

MINISTRE DES ENSEIGNEMENTS SECONDAIRE,
SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

00925
REPUBLIQUE DU MALI
UN PEUPLE - UN BUT - UNE FOI

UNIVERSITE DU MALI

FACULTE DE MEDECINE, DE PHARMACIE ET
D'ODONTO - STOMATOLOGIE

ANNEE : 2000

Thèse N° : 25 /

**EVALUATION SAISONNIERE DE
QUELQUES PARAMETRES DE CONTRÔLE
DE LA QUALITE DE L'EAU DU RESEAU
D'ADDUCTION DE LA VILLE DE BAMAKO**

THESE

Présentée et soutenue publiquement le 26 février 2000

Devant la Faculté de Médecine, de Pharmacie et d'Odonto - Stomatologie

Par :

Brahima KANE

Pour obtenir le grade de : Docteur en Pharmacie
(DIPLÔME D'ETAT)

JURY

Président : Pr. Boubacar Sidiki CISSE

Membres : Pr. Ousmane DOUMBIA

Mr. Abdoulaye KONE

Directeur de thèse : Dr. Ababacar I MAIGA

D.E.R. DES SCIENCES PHARMACEUTIQUES

1. PROFESSEUR

Mr Boubacar Sidiki CISSE Toxicologie

2. MAITRES DE CONFERENCES AGREGES

Mr Arouna KEITA Matière Médicale
Mr Ousmane DOUMBIA Pharmacie Chimique

3. MAITRES DE CONFERENCES

Mr Boulkassoum HAIDARA Législation
Mr Elimane MARIKO Pharmacologie, **Chef de D.E.R.**

4. MAITRES ASSISTANTS

Mr Drissa DIALLO Matières Médicales
Mr Alou KEITA Galénique
Mr Ababacar I. MAIGA Toxicologie
Mr Yaya KANE Galénique

D.E.R. DE SANTE PUBLIQUE

1. PROFESSEUR

Mr Sidi Yaya SIMAGA Santé Publique, **Chef de D.E.R.**

2. MAITRE DE CONFERENCES AGREGE

Mr Moussa A. MAIGA Santé Publique

3. MAITRES DE CONFERENCES

Mr Yanick JAFFRE Anthropologie
Mr Sanoussi KONATE Santé Publique

4. MAITRES ASSISTANTS

Mr Bocar G. TOURE Santé Publique
Mr Adama DIAWARA Santé Publique
Mr Hamadoun SANGHO Santé Publique
Mr Massambou SACKO Santé Publique

CHARGES DE COURS & ENSEIGNANTS VACATAIRES

Mr N'Golo DIARRA	Botanique
Mr Bouba DIARRA	Bactériologie
Mr Salikou SANOGO	Physique
Mr Bakary Y. SACKO	Biochimie
Mr Sidiki DIABATE	Bibliographie
Mr Boubacar KANTE	Galénique
Mr Souléyman GUINDO	Gestion
Mme DEMBELE Sira DIARRA	Mathématiques
Mr Modibo DIARRA	Nutrition
Mme MAIGA Fatoumata SOKONA	Hygiène du Milieu
Mr Arouna COULIBALY	Mathématiques
Mr Mamadou Bocary DIARRA	Cardiologie
Mr Mahamadou TRAORE	Génétique
Mr Souleymane COULIBALY	Psychologie Médicale

ENSEIGNANTS EN MISSION

Pr. A.E. YAPO	BIOCHIMIE
Pr. M.L. SOW	MED. LEGALE
Pr. Doudou BA	BROMATOLOGIE
Pr. M. BADIANE	PHARMACIE CHIMIQUE
Pr. Babacar FAYE	PHARMACODYNAMIE
Pr. Eric PICHARD	PATHOLOGIE INFECTIEUSE
Pr. Mounirou CISSE	HYDROLOGIE
Dr. G. FARNARIER	PHYSIOLOGIE

DEDICACES

Au tout Puissant Allah

A. Toi la louange, Ô la lumière des cieux; de la terre et de ce qu'ils renferment. Gloire à toi de nous avoir assistés de ta lumière et en toute circonstance matin et soir.

Au Prophète Mouhammad

Que les bénédictions et la paix de Dieu soient sur toi. Nous te témoignons nos respects et notre gratitude pour tout ce que tu as fait pour le bien de l'humanité.

A mon grand-père Feu *Doussoumory Kané*

A Mes grand-mères Feues *Kateba Berthé*

Awa Sogoré

Votre souci pour faire de vos descendants des hommes vous obligeaient à vous surpasser. En cet instant ma pensée va vers vous. Que Dieu le tout Puissant vous accueillent dans sa miséricorde !

A mes pères Feu *Ichiaka Kané*

Feu *Boua Kané*

Zoumana Kané

Mory Kané

Vous avez fait d'énormes sacrifices pour vos enfants, et vous n'avez jamais cessé de nous prodiguer des conseils pour le droit chemin. Que votre simplicité et votre respect pour les autres me servent d'exemples !

A mes mères *Doussou Keita*

Kindia Dialla

Sitan Sogoré

Awa Diakité

Mama Camara

Bintou Sogoré

Vous avez guidé mes pas, veillé sur moi et vous m'avez toujours entouré de cette tendresse que seules les mères sont capables d'offrir. Je vous demande pardon et votre bénédiction nuits et jours. Je ne trouverai pas de mot ici pour vous exprimer mes sentiments.

A mes frères et sœurs

Votre soutien sans réserve et vos encouragements m'ont permis d'affronter beaucoup d'épreuves. Ce travail est le vôtre. A vous toute ma reconnaissance.

A tous mes oncles et tantes

A tous mes *cousins et cousines*

Pour votre sympathie et votre solidarité a mon égard.

REMERCIEMENTS

A ma sœur *Fatoumata Mory Kané*

Votre attachement et votre soutien m'ont permis d'achever ce travail. Que le tout Puissant nous assiste dans nos entreprises.

A Mes amis

<i>Moussa</i>	<i>Diallo</i>	<i>Abdoulaye</i>	<i>Dicko</i>
<i>Amady</i>	<i>Keita</i>	<i>Issa</i>	<i>Berthé</i>
<i>Mahamadou</i>	<i>Berthé</i>	<i>Mankan</i>	<i>Tounkara</i>
<i>Samba</i>	<i>Soumaré</i>	<i>Cheick T</i>	<i>Cissé</i>
<i>Abdoulaye</i>	<i>Konté</i>	<i>Cheick M</i>	<i>Talle</i>
<i>Louis</i>	<i>Diallo</i>	<i>Soumaïla</i>	<i>Keïta</i>
<i>Balla</i>	<i>Camara</i>		

A tous mes camarades de promotion plus particulièrement :

<i>Abdoulaye</i>	<i>Dicko</i>	<i>Fatoumata B Samaké</i>
<i>Mahamadou</i>	<i>Koné</i>	<i>Fatoumata B Kanta</i>
<i>Malik</i>	<i>Traoré</i>	<i>Nana M Kattrra</i>
<i>Adama</i>	<i>Traoré</i>	<i>Aissata Semega</i>
<i>Patrice T</i>	<i>Pagné</i>	<i>Sali Konaté</i>
<i>Kabiné</i>	<i>Diané</i>	<i>Kagné Traoré</i>
<i>Abdoule Majid</i>	<i>Traoré</i>	<i>Saran Sangaré</i>
<i>Didier Bario</i>	<i>Dombaïte</i>	<i>Goudoté Rachel</i>

Nous avons passé des moments de joie et de peine durant six petites années. Que Dieu nous réserve de très belles surprises dans notre vie.

Aux familles *Sadio Cissé.*

Feu Bocane Dicko

Abdoul Kader Samaké

Bassirou Keïta et tous les ressortissants de Badougou Djoliba

Vous n'avez ménagé aucun effort pour me faciliter ce travail. Je n'oublierai jamais votre constante disponibilité.

