.

(3) Dosage des paramètres

(a) Le sodium

Le photomètre étant branché, ouvrir le gaz, mettre le dessiccateur en marche et allumer le photomètre avec le bouton « power ».

Puis régler sur la position Na, placer le dispositif d'absorption dans de l'eau distillée et faire le réglage du zéro à l'aide du bouton « Blanc »

Faire passer les solutions étalon 2ppm, 4ppm, 6ppm, 8ppm et 10ppm préparées à partir d'une solution mère de 100ppm. Puis noter l'indication correspondante à chaque solution. Faire passer les échantillons à doser qui peuvent être dilués soit au 1/10, 1/100 ou même 1/1000, puis noter les valeurs obtenues.

Entre chaque mesure, placer le dispositif d'absorption dans l'eau distillée.

(b) Le potassium

Le photomètre étant branché, ouvrir le gaz, mettre le dessiccateur en marche et allumer le photomètre avec le bouton « power ».

Puis régler sur la position K, placer le dispositif d'absorption dans de l'eau distillée et faire le réglage du zéro à l'aide du bouton « Blanc »

Faire passer les solutions étalon 1ppm, 2ppm, 4ppm et 10ppm préparées à partir d'une solution mère de 100ppm. Puis noter l'indication correspondante à chaque solution.

Faire passer les échantillons à doser qui peuvent être dilués soit au 1/10, 1/100 ou même 1/1000, puis noter les valeurs obtenues.

Entre chaque mesure, placer le dispositif d'absorption dans l'eau distillée.

Calcul : Soit ;

E : la somme des concentrations des étalons

C : la concentration donnée par l'échantillon

T : la somme de teneurs donnée pour chaque étalon

S : la teneur en sodium de l'échantillon

P : la teneur en potassium de l'échantillon.

$$S = (C.T) / E \quad P = (C.T) / E$$

➤ La potentiométrie ou Electrochimie

L'appareil utilisé est un pH-mètre Multiparamètre inolab 740.

(1) Le principe

Il consiste à appliquer une différence de potentiel entre les électrodes, il en résulte le passage d'un courant électrique : les cations (ions chargés positivement) se déplacent vers l'électrode négative (cathode) et les anions (ions de charge négative) sont attirés vers l'électrode positive (anode). L'intensité du courant, la différence de potentiel appliqué aux

électrodes, la concentration du corps électrolysé et le temps de la réaction permettent de déterminer la concentration des ions dans la solution de départ. C'est la mesure du potentiel des électrodes à courant constant.

(2) Description de l'appareil

Le pH-mètre multiparamètre inoLab 740 fonctionne avec :

- Des module de mesure (Box multifonctions actifs) ;
- Et le terminal inoLab 740.

Chaque module de mesure dispose de son propre logiciel intégré pour le traitement des signaux émis par les sondes et pour la communication avec le terminal.

Le terminal est l'unité d'affichage et d'entrée du système. Le réglage des paramètres de mesure et de représentation des valeurs mesurées s'effectue par l'afficheur en suivant le menu.

Le terminal est équipé d'une imprimante intégrée disponible en option.

Le terminal identifie le type du module de mesure de l'inoLab 740 raccordé ainsi que la sonde en service sur le module de mesure.

(3) Mode opératoire

(a) Mesure du pH

Le pH-mètre fonctionne grâce à une source d'énergie, son électrode est couplée à un thermomètre.

Appuyer sur la touche "ON" pour mettre l'appareil sous tension ;

Rincer l'électrode avec de l'eau distillée et l'essuyer avec un mouchoir jetable propre ;

Immerger l'électrode du pH dans un bécher contenant l'échantillon à mesurer. ;

Appuyer sur « enter » et attendre ; les valeurs du pH et de la température sont directement affichées.

(b) Mesure de la conductivité

Le principe de fonctionnement est pareil à celui du pH-mètre.

Appuyer sur la touche "ON" pour mettre l'appareil sous tension ;

Rincer l'électrode avec de l'eau distillée et l'essuyer avec un mouchoir jetable propre ;

Immerger l'électrode dans un bécher contenant l'échantillon à mesurer ;

Appuyer sur « enter » et attendre ; la valeur de la conductivité est directement affichée.

➤ La méthode de titrage

(1) Le principe

Il consiste à ajouter un volume précis d'une solution de concentration connue à une solution de concentration inconnue. Le choix des solutions utilisées pour les titrages est déterminé par deux conditions : d'une part la réaction doit être totale, et d'autre part la fin de la réaction doit être marquée par un changement brusque d'une propriété physique observable en présence d'un indicateur.

(a) La dureté

❖ Principe

La dureté totale d'une eau se détermine par le dosage des ions Ca^{2+} et Mg^{2+} .
Les dosages séparés permettent d'apprécier la dureté calcique et la dureté magnésienne.

❖ Mode opératoire

(b) La dureté totale

Dans un erlenmeyer, introduire 50 ml, exactement mesurés, d'eau à analyser.

Ajouter environ 2,5 ml de tampon ammoniacal et quelques gouttes de solution alcoolique de Noir Eriochrome.

Titre par le titriplex 0,01 N jusqu'au virage de l'indicateur au bleu. Pour apprécier plus facilement le virage, il est recommandé de comparer la teinte de l'échantillon à celle d'un témoin constitué par 50 ml d'eau distillée additionnés de 2,5 ml de tampon et d'une quantité de noir Eriochrome identique à celle utilisée pour le dosage.

(c) La dureté magnésienne

Dans un erlenmeyer introduire 50ml d'eau à analyser. Ajouter 5ml d'oxalate d'ammonium à 5% ; agiter et laisser reposer au moins 30 minutes ; filtrer ;

Ajouter au filtrat 2,5ml de tampon ammoniacal et quelques gouttes de solution alcoolique de Noir Eriochrome ;

Titre par le Titriplex 0,01 N jusqu'au virage de l'indicateur au bleu.

Calcul

Dt : la dureté totale en mg/l

Vt : la descente de burette de la dureté totale en ml

Dm : la dureté magnésienne en mg/l

Vm : la descente de burette de la dureté magnésienne en ml

0,22 : facteur de dilution par l'oxalate d'ammonium.

Dc : la dureté calcique en mg/l

$$\mathbf{Dt = Vt \cdot 10} \quad \mathbf{Dm = Vm \cdot 10 \cdot 0,22} \quad \mathbf{Dc = Dt - Dm}$$

(d) Le bicarbonate

❖ Mode opératoire

Dans un bécher introduire 100ml de l'eau à analyser ; ajouter quelques gouttes de vert de bromocresol afin que le mélange soit légèrement bleu.

Titre avec la solution d'acide chlorhydrique de concentration 0,05 mol/l jusqu'à avoir un changement de couleur de la solution, passant par le vert puis au jaune.

Faire un blanc avec de l'eau distillée en suivant le même procédé.

Calcul

V(ech) : volume d'HCl de l'échantillon,

V(bl) : volume d'HCl du blanc,

4,17 : concentration en bicarbonate de l'eau distillée.

B: Bicarbonate.

$$B = [V(\text{ech})/V(\text{bl})] 4,17$$

➤ La spectrophotométrie d'absorption atomique

(1) Principe

Le Spectrophotomètre d'Absorption Atomique (SAA) est basé sur l'excitation des atomes donc le passage de l'état fondamental à l'état excité.

(2) 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 ;
- 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.

(3) Mode opératoire

Paramétrer les conditions de recommandations (longueur d'onde, gamme, pression...)

Préparer la solution mère (ou commander) ;

Ouvrir les vannes des gaz puis allumer la flamme ;

Faire passer le standard par le capillaire, puis observer la courbe et $R^2 \geq 0,995$;

Préparer la solution de l'échantillon avec un sel impur ;

Pulvériser la solution à analyser, lire l'absorption donc la densité optique correspondante et se reporter à la courbe (l'intensité en fonction de la concentration en ppm) d'étalonnage établie dans les conditions rigoureusement identiques.

- Paramètres microbiologiques

➤ Principe

Il consiste à mettre les germes collectés par filtration dans les milieux de cultures et à observer le développement de ces germes concernés (coliformes totaux, coliformes thermo tolérant et Streptocoques fécaux). La solution nutritive des coliformes totaux est

de couleur rouge foncé et celles du coli thermo tolérant et du streptocoque sont de couleur bleue.

(1) Germes Aérobie Mésophiles

❖ **Mode opératoire :** allumer la hotte.