Aux Personnels et aux Stagiaires de l'ASACODJE

Aux Personnels et aux Stagiaires du laboratoire de la qualité des eaux

En témoignage des moments passés ensemble

Aux Personnels des pharmacies :

Hirondelle

Ami Diadié

Ben

Amany

Boubacar Sidibé

Soukhoulé

Aux Personnels du groupe Infotel (L.G.I.M)

Pour votre sympathie et votre solidarité à mon égard. Que Dieu préserve l'entente et la compréhension qui a toujours existé entre nous.

A Notre maître et président de jury
Professeur Boubacar Sidiki CISSE
Professeur de toxicologie
Recteur de l'Université du Mali

C'est un grand honneur que vous nous accordez en acceptant de présider ce jury malgré vos multiples préoccupations. Votre attachement à l'enseignement et au partage scientifique est reconnu au-delà de nos frontières et font de vous un maître exemplaire.

C'est vous qui nous avez inspiré ce travail et tout au long de son exécution vous n'avez cessé d'apporter vos appréciations.

Soyez assuré de notre admiration et de notre profonde gratitude.

A Notre maître et juge
Professeur Ousmane DOUMBIA
Maître de conférences agrégé de pharmacie chimique
Directeur du Laboratoire National de la Santé.

Vous nous honorez en acceptant de juger ce travail. Au cours de notre formation nous avons bénéficié de votre enseignement de qualité. Aujourd'hui encore vous acceptez de nous juger à travers ce modeste travail.

Votre rigueur scientifique et votre dévouement pour l'enseignement font de vous un maître respecté. Trouvez ici l'expression de notre profonde admiration.

A Notre maître et juge
Abdoulaye KONE
Directeur du Laboratoire de la Qualité des Eaux

Nous ne saurons oublier, cher maître, tout le concours que vous avez apporté au cours de la réalisation de cette thèse. Vous avez en plus accepté spontanément de siéger dans ce jury.

Retrouvez ici l'expression de notre gratitude.

A Notre maître et directeur de thèse
Docteur Ababacar I MAIGA
Maître assistant de toxicologie à la faculté de médecine de pharmacie et d'odontostomatologie.

Vous avez bien voulu, cher maître nous confier ce travail, et vous m'avez aidé au cours de sa réalisation.

Tout au long de ce travail nous avons été profondément affectés par les qualités exceptionnelles que recouvre votre personnalité.

C'est l'occasion pour nous de vous exprimer ici nos vifs remerciement et notre reconnaissance.

SOMMAIRE

INTRODUCTION	1
PREMIERE PARTIE : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE	
I Le District de Bamako	3
1 Présentation du District de Bamako	3
2 les infrastructures d'alimentation en eau	6
II Etude des polluants de l'eau	8
III Normes et critères de prélèvement des eaux	13
IV Etude de quelques caractéristiques physico-chimique de l'eau	17
V Quelques aspects sur la réglementation de la qualité de l'eau potable	29
DEUXIEME PARTIE : TRAVAUX PERSONNELS	
I Méthodologie	32
1 Lieux de prélèvements	32
2 les prélèvements	33
3 Matériels et méthodes d'analyse	33
II Résultats	
1 Résultats des analyses d'eaux pendant la saison froide	
2 Résultats des analyses d'eaux pendant la saison sèche	
3 Résultats des analyses d'eaux pendant la saison pluvieuse	
III Commentaires et Discussion	87
IV Conclusion et recommandations	98
Références bibliographiques	100
Fiche signalitique	102
Serment de Galien	

LISTE DES ABREVIATIONS

°C	Degré Celsius
CEAO	Communauté Economique de l'Afrique de l'Ouest
cm ²	centimètre carré
CEE	Communauté Economique Européenne
CMA	Concentration maximale admissible
CND	Conductivité
Dcal	Dureté Calcique
DIEPA	Décennie Internationale de l'eau Potable et de l'Assainissement
DNH	Direction Nationale de l'Hydraulique
DPD	Paraphénylène diamine
DT	Dureté Totale
EDM	Energie Du Mali
FAO	Organisation Mondiale Pour l'Alimentation
ha	hectare
Km	kilomètre
LQE	Laboratoire de la Qualité des Eaux
m	mètre
m ²	mètre carré
m ³	mètre cube
MFC	Milieu de Culture Coliformes Fécaux
mg/l	milligramme par litre
ml	millilitre
mn	minutes
nm	nanomètre
NG	Niveau Guide
OMS	Organisation Mondial de la Santé
pH	potentiel d'Hydrogène
TA	Titre Alcalimétrique
TAC	Titre Alcalimétrique Complet
UCV	Unité de Couleur Vraie
UNICEF	Organisation Des Nations Unies pour l'Enfance.
UNT	Unité Nephelométrique de Turbidité

INTRODUCTION

INTRODUCTION

L'importance de l'eau ne cesse de croître et l'approvisionnement en eau potable devient de plus en plus difficile en raison de la poussée démographique, du niveau de vie de la population et du développement accéléré des techniques industrielles modernes.

La santé de l'homme dépend de façon primordiale de la qualité de l'eau et de son utilisation. L'homme doit absorber quotidiennement 2 à 3 litres. L'eau contaminée ou de mauvaise qualité peut entraîner de graves maladies, telles que les gastro-entérites (plus de 100 millions de personnes en sont atteintes). (7)

Les directives officielles insistent pour que des dispositions susceptibles d'améliorer la santé à travers le cycle de l'eau soient renforcées. Selon l'OMS plus de 80% des maladies qui sévissent à la surface de la terre sont d'origine hydrique ou sont liées au milieu aquatique.

Pour lutter contre cet état de fait l'OMS a, en 1972, défini certaines caractéristiques de l'eau potable « elle ne doit contenir en quantité dangereuse ni substances chimiques ni germes nocifs pour la santé. En outre ; elle doit être aussi agréable à boire quand les circonstances le permettent ».

L'OMS par ses travaux et dans ses recommandations, incite chaque pays à « élaborer des normes de qualité aussi voisines que possible des valeurs indicatives recommandées dans le but de protéger la santé publique » (23)

* La Décennie Internationale de l'eau potable et de l'assainissement (DIEPA) 1981 – 1990 lancée à la fin de l'année 1980 par les Nations Unies a pour objectif la fourniture d'eau saine à plus de la moitié de la population du globe qui en manque, principalement dans le tiers monde. En mettant l'accent sur l'eau potable, les Nations Unies soutenues par l'UNICEF, fondent leur action sur le principe suivant lequel il vaut mieux prévenir les maladies provoquées par une eau malsaine, contaminée ou insalubre que guérir à grand frais ces mêmes maladies.

*Les états, soutenus par les organisations internationales et nationales, ont mis sur pied d'importants travaux hydrauliques ; d'énormes ressources financières ont été mobilisées pour trouver des solutions techniques au problème d'alimentation en eau des communautés : captage, forage, moyens d'exhaure. Les projets insistent sur la priorité à donner maintenant au critère qualité.

*La Communauté Economique de l'Afrique de l'Ouest (CEAO) dans le rapport concernant le Mali, écrit « A ses travaux d'hydraulique proprement dits seront étroitement associées des actions de sensibilisation et de formation qui permettront d'éviter la pollution des ouvrages et de l'eau avant son utilisation pour les besoins domestiques. »

Dans de nombreux pays en développement, le problème primordial est de trouver de l'eau en quantité suffisante. Ce qui a minimisé et même fait oublier celui de la qualité. Pourtant ce critère qualité – santé a été la motivation initiale pour trouver le financement des projets hydrauliques. Il continue à être l'élément essentiel pour la réussite des programmes entrepris : l'entretien des ouvrages et l'amélioration des conditions de vie des populations dépendent de l'utilisation, de la population qui voudra bien accepter d'affecter une partie de ses ressources au fonctionnement et à l'entretien des ouvrages mis en place.

Seule une prise de conscience par les populations de la relation entre maladie et eau, entre contamination fécale et eau, pourrait susciter une motivation puissante et réelle. Il est indispensable de développer une sensibilisation des populations qui expliquerait aux usagers le lien entre les maladies dont ils souffrent et l'utilisation d'une eau malsaine, et les bienfaits à attendre d'une eau de qualité. C'est le but de l'éducation pour la Santé.

Des études antérieures sur la qualité de l'eau ont été effectuées par :

Diarra B en 1985 (5)

Sidibé M en 1992 (15)

Semeguem S en 1999 (30)

Notre travail se propose d'étudier l'eau du robinet dans le district de Bamako avec comme

Objectif Général :

- Evaluer la qualité de l'eau du robinet en fonction des différentes saisons.

Objectifs Spécifiques :

- Déterminer les éléments présentant des risques de pollution de l'eau de robinet
- Etudier les variations saisonnières de la qualité de l'eau du robinet pendant les trois périodes de l'année : saisons sèche, pluvieuse et froide.
- Comparer les résultats aux normes internationales.

PREMIERE PARTIE :
ETUDE
BIBLIOGRAPHIQUE

I Le district de Bamako

1 Présentation du district de Bamako

Il nous est apparu nécessaire de montrer les aspects physiques et humains du district de Bamako afin de mieux cerner la problématique du contrôle de la qualité de l'eau du robinet.

1.1 . Site ancien

A l'origine la ville de Bamako s'est installée sur la rive gauche du fleuve Niger dans une plaine large de 4 km environ s'inclinant vers le fleuve. Cet ancien site de la ville de Bamako est dominé au Nord par le plateau Mandingue dont l'altitude atteint 485 mètres à Koulouba.

La ville s'est développée de façon linéaire sur la terrasse, puis sur le piémont du plateau Mandingue. Ce dernier, avec les collines de Kati, de Koulouba et du Point G constituaient un obstacle à l'extension de la ville vers le Nord.

La construction de l'actuel pont des Martyrs, achevée en 1960, a favorisé l'extension et le développement de la ville de Bamako sur la rive droite du fleuve Niger.

1.2. Situation géographique

Situé à l'intérieur des terres sur le 7°59' de la longitude Ouest et le 12°40' de latitude Nord, le district de Bamako s'étend sur 22 kilomètres d'Ouest en Est et sur 12 kilomètres du Nord au sud de part et d'autre du fleuve Niger. Sa superficie totale est d'environ 267 km² dont environ 182 km² seraient habités actuellement.

Les 85 km² restants constituent les vergers, les surfaces d'eau, les îles, les rochers, les réserves de terres. (9)

Bien qu'entouré par des collines, le district de Bamako est constitué aujourd'hui de deux parties nettement distinctes :

- au Nord, la ville s'étend entre le fleuve Niger et le mont Mandingue dans une plaine alluviale longue de 15 kilomètres et grande de 7 000 hectares, qui se rétrécit aux deux extrémités Est et Ouest,
- au sud, la rive droite occupe un site de 12 000 hectares, depuis l'aéroport de Sénou et les reliefs de Tienkoulou, jusqu'au fleuve Niger.

5. ASSISTANTS

Mr Mounirou BABY	Hématologie
Mr Mahamadou A. THERA	Parasitologie

D.E.R. DE MEDECINE ET SPECIALITES MEDICALES

1. PROFESSEURS

Mr abdoulaye Ag RHALY	Médecine Interne
Mr Mamadou K. TOURE	Cardiologie
Mr Mahamane MAIGA	Néphrologie
Mr Baba KOUMARE	Psychiatrie, Chef de DER
Mr Moussa TRAORE	Neurologie
Mr Issa TRAORE	Radiologie
Mr Mamadou M. KEITA	Pédiatrie

2. MAITRES DE CONFERENCES AGREGES

Mr Toumani SIDIBE	Pédiatrie
Mr Bah KEITA	Pneumo-Phtisiologie
Mr Boubacar DIALLO	Cardiologie
Mr Dapa Aly DIALLO	Hématologie
Mr Somita KEITA	Dermato-Leprologie
Mr Hamar A. TRAORE	Médecine Interne
Mr Moussa Y. MAIGA	Gastro-entérologie

3. MAITRES ASSISTANTS

Mr Abdel Kader TRAORE	Médecine Interne
Mr Mamadou DEMBELE	Médecine Interne
Mr Mamady KANE	Radiologie

4. ASSISTANTS CHEFS DE CLINIQUE

Mr Bou DIAKITE	Psychiatrie
Mr Bougouzié SANOGO	Gastro-entérologie
Mr Saharé FONGORO	Néphrologie
Mr Bakoroba COULIBALY	Psychiatrie
Mme Tatiana KEITA	Pédiatrie
Mr Kassoum SANOGO	Cardiologie
Mr Seydou DIAKITE	Cardiologie
Mme Habibatou DIAWARA	Dermatologie
Mr Diankiné KAYENTAO	Pneumo-Phtisiologie
Mme TRAORE Mariam SYLLA	Pédiatrie
Mr Mamadou B. CISSE	Pédiatrie
Mr Arouna TOGORA	Psychiatrie
Mme SIDIBE Assa TRAORE	Endocrinologie
Mr Siaka SIDIBE	Radiologie
Mr Adama D. KEITA	Radiologie

5. ASSISTANT

Mr Cheick Oumar GUINTO	Neurologie
------------------------	------------

FACULTÉ DE MEDECINE, DE PHARMACIE ET D'ODONTO-STOMATOLOGIE
ANNEE UNIVERSITAIRE 1999 - 2000

ADMINISTRATION

DOYEN : MOUSSA TRAORE - PROFESSEUR

1^{ER} ASSESSEUR : AROUNA KEITA - MAITRE DE CONFERENCES AGREGE

2^{EME} ASSESSEUR : ALHOUSSEYNI AG MOHAMED - MAITRE DE CONFERENCES AGREGE

SECRETAIRE PRINCIPAL YENIMEGUE ALBERT DEMBELE - MAITRE DE CONFERENCES AGREGE

AGENT COMPTABLE : YEHIHA HIMINE MAIGA - CONTROLEUR DE TRESOR

LES PROFESSEURS HONORAIRES

Mr Aliou BA	Ophthalmologie
Mr Bocar SALL	Orthopédie Traumatologie - Secourisme
Mr Souleymane SANGARE	Pneumo-phthisiologie
Mr Yaya FOFANA	Hématologie
Mr Mamadou L. TRAORE	Chirurgie Générale
Mr Balla COULIBALY	Pédiatrie
Mr Mamadou DEMBELE	Chirurgie Générale
Mr Mamadou KOUMARE	Pharmacognosie
Mr Mohamed TOUTE	Pédiatrie
Mr Ali Nouhoum DIALLO	Médecine interne
Mr Aly GUINDO	Gastro-Entérologie

LISTE DU PERSONNEL ENSEIGNANT PAR D.E.R. & PAR GRADE

D.E.R. CHIRURGIE ET SPECIALITES CHIRURGICALES

1. PROFESSEURS

Mr Abdel Karim KOUMARE	Chirurgie Générale
Mr Sambou SOUMARE	Chirurgie Générale
Mr Abdou Alassane TOURE	Orthopédie - Traumatologie, Chef de D.E.R.
Mr Kalilou OUATTARA	Urologie

2. MAITRES DE CONFERENCES AGREGES

Mr Amadou DOLO	Gynéco-Obstétrique
Mr Djibril SANGARE	Chirurgie Générale
Mr Abdel Kader TRAORE Dit DIOP	Chirurgie Générale
Mr Alhousseini Ag MOHAMED	O.R.L. Chef de DER
Mr Abdoulaye K. DIALLO	Anesthésie - Réanimation
Mr Gangaly DIALLO	Chirurgie Viscérale