Le milieu de culture PCA est incubé dans le bain marie pendant 15 minutes.

A l'aide d'une pipette stérile prélever 1 ml de l'échantillon dans une boîte de pétrie ;

Ajouter 15 ml du milieu PCA puis triturer bien et laisser 5 minutes ;

Ajouter 5 ml du milieu PCA puis incuber à 37°C pendant 24 heures ;

Lire le résultat donc des colonies blanchâtres ronde ou en fuseau si celui-ci est positif [52].

(2) Coliformes Totaux

❖ **Mode opératoire :**

Le milieu de culture VRBL est incubé dans le bain marie pendant 15 minutes.

Prélever 1 ml de l'échantillon dans une boîte de pétrie ;

Ajouter 15 ml du milieu VRBL puis triturer bien et laisser 5 minutes ;

Ajouter 5 ml du milieu PCA puis incuber à 30°C pendant 24 heures ;

Lire le résultat donc des colonies rouges ou roses si celui-ci est positif [52].

(3) Coliformes Thermotolérants

❖ **Mode opératoire :**

Le milieu de culture VRBL est incubé dans le bain marie pendant 15 minutes.

Prélever 1 ml de l'échantillon dans une boîte de pétrie ;

Ajouter 15 ml du milieu VRBL puis triturer bien et laisser 5 minutes ;

Ajouter 5 ml du milieu VRBL puis incuber à 44°C pendant 24 heures ;

Lire le résultat donc des colonies rouges ou roses si celui-ci est positif [52].

(4) Streptocoques Fécaux

L'absence de turbidité du bouillon de Rothe désigne l'absence de *streptocoques* fécaux dans l'échantillon. La présence de la turbidité désigne une présomption de *Streptocoques* fécaux dans l'échantillon et nécessite une confirmation avec le bouillon de Litsky.

❖ **Mode opératoire**

Préparer en deux étapes en cas de positivité du premier milieu.

-Premier milieu Rothe : c'est un milieu de présomption.

Prélever 1 ml de l'échantillon dans une boîte de pétrie ;

Ajouter 10 ml du milieu Rothe puis incuber à 37°C pendant 24 heures ;

Lire le résultat donc une coloration trouble si celui-ci est positif comparer au témoin.

-Deuxième milieu Litsky

Prélever 1 ml de la prédation du premier milieu dans une boîte a pétrie ;

Ajouter 10 ml du milieu Litsky puis incuber à 37°C pendant 24 heures ;

Lire le résultat donc une coloration trouble si celui-ci est positif comparer au témoin [52].

(5) **Escherichia coli**

❖ **Mode opératoire**

Le milieu de culture TBX (Tryptone-Bile-X glucuronide agar) est incubé dans le bain marie pendant 15 minutes.

Prélever 1 ml de l'échantillon dans une boîte de pétrie ;

Ajouter 15 ml du milieu TBX puis triturer bien et laisser 5 minutes ;

Ajouter 5 ml du milieu TBX puis incuber à 30°C pendant 24 heures ;

Lire le résultat donc des colonies rouges ou roses si celui-ci est positif [60].

➤ **Dénombrement des colonies et expression des résultats (GAM, CT, CTT et E. coli)**

Après l'incubation, nous avons procédé à la lecture des colonies. Nous avons dénombré les colonies de GAM (blanchâtres en fuseau ou rondes) sur les milieux PCA à l'aide d'un compteur de colonies muni d'une loupe. Les colonies des Coliformes Totaux (CT) ou Thermotolérants (CTT) (roses ou rougeâtres) sur les milieux VRBL et les *E.coli* ont été aussi dénombrées ainsi que par la même technique.

Le résultat du dénombrement a été exprimé en Unité Formant Colonie (UFC/ml).

9. 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 2017 sont la référence en ce qui concerne la sécurité en matière d'eau potable [40].

10. Les sources de distribution d'eau potable à Bamako

Il y a les 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 néguétana.

- La station de pompage de Djicoroni

Le suivi du processus de traitement de l'eau potable fournit par la société SOMAGEP aux consommateurs. SOMAGEP utilise deux sources d'approvisionnement : le fleuve et la nappe souterraine [54].

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. Les stations compactes installées à Magnambougou et Baco-Djicoroni ACI

Situées sur les bords du fleuve : ces stations sont préfabriquées et importées d'Europe [54].

- **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 [54].

11. 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 la plus [55].

On a traditionnellement :

- **La pollution physique**

Elle est due à la présence de matières en suspension et des colloïdes. Elle se traduit par une coloration ou un trouble plus ou moins prononcé.

- **La pollution chimique**

Elle est 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.

- **La pollution thermique**

Elle est causée par un accroissement de température due à des circuits de refroidissements, le plus souvent des centrales énergétiques.

12. Origine de la pollution

On a principalement :

- **Les pollutions domestiques**

Les pollutions domestiques sont divisées en eaux de vanne qui comprennent les eaux de diverses toilettes et eaux ménagères qui englobent les lavages.

- **La pollution urbaine**

On peut citer les rues, les trottoirs, les commerces et l'artisanat, les bâtiments scolaires, les hôpitaux, eau de pluie.

- **La pollution liée aux ruissellements autoroutiers en rase campagne**

Elle est causée par les travaux de construction et de matériaux utilisés ; le déversement accidentel ; l'entretien des voiries.

- **La pollution agricole**

Elle causée par une érosion des sols ; engrais chimiques ; pesticides ; insecticides ; fongicides etc.

- **La pollution industrielle**

Elle est causée surtout par les tanneries ; le déversement de déchets chimiques [55].

13. Renseignements à fournir pour une analyse d'eau

Au moment du prélèvement d'une eau pour une analyse au laboratoire, les éléments suivants doivent être renseignés :

- 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, puits, sondage ; rivière, citerne etc.) ;
- Nature géologique des terrains traversés ;
- Indiquer les causes de souillure permanente ou accidentelle aux quelles l'eau parait 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 échéants, le système d'épuration utilisé ;
- Date et l'heure du prélèvement [49].

14. Traitement de l'eau

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

- 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 physicochimiques sont fréquemment défavorables (présence de fer, manganèse, ammonium, CO₂ agressif, nitrates, fluor, calcium, magnésium...). Les éléments polluants seront éliminés par des procédés spécifiques (déferrisation, démagnétisation, l'adoucissement...).

- 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.

➤ 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.

La clarification comprend les étapes suivantes :

- ❖ La coagulation,
- ❖ La floculation,
- ❖ La décantation,
- ❖ La filtration [48].

➤ **Désinfection**

C'est la destruction des bactéries et des virus pathogènes, ainsi que des bioindicateurs (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 [56].

15. Traitements complémentaires

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

- **Cas particuliers de purification des eaux :**

➤ **Purification d'un puits**

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 [49].

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

➤ **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 [49].

- ❖ **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.

- ❖ **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.

- ❖ **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.

- ❖ **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.

- Quantité d'antiseptique utilisé 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

- instantané.....10g/l

- 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 [49].

16. Système national de contrôle des aliments

Le Mali a adopté en 2002 une Politique Nationale de la Sécurité Sanitaire des Aliments ; Cette Politique prend en compte les principes de l'OMS, de la FAO en matière de contrôle des aliments.

- ❖ L'Agence National de la Sécurité Sanitaire des Aliments (ANSSA) a été créé par la loi N°03-043/PRM du 30 décembre 2003, c'est un Etablissement Public à caractère Scientifique et Technologique (EPST).

Ses missions sont :

- ✚ Coordonner toutes les actions liées à la sécurité sanitaire des aliments ;
- ✚ Apporter un appui technique et scientifique aux structures de contrôle ;
- ✚ Assurer un appui technique et scientifique nécessaire à l'élaboration de la réglementation relative à la sécurité sanitaire des aliments ;
- ✚ Evaluer les risques sanitaires que peuvent présenter les denrées alimentaires ;
- ✚ Appuyer les activités des systèmes de surveillance et des réseaux épidémiologiques ;
- ✚ Assurer la communication sur les risques [57].

Elle maintenant un département de l'INSP.

IV. METHODOLOGIE

1. Lieu de l'étude

Notre étude s'est déroulée au Laboratoire National de la Santé à Bamako (Mali), qui est un Etablissement Public à caractère Scientifique et Technologique (EPST), situé à Darsalam [16 ; 59]. À ce titre selon l'article 2 de l'Ordonnance N°00-40/P-RM du 20 septembre 2000 portant sa création il est chargé de : « contrôler la qualité des médicaments, aliments, 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 populations humaine et animale » [59].