3. MAITRES DE CONFERENCES

Mme SY Aïssata SOW	Gynéco-Obstétrique
Mr Salif DIAKITE	Gynéco-Obstétrique

4. MAITRES ASSISTANTS

Mme DIALLO Fatimata S. DIABATE	Gynéco-Obstétrique
Mr. Mamadou TRAORE	Gynéco-Obstétrique

5. ASSISTANTS CHEF DE CLINIQUE

Mr Abdoulaye DIALLO	Ophtalmologie
Mr Mamadou L. DIOMBANA	Stomatologie
Mr Sékou SIDIBE	Orthopédie. Traumatologie
Mr Abdoulaye DIALLO	Anesthésie - Réanimation
Mr Filifing SISSOKO	Chirurgie Générale
Mr Tiéman COULIBALY	Orthopédie Traumatologie
Mme TRAORE J. THOMAS	Ophtalmologie
Mr Nouhoum ONGOIBA	Anatomie & Chirurgie Générale
Mr Zanafon OUATTARA	Urologie
Mr Zimogo Zié SANOGO	Chirurgie Générale
Mr Adama SANGARE	Orthopédie - Traumatologie
Mr Youssouf COULIBALY	Anesthésie - Réanimation
Mr Samba Karim TIMBO	ORL
Mme Konipo Fanta TOGOLA	ORL
Mr Sanoussi BAMANI	Ophtalmologie
Mr Doulaye SACKO	Ophtalmologie
Mr Issa DIARRA	Gynéco-Obstétrique
Mr Ibrahim ALWATA	Orthopédie - Traumatologie
Mr Sadio YENA	Chirurgie Générale

D.E.R. DE SCIENCES FONDAMENTALES

1. PROFESSEURS

Mr Daouda DIALLO	Chimie Générale & Minérale
Mr Bréhima KOUMARE	Bactériologie-Virologie
Mr Siné BAYO	Anatomie-Pathologie-Histoembryologie
Mr Gaoussou KANOUTE	Chimie analytique
Mr Yéya T. TOURE	Biologie
Mr Amadou DIALLO	Biologie Chef de D.E.R.
Mr Moussa HARAMA	Chimie Organique
Mr Ogobara DOUMBO	Parasitologie - Mycologie

2. MAITRES DE CONFERENCES AGREGES

Mr Yénimégué Albert DEMBELE	Chimie Organique
Mr Anatole TOUNKARA	Immunologie
Mr Flabou BOUGOUDOGO	Bactériologie - Virologie

3. MAITRES DE CONFERENCES

Mr Massa SANOGO	Chimie Analytique
Mr Bakary M. CISSE	Biochimie
Mr Abdrahamane S. MAIGA	Parasitologie
Mr Adama DIARRA	Physiologie
Mr Mamadou KONE	Physiologie

4. MAITRES ASSISTANTS

Mr Mahamadou CISSE	Biologie
Mr Sékou F.M. TRAORE	Entomologie médicale
Mr Abdoulaye DABO	Malacologie, Biologie Animale
Mr N'yenigüe Simon KOITA	Chimie organique
Mr Abdrahamane TOUNKARA	Biochimie
Mr Amadou TOURE	Histoembryologie
Mr Ibrahim I. MAIGA	Bactériologie - Virologie
Mr Benoît KOUMARE	Chimie Analytique
Mr Moussa Issa DIARRA	Biophysique
Mr Amagana DOLO	Parasitologie
Mr Kaourou DOUCOURE	Biologie

1.3. Evolution

Fondé par les Niaré sur la rive gauche du fleuve Niger vers la fin du XVI^e siècle, le petit village bambara de Bamako connut un essor remarquable dès l'arrivée des français en 1883 grâce à ses fonctions militaires et commerciales.

Devenue capitale coloniale en 1908, la ville de Bamako était la plaque tournante d'une région riche en potentialités agricoles. Elle est également dotée d'importantes voies de communication routière et fluviale. Cette situation qui a fait de Bamako un centre d'échanges très important pour les régions voisines, a été renforcée par l'ouverture en 1904 du chemin de fer Dakar-Niger et l'intensification du trafic fluvial sur le Niger. A cette époque déjà, Bamako comptait 6000 habitants et devait rassembler 37 ans plus tard 37 000 habitants. En 1922, Bamako disposait d'un centre commercial européen entouré des quartiers de Bozola, Dravéla, Niaréla, Bamako coura, Dar - Salam, Bagadadji, Ouolofobougou et Bolibana. A partir de 1945, la ville connut un grand développement grâce aux actions du lieutenant gouverneur Louveau qui ont abouti à la plantation massive d'arbres "les caïlcédras" et à la création des quartiers de Médina-coura, Quinzambougou, Hamdallaye, Missira, Badialan I,II, III et Niomirambougou.

Devenue capitale de la république du Mali en 1960, la ville de Bamako s'est vite développée à cause de ses nouvelles fonctions politiques, administratives, commerciales et culturelles.

Depuis 1960, beaucoup d'autres lotissements ont été réalisés.

1.4. Découpage Administratif

D'après l'ordonnance N° 78 - 32 / CMLN du 18/08/1978, le district de Bamako est à la fois une circonscription administrative de l'état, située au même niveau hiérarchique que la région, et une collectivité décentralisée dotée de la personnalité morale et de l'autonomie financière.

Le district de Bamako est divisé en six communes

- Commune I
- Commune II
- Commune III
- Commune IV
- Commune V
- Commune VI

1.5. Climat

Le district de Bamako appartient à la zone Nord soudanienne.

A l'instar du pays tout entier, le climat de Bamako est caractérisé par une saison sèche allant de février en avril, une saison pluvieuse (l'hivernage) de mai en septembre et une saison froide d'octobre en janvier.

La température moyenne annuelle est de 27,7°C avec des moyennes extrêmes de 34,7°C et 21°C. (9)

1.6. Projections Démographiques

Sur la base d'un taux d'accroissement annuel de 4,2% entre 1987 et 1993, obtenu lors du recensement de 1987, et de 6,4% après 1993 ; la population de Bamako a atteint en 1994, 1.183.093 habitants et sera 1 613 330 habitants en l'an 2003, contre 677 883 habitants en 1987, soit une augmentation de 935 447 habitants entre 1987 et 2003.

Géographiquement, cette population se répartit selon des densités très inégales à travers la ville, nous avons 2 habitants / ha dans les quartiers périphériques (Sotuba) et plus de 400 habitants / ha au centre ville.

L'augmentation spectaculaire de la population de Bamako a provoqué le développement anarchique du district ainsi que l'aggravation du ravitaillement de la population en eau potable. D'où la nécessité de contrôler la qualité de l'eau du robinet dans le district de Bamako.

2 Les infrastructures d'alimentation en eau

- **La station de pompage et de traitement et le réseau d'adduction d'eau de la ville de Bamako.**

L'eau de la ville qui est distribuée par la société Energie du Mali (E.D.M) provient du fleuve Niger. L'eau brute est captée en amont du centre de Bamako à Djikoroni Para, dans le lit mineur du fleuve. La tour de prise qui est reliée à la station d'exhaure installée sur ses rives par le moyen d'une conduite de 1 100 mm de diamètre et 318 m de long assure le pompage de 100.000 m³ d'eau brute par jour. Cette eau brute est ensuite dirigée vers le centre de traitement. Elle est alors débarrassée de ses germes pathogènes. Après floculation, elle est décantée, filtrée dans une batterie de filtres à sable pour la neutralisation par injection de l'eau de chaux (Ca(OH)₂) et enfin désinfectée par adjonction d'hypochlorite de sodium. Théoriquement on injecte 4 g d'hypochlorite par m³ d'eau. Mais cette quantité de chlore peut être augmentée pendant la saison des pluies lorsque se déversent dans le fleuve les eaux polluées des ruisseaux, des caniveaux et des égouts. (2)

L'eau potable est alors refoulée puis stockée dans des réservoirs situés en des points hauts dispersés de la ville.