❖ Présentation du Laboratoire National de la Santé (LNS)

- Création

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° 00-040/PRM, ratifiée par la Loi N° 01-040 du 07 Juin 2001 [58].

- 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.

- Ressources

Les ressources du Laboratoire National de la Santé proviennent des :

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

- Organes d'administration et gestion

Les organes d'administration sont :

- a) Le Conseil d'Administration ;
- b) La Direction Générale ;
- c) Le Comité Scientifique et Technologique.
- d) Deux Sous Directions :

- ✓ Une Sous-Direction Technique,
- ✓ Une Sous-Direction Assurance Qualité
- ✓ Une Sous-Direction des Affaires Générales
- e) Trois Services Techniques :
 - ✓ Le service de Contrôle Qualité des Médicaments (SCQM) ;
 - ✓ Le service de Contrôle Qualité des Aliments et Boissons (SCQAB) ;
 - ✓ Le service de Contrôle Qualité des Eaux (SCQE).

- **Le personnel**

L'effectif du personnel du LNS s'élève à 77 agents (effectif actuel). Parmi le personnel on peut citer :

- ✓ Un Directeur Général (Pharmacien agrégé de chimie analytique) ;
- ✓ Un Directeur Général Adjoint (Pharmacien) ;
- ✓ Des secrétaires ;
- ✓ Un agent comptable ;
- ✓ Des chauffeurs ;
- ✓ Des pharmaciens (généralistes et spécialistes en chimie analytique/bromatologie, toxicologie, galénique, et chimie thérapeutique) ;
- ✓ Des Attachés de recherche, Ingénieur sanitaire ;
- ✓ Des Ingénieurs chimistes
- ✓ Des technologues alimentaires,
- ✓ Des microbiologistes,
- ✓ Des techniciens de laboratoire.

Equipements

- ✓ Chromatographie en phase gazeuse ;
- ✓ Spectromètre de masse ;
- ✓ Chromatographie Liquide à Haute Performance (HPLC) ;
- ✓ Balances électroniques ;
- ✓ Hottes filtrantes ;
- ✓ Etuves ;
- ✓ Plaques électriques chauffantes ;
- ✓ Spectrophotomètre à absorption atomique ;
- ✓ Spectrophotomètre à UV-VISIBLE ;
- ✓ pH-mètre ;
- ✓ Conductimètre ;
- ✓ Multi dossimat ;
- ✓ Appareil à dissolution (dissolu test) ;
- ✓ Fours électriques ;
- ✓ Electrophorèse ;
- ✓ Appareil à désagrégation ;
- ✓ Appareil à extraction ;
- ✓ Appareil pour contrôle de préservatif ;
- ✓ Karl Fischer.

2. Période de l'étude

L'étude s'est déroulée de Décembre 2020 à Septembre 2021 au Service de Contrôle Qualité des Eaux (SCQE) du Laboratoire National de la Santé (LNS).

3. Type de l'étude

Il s'agissait d'une étude rétrospective transversale à visée descriptive sur le Contrôle Qualité des Eaux au Laboratoire National de la Santé.

4. Échantillonnage

Notre échantillonnage était constitué de l'ensemble des échantillons d'eau analysés de janvier 2012 à décembre 2020.

5. Critères d'inclusion

Étaient inclus dans notre étude, tous les échantillons d'eau réceptionnés, analysés puis archivés au laboratoire national de la santé (LNS) de janvier 2012 à décembre 2020.

6. Critères de non inclusion

N'étaient pas concernés dans cette étude les échantillons d'eau analysés dont les informations suivantes ne sont pas disponibles : la provenance, le type et ainsi que le résultat de l'analyse.

7. Considération éthique

Notre protocole d'étude a été soumis et approuvé par la direction du LNS. Notre collecte des données fut réalisée selon la législation en vigueur et le strict respect de la confidentialité des résultats d'analyse.

8. Traitements de données

Les données ont été saisies dans un fichier Excel (base des données), puis elles ont été exportées dans le logiciel analyse statistique SPSS version 2020.

V. RESULTATS

A- Première partie : Données générales 2012-2020

Tableau II: Répartition des caractéristiques d'identification des échantillons d'eaux.

Caractéristiques d'identification		Nombre	Pourcentage
Localité	Bamako	1199	47,2
	Ségou	375	14,76
	Sikasso	349	13,74
	Koulikoro	337	13,26
	Kayes	175	6,88
	Mopti	56	2,2
	Tombouctou	36	1,41
	Gao	8	0,31
	Kidal	5	0,19
	Total	2540	100
Origine	Eaux souterraine	1515	59,64
	Production industrielle	637	25,07
	SOMAGEP	119	4,68
	Eaux pour manipulation au laboratoire	18	0,7
	Autres ¹	251	9,88
	Total	2540	100
Type	Eaux de forage	1311	51,62
	Eau minérale	481	18,93
	Eaux de surface	153	6,02
	Eaux usées	92	3,62
	Autres ²	503	19,8
	Total	2540	100

Autres¹ : Origines non déterminées.

Autres² : Types non déterminés.

Selon nos résultats, sur l'ensemble des échantillons analysés, le district de Bamako est la localité la plus représentée avec 1199 échantillons soit un taux de 47,20%. Par rapport à l'origine, les eaux souterraines ont constitué un taux de 59,64% et quant au type, les eaux de forage constituaient 51,61 %.

B- Deuxième partie : La conformité et les tableaux croisés.

Tableau III : Répartition des échantillons selon la conformité.

Conformité	Nombre	Pourcentage
Conforme	1250	49,21
Non conforme	1280	50,39
Autres ⁴	10	0,39
Total	2540	100

Autres⁴ : Conformités non déterminées.

Nos résultats ont montré que sur un total de 2540 échantillons d'eau prélevés et analysés 1250 étaient conformes soit un taux de 49,61% contre 1280 cas de non-conformité soit 50,39%.

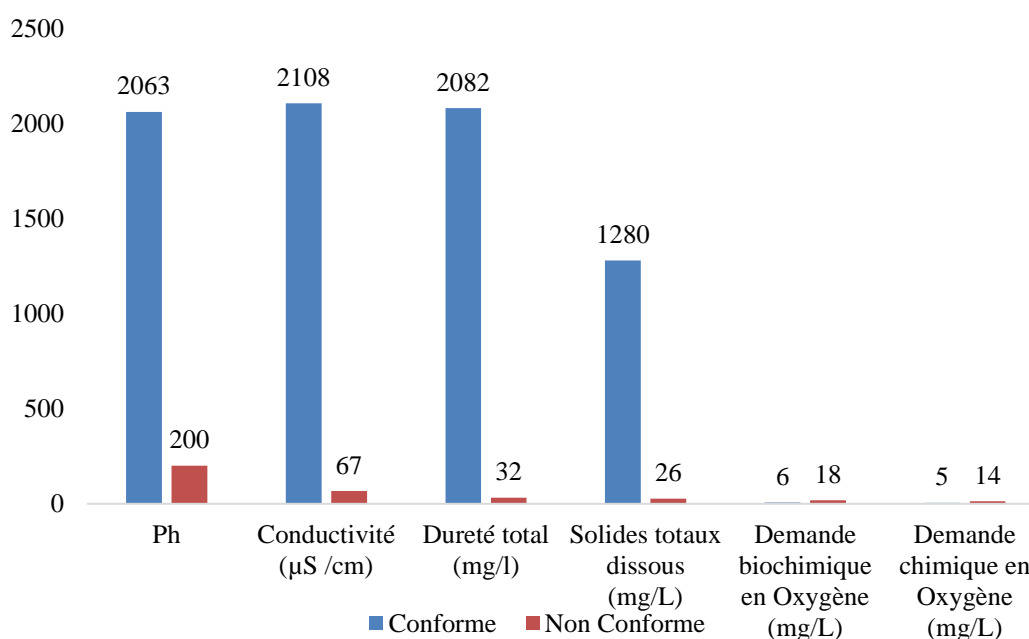


Figure 6 : Répartition des paramètres physicochimiques des échantillons analysés selon la conformité

Selon nos résultats le paramètre physicochimique le plus analysé était le pH avec 2263 tests dont 2063 résultats étaient conformes soit un taux de 91,16 % suivi par la conductivité avec 2108 conformes soit un taux de 96,91% ensuite la dureté avec 2082 conformes soit un taux de 98,48%.