Les principaux sont :

- ❖ le réservoir du camp de garde à Dar-Salam
- ❖ le réservoir de Missira
- ❖ le réservoir de Badalabougou

L'eau potable est également stockée dans des châteaux d'eau tel que le château d'eau de Koulouba, le château d'eau du Point G.

La distribution de l'eau potable est faite à partir soit des réservoirs soit par pompage direct, l'eau est ainsi renvoyée dans les quartiers de la ville par l'intermédiaire d'un réseau qui regroupe 210 km de conduites fonte et PVC dont le diamètre varie de 1 000 à 60 mm. (2)

Les stations de pompage et de traitement sont gérées par E.D.M. Le service constitue la section production d'eau de la division de Bamako relevant de la direction des eaux qui s'occupe des canalisations et des branchements. La tutelle technique du service est assurée par la direction nationale de l'hydraulique (DNH) disposant d'un laboratoire de la Qualité des Eaux qui contrôle la qualité de l'eau distribuée dans le district.

E.D.M et la direction de l'eau sont confrontés à trois problèmes principaux : la quantité, la qualité et le prix de l'eau.

Le problème de la quantité dépend de la capacité technique du réseau et de la demande.

100 000 m³ d'eau brute sont à répartir par jour entre 1 200 000 habitants.

Cependant tous les quartiers de Bamako ne sont pas desservis. En réalité la satisfaction des besoins en eau de la ville est loin d'être entièrement résolue.

Le rythme actuel des branchements est estimé à 650 unités par an dont plus de 90% pour des abonnés particuliers, mais 60% seulement des demandes sont satisfaites. (2)

Le problème de la qualité dépend du degré de vétusté du réseau de distribution. A la sortie de l'usine de traitement l'eau est de bonne qualité. Au niveau du robinet, ce n'est souvent plus le cas ; cela dépend de l'âge des conduites et de leur manque d'isolation. On constate en effet que les conduites sont directement posées sur la terre au contact d'un sol humide, elles sont soumises à des phénomènes de corrosion.

II Etude des polluants de l'eau

1. Impuretés de nature biologique

Toutes les eaux sont susceptibles d'être polluées par les microorganismes.

1.1) Bactéries et virus

Les bactéries test de contamination fécale sont apportées par les rejets d'eaux résiduaires urbains effectués dans l'environnement.

Ces bactéries sont le révélateur d'une contamination possible par des bactéries ou virus, pathogènes pour l'homme.

Les bactéries sont dites pathogènes quand elles sont capables de proliférer dans un organisme pluricellulaire en provoquant, chez ce dernier des troubles de santé plus ou moins graves.

Le développement de germes banaux peut créer de graves problèmes dans les réseaux de distribution : consommation de l'oxygène dissous, corrosion, apparition de mauvais goûts.

Parmi les principales bactéries pathogènes rencontrées dans l'eau nous pouvons citer :

- Les bacilles de la fièvre typhoïde : Salmonella
- Les bacilles dysentériques : Shigella,
- Vibrio cholerae
- Pasteurella tularensis
- Campylobacter
- Proteus vulgaris
- Escherichia coli
- Pseudomonas aeruginosa
- Staphylococcus aureus
- Legionella pneumophylla
- Leptospira.

Quant aux virus, ce sont des agents pathogènes extrêmement petits, visibles seulement au microscope électronique et qui ne peuvent se multiplier qu'à l'intérieur d'une cellule vivante.

On peut trouver dans l'eau les virus suivants : - entérovirus, - virus de l'hépatite infectieuse, -adénovirus, -rotavirus influenza, -reovirus, -papillomavirus. (4)

1.2) Micro – organismes divers : phytoplancton et zooplancton

Les eaux de surface contiennent de nombreux organismes constituant le phytoplancton et le zooplancton. Plusieurs de ces organismes dont certains actinomycètes et certains cyanophycées sécrètent des composés (comme la géosmine) donnant à l'eau un goût et une odeur désagréables. D'autres sont pathogènes pour l'homme (amibes).

La présence d'algues et de micro – organismes dans le réseau (Asellus, Copépodes, Nématodes) est désagréable pour le consommateur et leur développement peut aboutir à des désordres importants (prolifération, dépôts, apparition de conditions anaérobies). (4)

2. Impuretés minérales

Certaines de ces impuretés ont une influence sur les qualités organoleptiques de l'eau (son aspect esthétique ou son comportement dans le réseau de distribution) mais sont sans effet appréciable sur la santé du consommateur alors que d'autres ont un effet reconnu.

2.1) Impuretés sans effet appréciable sur la santé

▪ La turbidité

Toutes les eaux sont turbides, mais une turbidité trop importante provoque un rejet de la part de l'utilisateur. La turbidité doit aussi être éliminée pour d'autres raisons :

- permettre une bonne désinfection de l'eau,
- éliminer tout polluant adsorbé sur les matières en suspension (métaux lourds)
- éviter tout dépôt dans le réseau de distribution.

▪ La couleur

Elle peut être due à certaines impuretés minérales (fer) mais également à certaines matières organiques (acides humiques, fulviques). Elle doit être éliminée pour rendre l'eau agréable à boire. L'élimination de la couleur s'accompagne également de celle de certaines matières organiques indésirables (précurseurs de composés haloformes).

▪ La minéralisation

L'alcalinité et la dureté participent à l'équilibre calco-carbonique de l'eau conjointement avec le pH et l'acide carbonique dissous. On cherche à distribuer une eau à l'équilibre pour éviter l'entartrage ou la corrosion des réseaux. Une quantité trop importante de sulfates a un effet sur le goût de l'eau et peut la rendre laxative. Une quantité trop importante de chlorure affecte aussi le goût de l'eau et la rend corrosive.

▪ Certains métaux

Le fer et le manganèse forment des dépôts dans les réseaux d'eau, des corrosions peuvent en résulter. Ils sont à l'origine des colorations. Par ailleurs, d'autres métaux tels que le cuivre, l'aluminium, et le zinc affectent les qualités organoleptiques de l'eau .

▪ Les gaz dissous

Le sulfure d'hydrogène (H_2S) est révélateur de conditions anaérobies et d'un potentiel d'oxydo-réduction trop bas. Il provoque de mauvaises odeurs et peut être à l'origine de corrosion, il doit être éliminé.

▪ L'ion ammonium NH_4^+

Il n'a pas d'effet appréciable sur la santé du consommateur, mais sa présence dans les eaux est un indicateur de pollution. Dans les eaux profondes, la présence de NH_4^+ peut également être due aux conditions réductrices régnant dans une nappe. Le NH_4^+ doit être éliminé dans les eaux de consommation car c'est un élément qui peut permettre à certaines bactéries de proliférer dans les réseaux de distribution.

2.2) Les impuretés affectant la santé

❖ Les Métaux

Le cadmium, le chrome, le plomb, le mercure, le sélénium, l'arsenic doivent en particulier être retirés de l'eau. Ils sont généralement adsorbés par les matières en suspension présentes dans l'eau brute et l'élimination de ces matières en suspension suffisent pour garantir leur absence de l'eau. Dans certains cas, les métaux peuvent être complexés, soit à des matières organiques naturelles, soit à des composés chimiques rejetés par les industries ou les ménages. Le traitement doit être capable de détruire ces complexes pour en assurer l'élimination.

❖ Les Nitrates

Les nitrates doivent être éliminés car leur nuisance a été reconnue lorsqu'ils sont présents en grande concentration dans l'eau de consommation. Ils sont à l'origine de la méthémoglobinémie des nourrissons.

❖ Les Fibres d'amiante

Si l'amiante a été reconnu comme étant cancérigène dans l'air par inhalation, l'effet cancérigène des fibres d'amiante contenues dans l'eau de boisson n'a pas été directement démontré. Il est cependant souhaitable de les éliminer le mieux possible ; les fibres d'amiante pouvant être entraînées dans la vapeur d'eau (ébullition, douches). La réduction de la turbidité permet d'en assurer une élimination raisonnable.