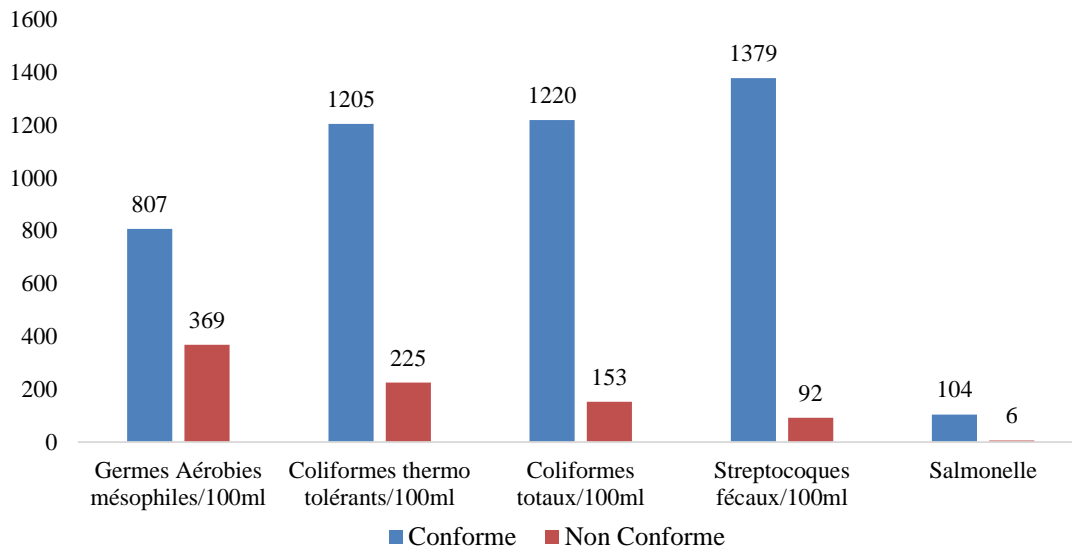


Figure 7 : Répartition des paramètres microbiologiques des échantillons analysés selon la conformité

Notre étude a montré que les paramètres microbiologiques les plus recherchés étaient les streptocoques fécaux avec 1471 tests réalisés sur lesquels 1379 étaient conformes soit un taux de 93,74 % de conformité.

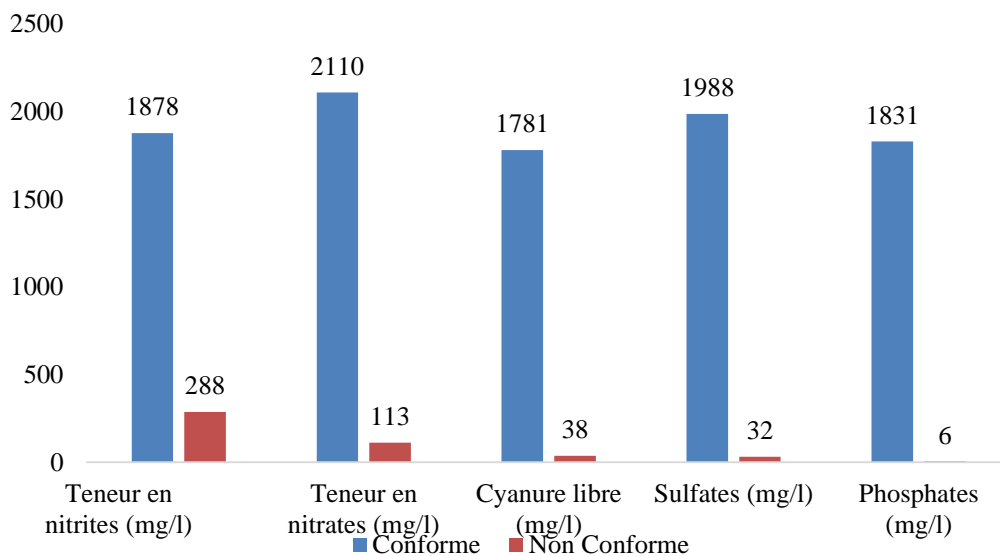


Figure 8 : Répartition des paramètres de potabilité échantillons analysés selon la conformité

Nos résultats ont montré que les nitrates étaient les paramètres de potabilité les plus analysés avec un total de 2223 tests dont 2110 étaient conformes soit un taux de 94,92%.

Tableau IV: Répartition des paramètres physicochimiques selon la source de l'eau.

Paramètres	Conformité	Sources				
		Eaux pour manipulation au laboratoire	Eaux souterraines	Productions industrielles	SOMAGEP	Total d'analyses
pH	Conforme	6	645	118	28	797
	Non conforme	3	152	23	5	183
Conductivité	Conforme	9	763	123	31	926
	Non conforme	0	46	1	0	47
Dureté	Conforme	2	717	129	32	880
	Non conforme	0	17	15	0	32
STD	Conforme	1	435	116	18	570
	Non conforme	0	18	0	0	18
DBO	Conforme	0	0	0	0	0
	Non conforme	0	0	6	0	6
DCO	Conforme	0	0	0	0	0
	Non conforme	0	0	0	0	0
Total d'analyses		21	2792	532	114	3459

Nos résultats ont montré que les eaux souterraines ont été les sources les plus analysées avec 2792 analyses sur 3459 soit un taux de 80,72 %.

Quant aux paramètres physicochimiques, le pH était conforme pour 797 sur 980 analyses soit un taux de 81,32 %. La conductivité comptait 926 analyses conformes sur 973 soit un taux de 95,17 %, ensuite venait la dureté avec un taux de 96,49 % conforme.

Tableau V: Répartition des paramètres physicochimiques selon le type d'eau

Type	Paramètres Physicochimique												Total d'analyses
	pH		Conductivité		Dureté		SDT		DBO		DCO		
	Conf	Non conf	Conf	Non conf	Conf	Non conf	Conf	Non conf	Conf	Non conf	Conf	Non conf	
Eau aromatisée	1	6	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	10
Eau de javel	1	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	4
Eau de robinet	28	5	31	0	32	0	18	0	0	0	0	0	114
Eau désionisée	3	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
Eau Distillée	1	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
Eau Filtrée	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	4
Eau minérale	112	13	117	1	122	0	111	0	0	0	0	0	476
Eau pour dialyse	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	4
Eau purifiée	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	4
Eaux de forage	547	106	618	39	586	17	385	15	0	0	0	0	2313
Eaux de puits	98	46	145	7	131	0	50	3	0	0	0	0	480
Eaux de surface	101	9	100	16	87	12	33	5	1	0	2	0	368
Eaux en sachet	3	2	4	0	5	0	2	0	0	0	0	0	16
Eaux usées	43	9	30	4	32	3	5	3	3	25	1	14	173
Total d'analyses	941	202	1056	67	999	32	608	26	4	25	3	14	3980

Nos résultats ont montré que les eaux de forage étaient les types les plus analysés avec 2313 soit un taux de 58,12 % de nos analyses.

Quant aux paramètres physicochimiques, le pH était conforme pour 941 soit un taux de 82,33 %, la conductivité et la dureté étaient conformes avec respectivement, 94,03% et 97%.

Tableau VI : Répartition des paramètres physicochimiques selon le mois de prélèvement

Mois	Paramètres microbiologiques												Total d'analyses
	Germe Aérobies mésophiles		Coliformes thermo tolérants		Coliformes totaux		Streptocoques fécaux		Salmonelle		E. coli		
	Conf	Non conf	Conf	Non conf	Conf	Non conf	Conf	Non conf	Conf	Non conf	Conf	Non conf	
Janvier	3	5	5	5	8	6	9	5	0	0	0	0	46
Février	20	49	56	18	58	14	64	8	0	0	0	0	287
Mars	21	41	49	17	51	16	57	8	0	0	0	0	260
Avril	20	14	31	36	33	33	52	15	16	0	3	0	253
Mai	20	38	55	25	56	9	67	19	32	0	0	1	322
Juin	20	37	46	17	52	5	55	9	1	0	0	0	242
Juillet	4	29	21	10	25	8	31	4	0	0	0	0	132
Août	13	27	19	22	28	14	35	4	0	0	0	0	162
Septembre	8	48	29	43	31	23	59	2	5	0	2	0	250
Octobre	12	28	36	8	35	9	45	0	0	0	0	0	173
Novembre	16	28	29	16	31	12	72	15	50	6	0	0	275
Décembre	9	23	25	8	28	4	30	3	0	0	0	1	131
Total d'analyses	166	367	401	225	436	153	576	92	104	6	5	2	2533

Selon nos résultats le mois de Mai est le mois le plus élevé des analyses avec 322 sur 2533 soit un taux de 13,10 %.

Quant aux paramètres microbiologiques, les streptocoques fécaux étaient les plus analysés avec 668 analyses dont 576 étaient conformes soit un taux de 86,23 %, concernant les coliformes totaux, sur 589 analyses réalisées 436 étaient conformes soit un taux de 74,03 %, pour les salmonelles 104 analyses étaient conformes sur 110 soit un taux de 94,54 %.

Tableau VII: Répartition des paramètres microbiologiques selon le type d'eau.

Type	Paramètres microbiologiques												Total d'analyses
	Germs Aérobie mesophiles		Coliformes thermo tolérants		Coliformes totaux		Streptocoques fécaux		Salmonelle		E. coli		
	Conf	Non conf	Conf	Non conf	Conf	Non conf	Conf	Non conf	Conf	Non conf	Conf	Non conf	
Eau aromatisée	5	1	7	0	7	0	7	0	0	0	0	0	27
Eau de javel	1	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	4
Eau de robinet	15	9	24	4	27	2	28	3	1	0	1	0	114
Eau désionisée	1	1	2	0	2	0	2	0	0	0	0	0	8
Eau Distillée	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Eau Filtrée	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Eau minérale	18	93	117	2	114	5	115	4	6	0	4	0	478
Eau pour dialyse	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	4
Eau purifiée	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	3
Eaux de forage	113	236	233	159	265	104	342	37	3	0	12	0	1504
Eaux de puits	9	20	11	36	14	35	30	19	0	1	0	1	176
Eaux de surface	0	4	0	2	1	3	40	8	47	1	0	1	107
Eaux en sachet	1	3	5	0	3	0	5	0	41	0	41	0	99
Eaux usées	3	1	2	22	2	4	5	21	2	0	0	0	62
Total d'analyses	166	369	403	225	438	153	578	92	100	2	58	2	2586

Nos résultats ont montré que les eaux de forages étaient plus élevées avec 1504 analyses sur 2586, soit 58,16 %.

Concernant les paramètres microbiologiques, les streptocoques fécaux étaient les plus analysés avec 670 analyses dont 578 étaient conformes soit un taux de 86,26 %, pour les coliformes thermotolérants, sur 628 analyses réalisées 403 étaient conformes soit un taux de 64,17 %.

Tableau VIII : Répartition des paramètres de potabilité selon le type d'eau.

Type	Paramètres de potabilité										Total d'analyses
	Nitrates		Nitrites		Cyanures		Sulfates		Phosphates		
	Conf	Non conf	Conf	Non conf	Conf	Non conf	Conf	Non conf	Conf	Non conf	
Eau aromatisée	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	4
Eau de javel	7	0	2	0	0	0	0	0	0	0	9
Eau de robinet	28	4	26	5	3	0	30	0	23	0	119
Eau désionisée	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Eau Distillée	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2
Eau Filtrée	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	4
Eau minérale	121	0	112	8	2	0	119	1	108	1	472
Eau pour dialyse	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	4
Eau purifiée	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	3
Eaux de forage	598	59	509	149	281	21	603	16	592	3	2831
Eaux de puits	121	33	104	50	80	2	119	2	104	1	616
Eaux de surface	106	7	71	42	50	10	53	8	49	0	396
Eaux en sachet	5	0	3	3	0	0	4	0	5	0	20
Eaux usées	32	10	15	28	31	5	36	5	34	1	197
Total d'analyses	1024	113	845	286	447	38	969	32	918	6	4678

Nos résultats ont montré que les eaux de forages ont été les plus élevées parmi les types d'eau avec 2831 analyses sur 4678 soit un taux de 60,52 %.

Quant aux paramètres de potabilité, les nitrates étaient conformes dans 1024 analyses sur 1137 soit un taux de 90,06 %, les nitrites étaient conformes dans 845 analyses sur 1131 soit un taux de 74,71 %, les cyanures étaient conformes dans 447 sur 485 soit un taux de 92,16 %.

Tableau IX : Répartition des paramètres de potabilité selon la localité.

Localité	Paramètres de potabilité										Total d'analyses
	Nitrates		Nitrites		Cyanures		Sulfates		Phosphates		
	Conf	Non conf	Conf	Non conf	Conf	Non conf	Conf	Non conf	Conf	Non conf	
Bamako	962	48	825	113	38	1	951	0	825	2	3765
Gao	7	1	6	0	0	0	5	2	6	0	27
Kayes	116	26	138	25	115	1	152	6	159	2	740
Kidal	4	1	3	2	0	0	4	1	5	0	20
Koulikoro	296	3	275	10	5	0	271	0	253	1	1114
Mopti	53	1	33	8	5	0	11	0	11	0	122
Ségou	345	25	309	62	299	19	310	0	311	0	1680
Sikasso	298	7	263	62	115	1	261	24	240	0	1271
Tombouctou	29	5	26	6	0	0	23	0	21	1	111
Total d'analyses	2110	117	1878	288	577	22	1988	33	1831	6	8850

Selon nos résultats le district de Bamako regroupait le plus grand nombre d'analyses avec 3765 sur 8850 soit un taux de 42,54 %.

Concernant les paramètres de potabilité, les nitrates étaient conformes dans 2110 analyses sur 2227 soit un taux de 94,75 %, les nitrites étaient conformes dans 1878 sur 2166 analyses soit un taux de 86,70 %, les cyanures étaient conformes dans 577 analyses sur 599 soit un taux de 96,33 %.

Tableau X : Répartition des paramètres toxicologiques selon la source.

Paramètres Toxicologiques	Conformité	Sources				Total analysé
		Eaux pour de laboratoire	Eaux souterraine	Production industrielle	SOMAGEP	
Plomb	Conforme	0	277	1	2	280
	Non conforme	0	52	0	0	52
Cadmium	Conforme	0	146	0	1	147
	Non conforme	0	26	0	0	26
Aluminium	Conforme	0	33	0	0	33
	Non conforme	0	20	0	0	20
Mercure	Conforme	0	77	0	2	79
	Non conforme	0	3	0	0	3
Sodium	Conforme	0	354	3	2	359
	Non conforme	0	0	2	0	2
Potassium	Conforme	0	319	5	0	324
	Non conforme	0	0	1	0	1
Calcium	Conforme	0	255	3	2	260
	Non conforme	0	0	3	0	3
Magnésium	Conforme	0	277	3	2	282
	Non conforme	0	0	2	0	2
Fer	Conforme	2	634	115	13	764
	Non conforme	0	112	5	3	120
Manganèse	Conforme	2	685	117	18	822
	Non conforme	0	44	12	0	56
Autres ³		0	1293	11	40	1344
Total d'analyses		4	4607	283	85	4979

Autres³ : Antimoine, Argent, Arsenic, Azote, Chlore libre, Chlore total.

Nos résultats ont montré que les souterraines étaient les sources les plus analysées avec 4607 analyses sur 4979 soit un taux de 92,53 %.

Quant aux paramètres toxicologiques, le fer était le plus analysé avec 884 analyses 764 étaient conformes soit un taux de 86,42 %, le plomb était conforme dans 280 analyses sur 332 soit un taux de 84,34 %, concernant le mercure, 79 analyses étaient conformes sur 82 soit un taux de 96,34 %.

VI. COMMENTAIRES ET DISCUSSION

Notre travail était basé sur l'étude du profil de la qualité des eaux analysées eau laboratoire national de la santé Bamako-Mali de 2012 à 2020.

- Caractéristiques d'identification

Au terme de cette étude nos résultats ont montré que sur l'ensemble des échantillons analysés, le district de Bamako a représenté 1199 échantillons soit un taux de 47,20%.

Quant aux origines, les eaux souterraines constituaient un taux de 59,64% et quant aux types, les eaux de forage constituaient 51,61 %.

Ces résultats se rapprochent de ceux de **Coulibaly. K en 2005** [61] qui a trouvé que 50,7 % des eaux analysées étaient d'origine souterraine.

Cela serait dû à la facilité d'accès aux eaux souterraines notamment les puits, les pompes et les forages.