❖ La Dureté

Elle n'a pas d'effet sur la santé, mais l'adoucissement de l'eau par échange d'ion en cycle sodium conduit à une augmentation de la teneur en sodium de l'eau ; une forte teneur en sodium favorise l'hypertension.

❖ Le Fluor

Une concentration en fluor trop importante provoque la fluorose des os. Il est dans ce cas indispensable de réduire la concentration en fluor.

3. Impuretés organiques

De nombreuses substances organiques naturelles sont présentes dans les eaux souterraines ou de surface. Elles se classent en 6 groupes principaux : substances humiques, acides hydrophylques, acides carboxyliques, peptides et aminoacides, hydrates de carbone et hydrocarbures. On trouve également des substances organiques provenant des activités urbaines. Les substances organiques sont caractérisées analytiquement soit par la mesure d'indices globaux, soit encore par la mesure de substances bien définies.

4. Radioactivité

L'ingestion de produits radioactifs peut avoir sur l'homme un effet somatique, conduisant à l'apparition de tumeurs malignes ou un effet mutagène qui se révèle sur la descendance de l'homme.

L'eau produite doit être conforme à la législation en vigueur dans chaque pays. Les traitements à appliquer sont la précipitation à la chaux, l'échange d'ions ou l'osmose inverse.

5. Pollution induite

L'introduction d'un réactif dans l'eau peut conduire à deux formes de pollution : les impuretés du réactif et les produits de réaction du réactif avec les matières organiques de l'eau.

6. Pollution exogène

Les matériaux constitutifs de certains produits utilisés pour le traitement de l'eau peuvent être à l'origine de pollution. C'est par exemple le cas de résines échangeuses d'ions ou de membranes. Certaines législations prévoient une liste de produits autorisés pour la fabrication de ces résines (ou membranes) ; des tests ont été définis pour vérifier qu'il n'y a aucun relargage lors de l'utilisation au sein d'une chaîne de traitement (élimination des nitrates par résines échangeuses d'ions par exemple).

Les matériaux constitutifs du réseau de distribution peuvent également être à l'origine de pollution : solvants utilisés pour la peinture et le revêtement des ouvrages ; manomètres et additifs employés lors de la fabrication des tuyauteries en plastique, métaux des robinets ou même plomb des tuyauteries (risque de saturnisme) en particulier dans les réseaux privés. Certains de ces matériaux peuvent relarguer du carbone organique susceptible de servir de nourriture aux bactéries banales et défavoriser leur prolifération dans le réseau de distribution. Ils peuvent également provoquer l'apparition de mauvais goûts. (4)

III Normes et critères de prélèvement des eaux

1) Les conditions de prélèvement

En dehors des études de contrôle et des recherches scientifiques la plupart des prélèvements d'eau résultent de l'application des textes législatifs et réglementaires ayant pour objet : l'hygiène publique, la lutte contre la pollution, la surveillance des installations classées et des stations de traitement, la police des eaux, etc. ...

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté, il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau (gaz dissous, matières en suspension, etc.).

Si le responsable du prélèvement n'est pas l'analyste, il convient que ce dernier ait une connaissance précise des conditions du prélèvement et de son importance pour la qualité des résultats analytiques. Il est donc nécessaire de mettre en place une organisation structurée, de disposer d'un personnel qualifié, de développer une méthodologie adaptée à chaque cas, de procéder à un choix judicieux des points de prélèvement et d'utiliser le matériel convenable (propre et adapté).

2) Matériel de prélèvement

Le matériel de prélèvement doit faire l'objet d'une attention particulière. L'emploi des flacons neufs en verre borosilicaté de préférence bouchés à l'émeri ou dans le cas échéant avec des bouchons en polyéthylène ou en téflon maintenus pendant une heure dans de l'eau distillée puis séchés est recommandé.

L'usage de flacons en matière plastique s'est assez largement répandu, en raison des facilités qu'ils présentent pour le transport. Enfin, sauf cas très particulier, l'utilisation de récipients métalliques est à déconseiller en raison des problèmes de corrosion. Au moment du prélèvement pour l'analyse chimique, les flacons seront de nouveau rincés trois fois avec de l'eau à analyser puis remplis jusqu'au bord. Le bouchon sera placé de telle façon qu'il n'y ait aucune bulle d'air et qu'il ne soit pas éjecté au cours du transport.

Pour les analyses bactériologiques, les flacons en verre seront stérilisés par la chaleur, soit à l'autoclave à 120°C pendant une heure, soit au four Pasteur à 180° C pendant 1 h 30. **(28)**

3) Mode de prélèvement

Le mode de prélèvement variera suivant l'origine de l'eau. Dans le cas d'une rivière, d'une nappe ouverte, d'un réservoir, d'une citerne, la bouteille sera plongée à une certaine distance au fond (50 cm) de la surface, assez loin des rives ou des bords, ainsi que des obstacles naturels ou artificiels, en dehors des zones mortes ou des remous et en évitant la remise en suspension des dépôts. Le mélange de plusieurs échantillons ainsi recueillis peut donner un échantillon moyen. Dans le cas de prélèvement à un robinet, il sera indispensable de faire couler l'eau pendant un certain temps.

Le volume nécessaire pour une analyse complète d'eau varie de 2 à 5 litres. **(28)**

Sauf pour certains dosages particuliers à pratiquer sur place (chlore résiduel, oxygène dissous, pH), l'analyse n'a pas un caractère extemporané.

4) Mode de conservation des prélèvements

Les échantillons seront dirigés sans délai sur le laboratoire d'analyses où l'analyse sera entreprise le plutôt possible. Le prélèvement subira obligatoirement un certain temps de transport et une attente au laboratoire avant la mise en route analytique.

Pendant cette période, des phénomènes chimiques et bactériologiques peuvent conduire à des précipitations secondaires par changement de valence, des adsorptions sur les parois des récipients, des photodécompositions, des volatilisations, des biodégradations, d'où la nécessité d'employer des adjuvants de conservation et de réunir des conditions de température et d'obscurité favorables.

D'une façon générale le transport à la température de 4°C à l'abri de la lumière dans des emballages isothermes permet d'assurer une conservation suffisante. Avant de procéder aux opérations analytiques, il est essentiel que toutes les dispositions soient prises pour que les résultats donnent bien une représentation exacte de la composition de l'eau. Le jugement et l'expérience de l'analyste auront donc une très grande importance pour préciser l'origine de la turbidité et définir les opérations ultérieures à pratiquer.

En ce qui concerne les eaux provenant des réseaux d'alimentation, on se trouve rarement en présence d'une turbidité significative et de précipitations accessoires. L'analyse pourra alors être pratiquée directement sur l'échantillon. Par contre, les eaux de surface et de certains captages peuvent donner lieu à des prélèvements ayant une turbidité marquée que celle-ci soit préexistante au moment du prélèvement ou qu'elle se soit développée à la suite de phénomènes secondaires.

Dans les eaux ayant subi un traitement de désinfection, le chlore et les composés chlorés peuvent entraîner une perturbation dans les dosages, en particulier ceux qui sont colorimétriques et l'analyse bactériologique.

Cet oxydant pourra être éliminé par de petites quantités de thiosulfate de sodium. De même les traitements au cuivre ou à l'argent étant susceptibles de gêner le contrôle bactériologique, ces éléments seront bloqués par l'ajout d'une solution d'acide éthylène – diamine tétracétique.

Pour ce qui est des analyses de métaux lourds, deux cas peuvent se présenter : s'il s'agit de dosage total de l'élément soluble et insoluble, le prélèvement sera effectué en présence d'acide nitrique de très grande pureté ; s'il s'agit de doser le métal en solution, le prélèvement sera d'abord filtré avant l'addition d'acide nitrique.