- Paramètres physicochimiques

Selon nos résultats le paramètre physicochimique le plus analysé était le pH avec 2263 tests dont 2063 résultats étaient conformes soit un taux de 91,16 % suivi de la conductivité avec 2108 conforme soit un taux de 96,91% ensuite la dureté avec 2082 conforme soit un taux de 98,48%.

Ces résultats se rapprochent de ceux de **Ouniry Jean** [62] qui a trouvé 75 % des analyses conformes pour le pH et 88 % des analyses conformes pour la conductivité.

Cela serait dû à la nature du sol et aux différents processus de traitement de l'eau.

- Paramètres de potabilité

Selon nos résultats, les eaux de forages ont été les types d'eau les plus analysés avec 2831 analyses sur 4678 soit un taux de 60,52 %.

Quant aux paramètres de potabilité, les nitrates étaient conformes dans 1024 analyses sur 1137 soit un taux de 90,06 %, les nitrites étaient conformes dans 845 analyses sur 1131 soit un taux de 74,71 %. Ces résultats se rapprochent de ceux de **M. Diallo** [63] qui a obtenu 58,9 % et 62,2 %.

Les cyanures étaient conformes dans 447 sur 485 soit un taux de 92,16 %, ces résultats sont similaires à ceux du rapport du **Ministère de l'Energie, des Mines et de l'Eau** [64] qui a obtenu 93,32 % des analyses conformes pour les cyanures.

Cela serait dû à la pollution des eaux par les activités minières dans les zones d'orpaillages.

- **Paramètres toxicologiques**

Nos résultats ont montré que les souterraines étaient les sources les plus analysées avec 4607 analyses sur 4979 soit un taux de 92,53 %.

Quant aux paramètres toxicologiques, le fer était le plus analysé avec 884 analyses 764 étaient conformes soit un taux de 86,42 %, le plomb était conforme dans 280 analyses sur 332 soit un taux de 84,34 %, concernant le mercure, 79 analyses étaient conformes sur 82 soit un taux de 96,34 %, ces résultats se rapprochent de **Ernest Kouassi AHOUSI en Côte d'Ivoire** [65] qui a trouvé 74,53 % des analyses conformes pour le fer, 70,54 % conforme pour le Plomb et 92,45 % pour le mercure.

Cela serait dû à la pollution des eaux par les activités minières et aussi aux matériaux de canalisation des ménages.

- **Paramètres microbiologiques**

Selon nos résultats le mois de Mai est le mois le plus élevé des analyses avec 332 sur 2533 soit un taux de 13,10 %.

Quant aux paramètres microbiologiques, les streptocoques fécaux étaient les plus analysés avec 668 analyses dont 576 étaient conformes soit un taux de 86,23 %, concernant les coliformes totaux, sur 589 analyses réalisées 436 étaient conformes soit un taux de 74,03 %, pour les salmonelles 104 analyses étaient conformes sur 110 soit un taux de 94,54 %.

Ces résultats sont similaires à de ceux de **N'DIAYE** [12] qui a trouvé une qualité bactériologique douteuse à cause du nombre de germes retrouvés tels que les streptocoques fécaux 70% conformes, les coliformes totaux 81 % conformes et les salmonelles 90 % conformes.

Cela serait dû à une insuffisance des mesures d'assainissement.

VII. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

- Conclusion

Au terme de ce travail, les prélèvements ont été effectués sur toutes les régions du pays et le district de Bamako avait les nombres d'échantillon et d'analyse les plus élevés.

Concernant les types et les sources, nos résultats ont montré que les eaux de forages étaient le type le plus analysé et les eaux souterraines étaient la source la plus analysée.

Concernant la conformité, nos résultats ont montré que sur l'ensemble des échantillons analysés près de la moitié étaient conformes. La non-conformité, elle touchait en premier lieu les eaux souterraines ensuite venaient les eaux de productions industrielles. Le fer et le manganèse étaient les paramètres toxicologiques les plus fréquents du fait de leurs importances sanitaires et ils étaient conformes en majorité. Le pH était le paramètre physicochimique le plus analysé suivi de la conductivité avec des taux de conformités élevés. Les nitrates et les nitrites ont été les paramètres de potabilité les plus analysés et conformes en général. Les paramètres microbiologiques les plus recherchés étaient les streptocoques fécaux avec un bon taux de conformité.

Au regard des résultats obtenus qui montrent des taux de conformité élevés, il existe aussi des taux de non-conformités négligeables, il serait souhaitable de poursuivre ces missions et de mettre en place des services de contrôle qualité des eaux aux niveaux régionaux afin d'analyser puis mettre à la disposition des populations des eaux de bonnes qualités et potables.

- **Recommandations**

Au terme de notre étude nous formulons les recommandations suivantes :

- ❖ **Aux autorités politiques et sanitaires**
 - Renforcer les capacités des laboratoires d'analyses des eaux ;
 - Réglementer les distances d'installations de forages et des puits aux dépotoirs.
- ❖ **Au Laboratoire National de la Santé (LNS)**
 - Procéder régulièrement aux missions de surveillance des eaux en vue de leur contrôle de qualité ;
 - Bien archiver les registres avec toutes les informations sur les résultats des analyses du laboratoire ;
 - Former plus d'agents dans la maîtrise des appareils et des techniques de contrôle de qualité des eaux.
- ❖ **Aux ménages**
 - Respecter les distances règlementaires établit par les autorités sanitaires entre les sources d'eaux et les déchets ;
 - Javéliser les eaux de puits destinées à la consommation.

VIII. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Organisation Mondiale de la Santé. 2,1 milliards de personnes n'ont pas d'eau potable à domicile et plus du double ne dispose pas d'assainissement. 2020 ; consulté le 11 juin 2020. Disponible sur : <https://www.who.int/fr/news-room/detail/12-07-2017-2-1-billion-people-lack-safe-drinking-water-at-home-more-than-twice-as-many-lack-safe-sanitation>
2. RODIER J. L'analyse de l'eau Eaux naturelles- eaux résiduelles- eau de mer, 9^e édition, éditeur : Dunod 17/06/2009, consulté le 05/07/2020, disponible sur www.chapitre.com/BOOK/jean-rodier
3. Gouvernement du Canada. Sources d'eau. 12/02/2018 ; consulté le 12 juin 2020. Disponible sur <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/eau-aperçu/sources.html>
4. DIARRA Awa. Etude bactériologique des eaux de forages et de puits de Bamako. Thèse de Pharmacie Bamako 2010.
5. Agence du bassin du fleuve Niger (ABFN). Rapports de mission dans le cercle de Kangaba (2015). Bamako (2015), disponible du www.abfn-mali.org/node/7
6. Ministère de l'Energie et de l'eau. Rapport annuel d'activité 2018. 2018 ; page 19. Disponible sur : https://dnhmali.org/IMG/pdf/DF_Rapport_d_activite_de_2018-DNHMali
7. Nations Unies Département des affaires économiques et sociales (UNDESA). Décennie internationale d'action 2005-2015 ; disponible sur <https://www.un.org/fr/watherforlifedecade/themes/quality.shtml>
8. NATIONS UNIES. Assurer un environnement durable. Objectifs du Millénaire pour le développement, rapport 2012. New York 12-24533 Juin 2012-2000.
9. HOEK, W., KONRADSEN, F. & JEHANGIR, W. A. 1999. Domestic Use of Irrigation Water: Health Hazard or Opportunity? *Water Resources Development*, 15:1-2
10. United Nations Environnement Programme (UNEP). Africa Environnement Outlook2 : Our Environnement Our health ; revue p126-128.
11. SANDJA TANGUILIA. Contribution à l'étude de la qualité hygiénique de l'eau de boisson vendue en sachet dans les différents lieux publics de la ville de Kisangani : Cas de la commune de Mangobo Junior. KISANGANI : UNIVERSITE DE KISANGANI ;2013 ; consulté le 10 avril 2020.
12. Anna N'DIAYE. Etude bactériologique des eaux de boissons vendues en sachet dans quatre communes d'Abidjan [thèse]. Bamako : Faculté de Médecine, de Pharmacie et d'Odonto-stomatologie ; le 25 aout 2008.
13. Cellule de Planification et de Statistique (CPS/SSDSPF), Institut National de la Statistique (INSTAT/MPATP), INFO-STAT et ICF
14. Association Forage Mali. Guide pour la Réalisation de Forages au Mali. Consulté le 14 Décembre 2020 sur l'URL : http://www.pseau.org/outils/ouvrages/forages_mali_guide_pour_la_realisation_de_forages_au_mali_2011.pdf
15. FAO (Food and Alimentation Organisation). Résumé pour les décideurs ; consulté le 21 mai 2021, disponible sur <https://www.fao.org/resume-pour-les-decideurs-pdf>