La périodicité des analyses est fonction :

- de la population desservie, plus celle-ci sera grande plus la fréquence d'analyses sera accrue
- de la qualité de l'eau proprement dite en particulier si celle-ci est soumise à des pollutions permanentes ou occasionnelles
- du choix des paramètres analytiques représentatifs de la pollution générale comme l'oxygène dissous, les matières en suspension, les germes de pollution fécale ou d'une pollution particulière liée à des rejets (métaux toxiques, produits organiques)

5°) Principaux renseignements

Pour faciliter le travail de l'analyste et l'exploitation des résultats tout en évitant les erreurs ; il convient d'étiqueter ou de numéroter les prélèvements. Chaque flacon doit être accompagné d'une fiche signalétique permettant de rassembler les renseignements utiles au laboratoire ainsi que les observations relevées au cours des opérations. Tout prélèvement qui arrive au laboratoire pour l'analyse devra comporter :

- 1°) L'identité du préleveur
- 2°) La date et l'heure du prélèvement
- 3°) Le particulier ou l'autorité demandant l'analyse
- 4°) Le motif de la demande d'analyse (analyse initiale ou contrôle périodique, pollution, intoxication, épidémie, etc.) et usages de l'eau (boisson, lavage, abreuvement, incendie, industrie, etc.)
- 5°) La ville ou établissement que l'eau alimente le cas échéant, le type de traitement utilisé.

- 6°) Le nom du point d'eau et localisation précise
- 7°) L'origine de l'eau (source, puits, forage, rivière, lac, barrage, citerne, robinet etc.)
- 8°) La température de l'eau à l'émergence et celle de l'atmosphère au moment du prélèvement. Les conditions météorologiques du moment (précipitations, vent, pression)
- 9°) Le débit approximatif à la minute ou à la seconde. Dans le cas d'une nappe souterraine, préciser la profondeur et l'épaisseur de cette nappe.
- 10°) La nature géologique des terrains traversés, aspect du milieu naturel.
- 11°) Les causes de souillures permanentes ou accidentelles auxquelles l'eau paraît exposée (établissement agricole ou industriel, rejet de ville ou d'usine, puits perdu, cimetière)
- 12°) L'enregistrement des remarques des usagers ou riverains concernant les variations d'aspect ou de débit ainsi que les modifications provoquées par les pluies ou la fonte des neiges. (28)

IV Etude de quelques paramètres physico-chimiques de l'eau

1) La dureté de l'eau

La dureté de l'eau est due à la présence de calcium dissous et dans une moindre mesure, de magnésium. On l'exprime généralement en quantité équivalente de carbonate de calcium.

L'eau en fonction de sa concentration équivalente en CaCO_3 est caractérisée comme :

- eau douce 0 à 60 mg/l
- eau moyennement douce. 60 à 120 mg/l
- eau dure 120 à 180 mg/l
- eau très dure. plus de 180 mg/l

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

Pour la dureté la valeur indicative recommandée est de 500 mg/l de CaCO_3

Effets sur la santé

Dans une région de l'ex - URSS où l'eau distribuée contenait 300 à 500 mg/l de calcium, on a constaté une augmentation des cas de lithiases urinaires. En Grande Bretagne une étude sur 253 villes a montré que dans des conditions climatiques et sociales données, la mortalité par attaques et ischémies cardiaques est étroitement liée à la dureté de l'eau quand elle atteint 170 mg/l de CaCO_3 . (23)

Au cours de ces quinze dernières années, un certain nombre d'études épidémiologiques effectuées au Japon, en Angleterre et aux USA ont montré l'existence d'un pourcentage plus élevé de mortalité par affections cardiovasculaires dans les régions où sont distribuées des eaux douces. Une faible dureté ne permet pas l'élaboration de couche carbonatée assurant souvent une protection des canalisations contre certains risques de corrosion. Par contre une dureté élevée constitue un risque important d'entartrage des canalisations. (26)

2) Le plomb

Les principales sources de pollution sont les mines, les fonderies et les usages du métal (accumulateur, essence, soudure, munitions, câbles, plomberie). Le plomb est également présent dans l'air, le sol. Sauf pollution accidentelle, le plomb n'existe pas normalement dans l'eau. La présence de plomb dans l'eau du robinet résulte dans une certaine mesure de sa dissolution à partir de sources naturelles, mais elle s'explique principalement par l'utilisation du plomb dans les canalisations, les soudures, les garnitures ou les raccords domestiques. La quantité de plomb libérée par dissolution dans le réseau de distribution dépend de plusieurs facteurs, notamment du pH, de la température, de la dureté de l'eau et de la durée de son séjour dans les conduites, la dissolution étant maximale lorsque l'eau est à la fois douce et acide. (25)

Effets sur la santé

L'intoxication chronique au plomb ou saturnisme se traduit par des troubles cliniques, des anomalies biologiques et des altérations histopathologiques variées.

L'intoxication aiguë par le plomb est connue depuis des siècles et se manifeste par une lassitude, une gêne abdominale, une irritabilité et l'anémie. Chez l'enfant on note en plus une modification du comportement.

Le plomb a une affinité pour les aminoacides soufrés et une tendance à se fixer sur les mitochondries gênant ainsi le transport de l'oxygène et la production de l'énergie. Des teneurs sanguines élevées ($> 400 \mu\text{l}$) ont été constatées chez les enfants retardés mentaux. (23)

Le plomb n'est pas indispensable au bon fonctionnement des systèmes biologiques.

En 1972, le comité d'experts FAO/OMS a fixé provisoirement pour l'adulte une dose hebdomadaire tolérable de 3mg (0,05mg/kg de poids corporel).

Pratiquement, le plomb et ses alliages ne doivent être utilisés qu'en cas de nécessité absolue dans les circuits de distribution d'eau, et en accord avec les autorités sanitaires locales, ils sont toujours à proscrire dans le revêtement des réservoirs d'eau potable et dans les installations de distribution d'eau chaude.

La toxicité du plomb pour le système nerveux central et périphérique se traduit par des effets neurologiques subencéphalopathiques et comportementaux.

Chez l'enfant, une plombémie bien inférieure à $30 \mu\text{g/dl}$ a des effets sur le système nerveux qui se manifestent par des signes électrophysiologiques.

3.) le Sodium

Le sodium est un élément constant de l'eau. On le rencontre aussi dans le sol, les êtres vivants et dans certains aliments. Sa plus grande fréquence dans l'eau est due à la grande solubilité de ses sels et à la multiplicité de ses gisements. En basse altitude, les cours d'eau sont riches en sodium, alors qu'en haute altitude ils en sont pauvres. Les autres sources de sodium sont l'atmosphère, les déchets domestiques et industriels.

L'adoucissement de l'eau entraîne une élévation de la teneur en sodium. Le sodium a un rôle physiologique important. Il est le cation le plus abondant dans le plasma et le liquide interstitiel, il est présent dans les os, les cellules et la plupart des tissus.

L'équilibre sodique dans l'organisme est réalisé par un système complexe de corrélations neurohormonales. Tout accroissement de la concentration du sodium dans le plasma stimule les homorecepteurs du centre hypothalamique et il en résulte une sensation de soif.

Le minimum indispensable de sodium pour l'organisme est de 120 mg par jour. **(23)**.

Effets sur la santé

L'intoxication aiguë peut devenir mortelle chez le nourrisson à cause de l'immaturation des reins. En plus l'hypermaturémie consécutive à la déshydratation chez le nourrisson a souvent provoqué des lésions neurologiques permanentes. **(19)**

Des études faites séparément aux U.S.A, aux Pays - bas et en ex - URSS ont montré chez des filles d'âge scolaire que la faible concentration de l'eau de boisson en sodium se traduit par une tension artérielle plus basse que dans les cas de forte concentration **(23)**

4.) Les nitrates et les nitrites

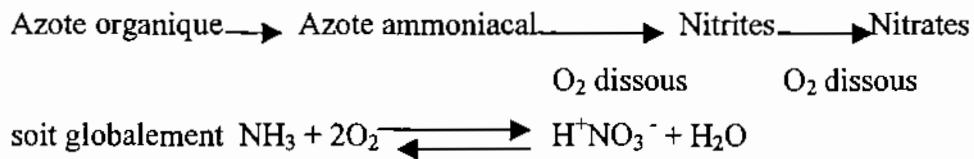
Les nitrates proviennent de l'oxydation complète de l'azote organique et les nitrites de l'oxydation incomplète. Les principales sources de pollution sont l'utilisation des engrais, la fabrication d'explosifs, l'industrie chimique, l'industrie alimentaire. La teneur en nitrates dans les eaux est généralement plus élevée que celle des nitrites. Une forte concentration en nitrites indique une pollution bactériologique.