16. Hassoune El M., El kettani S., Koulali Y., et Bouzidi A., (2010). Bacteriological contamination of ground water from wastewater of Settat-city, Morocco. Rev. Microbiol. Ind. San et Environn. Vol 4, N°1, p: 1-21
17. OMS. Eau et assainissement ; Principales maladies liées à l'eau (2021), consulté le 10 avril 2021 ; disponible sur https://www.who.int/water_sanitation_health/diseases/fr/
18. Bernard festy, Philippe Hartmann, martin ledrans, Patrick levallois, pierre payment, Dominique tricard. Qualité de l'eau. 2003 ; consulté le 11 juin 2020. Disponible sur : https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://espum.umontreal.ca/fileadmin/espum/documents/DSEST/Environnement_et_sante_publicue_Fondements_et_pratiques/19Chap13.pdf&ved=2ahUKEwitmaaH8frpAhVsDWMBHXUgBWcQFjABegQIDRAG&usg=AOvVaw30R19TWYepK-SP3SihTwFo
19. J. BOYER. PRECIS D'HYGIENE ET DE MEDECINE PREVENTIVE : HYGIENE ALIMENTAIRE. PARIS : J.B BAILLIERE & FILS ; 2013.
20. VILAND M., MONTIEL A. Guide pratique pour les intervenants en milieu rural africain, Eau et Santé Programme solidarité Eau, Edition de Gret France, mars 2001.
21. BATOUL BENKADDOUR. Contribution à l'étude de l'eaux et des sédiments de l'Ouest Cheliff (Algérie), 02/10/2018. Thèse de docteur en Pharmacie.
22. Yacouba YOUKANABA. 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]. Bamako : Faculté de Médecine de Pharmacie et d'Odontostomatologie ; le 05 mai 2011.
23. Nestlé Waters. L'eau : un besoin vital. Consulté le 25 avril 2020. Disponible sur : <https://www.nestle-waters.fr/boire-plus-boire-mieux/1-5-litres-d-eau-par-jour/un-besoin-vital>
24. JAQUE BEAUCHAMP. L'eau et le sol : Principes et processus physiques. Juillet 2006, consulté le 08/02/2021, disponible sur <http://www.u-picardie.fr>
25. Olivier Hoedeman et Satoko Kishimoto, L'eau un bien public, Paris, édition Charles L ? janvier 2011, 322P.
26. Assistance scolaire personnalisée (asp). L'eau est un solvant. Consulté le 07/04/20, disponible sur www.assistancescolaire.com
27. OUMOU SAMBA GASSAMBE, contribution a une meilleure connaissance de la réglementation et de la composition physicochimique des différentes marques d'eau minérale vendues au Mali. 2012. Thèse de Pharmacie Bamako.
28. Maison des Eaux Minérales Naturelles, caractéristiques, Consulté le Mercredi 02 mars 2020, disponible sur <http://www.eaumineralenaturelle.fr/#/model1/carracteristique>
29. FAO. Code de l'eau. Article 5, consulté le 01/01/2021, disponible sur www.faolex.fao.org
30. Jean Barbier, Dis-moi petite source...Quelques secrets des nades. ed. Persée, 2010, p 169.

31. ENAF EPFL. Cycle et Bilan Hydrologiques. Chapitre 1, consulté le 25/08/2020, disponible sur <https://echo2.epfl.ch.html>
32. AGENCE DE L'EAU : ARTOIS PICARDIE. Le grand cycle de l'eau (cycle naturel), publié le 24/07/2015, disponible sur <https://www.eau-artois-picardie.fr>
33. OMS, LANOX J.M, ROY M.L. Manuel du technicien sanitaire (2020), consulté le 21/07/2020, disponible sur <http://apps.who.int/handle>
34. COULIBALY K. Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau des puits de certains quartiers du district de Bamako. 2004-2005 Thèse de Pharmacie Bamako 2005.
35. MILLER TOLEDO. pH METER, Wide Range og pH and Conductivity Meters for Laboratory and Field Use, consulté le 12/10/2020, disponible sur <https://www.mt.com/Laboratory> Analytics pH Meter
36. HACH. B Right. ANALYTICAL PROCEDURES FOR DR/5000 UV-Vis. Consulté le 21/06/2020; disponible sur <https://www.hach.com:procedures-manuel-dr-5000>
37. BABA 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. 2012.
38. Alassane Coulibaly. Approvisionnement, Consommation de L'eau Potable Et Assainissement En commune I de Bamako : Le Cas de Bankoni et de Djelibougou. 2009. Thèse de Pharmacie.
39. Hamadoun Traore. Stratégies d'accès à l'eau potable et aux infrastructures d'assainissement à Bamako. 20/09/2009 0 Aix-Marseille, thèse de doctorat en Pharmacie
40. OMS, Directive de la qualité pour l'eau de boisson, quatrième édition (2017), consulté le 03/05/2020, disponible sur www.who.int/water_sanitation_health
41. Q-eau-Mali. Normes et Paramètres pour eau potable, consulté le 02/07/2020, disponible sur <http://q-eau-mali.net>
42. Cissé FAYE S. Rapport technique final, UCAD, 2009, p 9 consulté le 06/05/20, disponible sur www.idl-bnc-idrc.dspacedirect.org
43. SAMAKE H. Analyse physico-chimique et bactériologique au LNS des eaux de consommation de la ville de Bamako durant la période 2000-2001. Thèse de Pharmacie Bamako 2002.
44. CHEBEKOUÉ S. F. Évaluation du risque cancérigène associé à la contamination de l'eau potable de puits municipaux par les nitrates/nitrites dans certaines régions rurales du Québec. Mémoire de maîtrise en Santé environnementale et santé au travail, Université de Montréal 2008.
45. Institut National de Sante Public du Québec, Groupe scientifique sur l'eau. Fiche Nitrate/ Nitrite. Consulté le 30/11/2020, disponible sur <http://mobile.inspq.qc.ca>
46. 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.
47. 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, 20 p. Édition : 2000-0322. Consulté le 08/02/2021, disponible sur www.cea.qc.ca
48. AGRO-BASF. Les pesticides sont-ils un danger pour l'environnement? Consulté le 10/09/2020, disponible sur <http://www.agro.basf.fr>
 49. AquaWaterEau corporation. Analyse d'eau. Consulté le 04/01/2021, disponible sur www.aquawatereau.com/analyses-deau
 50. Coumare K, Diallo T, Haidara A et al. Qualité bactériologique des eaux de consommation. Revue Malienne d'infectiologie et de microbiologie 2018, Tome 1, disponible sur www.revues.ml/index.php/remim
 51. HACH Be Right. DR 5000 UV-Vis Laboratory Spectrophotometer ; Fiche d'information ; disponible sur <https://pdf.archiexpo.com/pdf/hach/dr-5000-spectrophotometer.html>
 52. Laboratoire BLS. Analyses microbiologiques. Consulté le 12/09/2021 ; disponible sur <https://labobls.com/index.php/analyses-microbiologiques/>
 53. ISO. Qualité de l'eau-Dénombrement-des microorganismes ; disponible sur <https://www.iso.org>
 54. A.M. CISSE : Ministère des Mines, de l'Énergie et de l'Eau (souci de garantir les fournitures d'eau et d'électricité). L'essor quotidien du lundi le 150 septembre 2008 ; Edition N° 16285.
 55. DATALAB. ANTONI V. Eaux et milieux aquatiques. Rapport de 2020, p 41, consulté le 24/11/20, disponible sur www.epsilon.fr
 56. C.N.R.S Le journal. Les procédés classiques de traitement des eaux 2021, consulté le 02/01/2021, disponible sur <http://www.smeal-lapan.fr/eau/default.asp?p=17>
 57. PRE-CCAFRICA sur les systèmes nationaux de contrôle des aliments. Atelier du 28 Janvier 2013 (Yaoundé).
 58. KOUAMBA GWALENG Armanda, processus d'homologation des médicaments au Mali : cas des antibiotiques et des antipaludiques en 2016, 2017-2018. Thèse de Pharmacie.
 59. Courage kamusoko (2017). Bamako metropolitan Area. In Yuji Murayama; et al. Edition Urban développement in Asia and Africa. pp 275-292.
 60. Futura science La chimie générale, Tableau périodique des éléments. Consulté le 12 avril 2021, disponible sur http://www.futurascience.org/w/index.php?title=Tableau_p%C3%A9riodique_des_%C3%A9l%C3%A9ments&oldid=181824907
 61. Coulibaly. K. Etude de la qualité physicochimique et bactériologiques des eaux de puits dans le district de Bamako. Thèse de Pharmacie-FMPOS. 2005.
 62. Ouniry Jean Ives. Etude de paramètres physicochimiques des eaux de consommation de d'Abidjan. Thèse DEA chimie appliquée. 2014.
 63. M Diallo. Etude des paramètres physicochimique et bactériologiques des eaux de puits en fonction du traitement à l'hypochlorite de sodium. Thèse de Pharmacie-FMPOS. 2008.
 64. Ministère de l'Énergie, des Mines et de l'Eau. Etat des Ressources en Eau et leur cadre de Gestion. Rapport final 2017.

- 65.** International Journal of Biological and Chemical Science. Ernest Kouassi AHOUSI. Etude des caractéristiques hydrogéochimiques des eaux de consommation la zone de Man (Côte d'Ivoire). Décembre 2018

Annexe N°1 : Les normes

Les normes MALINORM

Paramètres physico-chimie :	Critères eau souterraine	Eau minérale	Eau distillée	Eau de puits	Eau de fontaine	Eau de robinet	Eau désionisée	Eau de forage
pH	$5,5 \leq \text{pH} \leq 9$	$5,5 \leq \text{pH} \leq 9$	5,0 à 7,5	$5,5 \leq \text{pH} \leq 9$	$5,5 \leq \text{pH} \leq 9$	$5,5 \leq \text{pH} \leq 9$	5,0 à 7,5	
Dureté totale (mg/l)	≤ 500	≤ 500		≤ 500	≤ 500	≤ 500		$5,5 \leq \text{pH} \leq 9$
Teneur en nitrates (mg/l)	≤ 50	≤ 50		≤ 50	≤ 50	≤ 50		≤ 500
Nitrite (mg/l)	$\leq 0,02$	$\leq 0,02$		$\leq 0,02$	$\leq 0,02$	$\leq 0,02$		≤ 50
Solides totaux dissous (mg/l)	≤ 1200	–		≤ 1200	≤ 1200			$\leq 0,02$
Fer (mg/l)	$\leq 0,3$	$\leq 0,3$		$\leq 0,3$	$\leq 0,3$	$\leq 0,3$		≤ 1200
Manganèse (mg/l)	$\leq 0,5$	$\leq 0,5$		$\leq 0,5$	$\leq 0,5$	$\leq 0,5$		$\leq 0,3$
Conductivité ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	≤ 1500	≤ 1500	≤ 5	≤ 1500	≤ 1500	≤ 1500	≤ 5	$\leq 0,5$
Sulfates (mg/l)	≤ 500	≤ 500		≤ 500	≤ 500	≤ 500		≤ 1500
Phosphate (mg/l)	≤ 5	≤ 5		≤ 5	≤ 5	≤ 5		≤ 500
Cyanures libres (mg/l)	$\leq 0,07$					$\leq 0,07$		≤ 5
Chlorure (mg/l)	≤ 250				≤ 250			
Bicarbonate (mg/l)	≤ 400							
Sodium (mg/l)	≤ 400					≤ 400		
Potassium (mg/l)	≤ 100					≤ 100		
Zinc (mg/l)	≤ 3							
Plomb (mg/l)	$\leq 0,01$							
Chrome totale (mg/l)	$\leq 0,05$							
Magnésium (mg/l)	≤ 100					≤ 100		
Calcium (mg/l)	≤ 400					≤ 400		
Arsenic (mg/l)	$\leq 0,01$							
Cuivre (mg/l)	≤ 1							
Nikel (mg/l)	$\leq 0,02$							
Argent (mg/l)	$\leq 0,05$							
Cadmium (mg/l)	$\leq 0,003$							
Matières oxydables teneur en oxygène (mg/l)			$\leq 0,4$				$\leq 0,4$	
Fluorure (mg/l)	$\leq 0,5$							
Degré Chlorométrique (°CHL.)								
Bactériologique								

⋮								
Germes aérobies mésophiles	≤ 100	≤ 100	≤ 100	≤ 100	≤ 100		≤ 100	
Coliformes totaux	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 10		≤ 10	≤ 100
Coliformes thermo tolérants	0	0	0	0			0	≤ 10
Streptocoques fécaux	0	0	0	0			0	0
Escherichia coli					0			0

Les paramètres physicochimiques, toxicologiques et de potabilité MALINORM [4].

Paramètres	Méthodes	Critères*
pH	Electrochimie	$5.5 \leq \text{pH} \leq 9$
Conductivité ($\mu\text{S/cm}$)	Electrochimie	≤ 1500
SDT (mg/L)	Electrochimie	≤ 1200
Fer (mg/l)	SAA	$\leq 0,3$
Manganèse (mg/l) ...	SAA	$\leq 0,5$
Arsenic (mg/l)	SAA	$\leq 0,01$
Plomb (mg/l)	SAA	$\leq 0,01$
Magnésium (mg/l) ...	SAA	≤ 100
Calcium (mg/l)	SAA	≤ 400
Potassium (mg/l)	SAA	≤ 100
Sodium (mg/l)	SAA	≤ 400
Argent (mg/l)	SAA	$\leq 0,05$
Cuivre (mg/l)	SAA	≤ 1
Zinc (mg/l)	SAA	≤ 3
Chrome (mg/l)	SAA	$\leq 0,05$
Teneur en nitrates (mg/l)	Spectro UV Visible	≤ 50
Teneur en nitrites (mg/l)	Spectro UV Visible	$\leq 0,02$
Cyanures libres (mg/l)	Spectro UV Visible	$\leq 0,07$
Sulfates (mg/l)	Spectro UV Visible	≤ 500
Phosphates (mg/l)	Spectro UV Visible	≤ 5
DBO (O/L)	DBO-mètre	≤ 50
DCO (O/L)	Colorimétrie	≤ 150
Dureté total (mg/l)	Titrimétrie	≤ 500

Les normes ISO des paramètres microbiologiques [53].

Paramètres	Méthodes	Critères
GAM/100ml	NF EN ISO 6222	≤ 100
Streptocoques fécaux/100 ml	NF EN ISO 7899-2	0
Coliformes totaux/100ml	NF EN ISO 9308-1	≤ 10
Coliformes thermo tolérants/100 ml	NF EN ISO 9308-1	0

Annexe N°2 : Fiche signalétique

Nom : SANOGO

Prénom : SOULEYMANE

Titre de la thèse : Profil de la qualité des eaux analysées au Laboratoire National de la Santé de Bamako-Mali de 2012 à 2020.

Année académique : 2020-2021

Ville de Soutenance : Bamako

Lieu de dépôt : Bibliothèque de la Faculté de Médecine, de Pharmacie et d'odontostomatologie.

Tel : (00223) 79666038 / (00223) 66564505

Secteur d'intérêt : Contrôle qualité

Résumé : l'eau constitue 70 % de la surface de la terre et pourtant 30 % de la population mondiale n'en a pas accès direct. Sa gestion consiste à protéger, planifier et développer des stratégies d'accès à une eau de qualité.

L'objectif général de notre étude était d'étudier le profil de la qualité des eaux analysées au Laboratoire National de la Santé de Bamako-Mali de 2012 à 2020.

Au total 2540 échantillons ont été analysés dont 1280 non conformes soit un taux de 50,39 % et les eaux souterraines étaient plus non conformes. Le pH était le paramètre physicochimique le plus analysé. Le plomb et le mercure étaient présents dans respectivement 6 % et 3 % des échantillons.

Mots-clés : Contrôle qualité, Eaux, Profil, Conformité, Mali.

Annexe N°3 : Photos de appareils du SCQE du LNS



Photo 1 : Spectromètre à flamme 410



Photo 2 : Spectromètre UV-Vis DR 5000



Photo 3 : Duromètre Multi-Dosimat 645



Photo 4 : Multi-paramètre INOLAB pH 740



Photo 5 : Terminal INOLAP 740 (pH-Conductivité)



Photo 6 : Turbidimètre HI 98703



Photo 7 : Photomètre 7100



- Photo 8 : Spectrophotomètre d'Absorption Atomique Perkin Elmer PinAAcle 900T

Annexe N°4 : Serment de Galien.

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 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.