Aucun traitement classique de l'eau ne modifie considérablement sa teneur en nitrates.

L'exposition à des fortes teneurs en nitrates augmente la concentration des nitrites salivaires.

La réduction des nitrates en nitrites est optimale à pH supérieur à 4,6. Cette plage s'obtient chez les enfants et les malnutris.

Les nitrites jouent un rôle très important dans le cycle de l'azote. Sous l'action de bactéries du type nitrobacter (autotrophes et strictement aérobies), les nitrites sont rapidement oxydés en nitrates. Ces derniers sont donc le produit final de l'oxydation des dérivés azotés



Effets sur la santé

Aux USA et en Europe il a été reconnu que l'eau chargée en nitrates employée pour des biberons de lait en poudre était susceptible de faire apparaître chez les nourrissons une cyanose liée à la formation de méthémoglobine. Cette intoxication provoquée par l'absorption de petites doses de nitrates est en réalité due aux nitrites formés par réduction des nitrates sous l'influence d'une action bactérienne. Cette intoxication se traduit par une anoxie dont l'importance est fonction de la quantité de nitrites formés. (10)

Quant aux nitrites, la toxicité est très significative en raison de leur pouvoir oxydant. Les nitrites peuvent entraîner une méthémoglobinémie comme cela a été indiqué à propos des nitrates.

Les nitrites inhiberaient l'activité biologique de certaines vitamines (A, E, B₆...)

En milieu acide (pH = 1 à 5) ; pH stomacal normal, les nitrites réagissent avec les amines primaires, secondaires et tertiaires généralement d'origine alimentaire pour donner les nitrosamines réputés cancérigènes.

5°) les sulfates

Les sulfates sont naturellement présents dans divers minéraux et ont de nombreuses applications commerciales, principalement dans l'industrie chimique. Leur présence dans l'eau peut provenir des effluents industriels et de dépôts d'origine atmosphérique, mais les concentrations les plus élevées se rencontrent généralement dans les eaux souterraines et sont d'origine naturelle

En général, la nourriture est la principale source d'exposition, bien que la contribution de l'eau de boisson puisse dépasser celle de la nourriture dans certaines régions. La contribution de l'air est négligeable.

L'ion sulfate est l'un des anions les moins toxiques, toutefois, des concentrations élevées peuvent avoir un effet purgatif ou entraîner une déshydratation et une irritation gastro-

intestinale. La présence de sulfates dans l'eau de boisson peut aussi lui communiquer un goût perceptible et contribuer à la corrosion du réseau de distribution.

Les sulfates sont très peu présents dans les eaux douces mais au Canada, aux USA, en Europe qui sont très industrialisés des teneurs de 20 à 50 mg/l se rencontrent dans les eaux de distribution.

Effets sur la santé

Les doses de 1 à 2g de sulfate provoquent des effets purgatifs légers chez l'adulte et chez le nourrisson la dose est de 21 mg/kg. L'organisme humain s'adapte à des concentrations plus élevées en sulfate de l'eau de boisson.

Les seuils de détection gustative sont 200 – 250 mg/l pour le Na_2SO_4 ; 250 – 900 mg/l pour CaSO_4 ; 400 – 600 mg/l pour MgSO_4

La valeur indicative dans l'eau de boisson est 400 mg/l. **(23)**

6) Le cuivre

Les concentrations de cuivre dans l'eau de boisson sont généralement faibles et ne dépassent pas quelques micro grammes par litres, mais l'utilisation de canalisations en cuivre peut donner lieu à des concentrations beaucoup plus élevées, qui peuvent atteindre plusieurs milligrammes par litre lorsque l'eau a séjourné un certain temps dans les tuyaux.

La valeur indicative recommandée par L'OMS est 1 mg/l.

Lorsque sa concentration dépasse 1 mg/l, il tache le linge. Au-dessus de 5 mg/l, il colore l'eau et lui communique un goût désagréable. **(25)**

Effets sur la santé

Le cuivre est un élément essentiel du métabolisme, il intervient dans la formation des érythrocytes, la libération du fer tissulaire, participe au développement des os, du système nerveux central, et du tissu conjonctif.

Certains enzymes comme la cytochrome oxydase, l'acide ascorbique oxydase, l'uricase contiennent du cuivre. L'intoxication par les sels métalliques se traduit par un syndrome digestif et hémolytique et s'accompagne d'une tubulonéphrite.

Cependant cette intoxication est rare à cause des propriétés émétiques du cuivre. L'action locale donne l'eczéma papulovésiculaire de la peau et des inflammations des yeux. **(15)**

7) Le fer

Le fer est l'un des métaux les plus abondants de la croûte terrestre. On le trouve dans les eaux douces naturelles à des concentrations allant de 0,5 à 50 mg/l. Il peut également être présent dans l'eau de boisson lorsqu'on utilise des coagulations contenant du fer ou à la suite de la corrosion des conduites de distribution en acier ou en fonte. Le fer est un élément nutritionnel essentiel pour l'homme. Cependant, lorsqu'il est exposé à l'air, le fer ferreux s'oxyde en fer ferrique; l'eau prend une coloration brun rougeâtre déplaisante.

Quand les teneurs en fer avoisinent 0,3 mg/l les ferrobactéries prolifèrent en oxydant le fer II en fer III. Ces bactéries forment un dépôt visqueux qui bouche les conduites avec des risques de corrosion.

Effets sur la santé

Les seules intoxications signalées ont été liées à l'absorption de sulfates de fer chez les enfants. La symptomatologie quelque fois sévère, est essentiellement à caractère digestif. Le fer entre dans la constitution de nombreuses hétéroprotéines de grande importance biologique : hémoglobine, myoglobine, cytochrome, certaines enzymes d'oxydo - réduction.

Les besoins journaliers sont fonction de l'âge et du sexe. La moyenne est fixée entre 10mg et 15mg pour la femme enceinte.

Les normes américaines et celles de l'OMS ont retenu la valeur limite de 0,3 mg/l comme teneur en fer des eaux destinées à la consommation humaine. En effet, pour éviter tous les inconvénients (goût, couleur, précipité, taches sur le linge) l'eau de distribution devrait avoir une teneur en fer inférieur à 0,05 mg/l. **(30)**

8) Les chlorures

La présence de chlorures dans l'eau de boisson peut être attribuée à des sources naturelles, aux eaux d'égout et aux effluents industriels, à la pollution provenant du salage des routes et à des intrusions salines.

L'ion chlorure est très mobile, sa teneur dans les eaux de surface non polluées peut être inférieure à 1mg/l. Environ 100mg d'ion chlorure sont ingérés par jour avec l'eau de boisson.

Une concentration excessive de chlorures accélère la corrosion des métaux dans le réseau de distribution en fonction de l'alcalinité de l'eau. Cela peut entraîner une augmentation de la concentration de certains métaux dans l'eau. **(15)**

Effets sur la santé

Les chlorures sont les anions les plus abondants dans l'organisme et participent à l'osmose en temps qu'élément extracellulaire. Chez le sujet normal l'absorption du chlorure est quasi totale, son excrétion se fait par les reins et l'intestin.

Le seuil de détection gustative des chlorures dépend du cation associé : 210 mg/l pour NaCl ; 310 mg/l pour KCl et 222mg/l pour CaCl₂.

Les traitements habituels n'éliminent pas l'ion chlorure, la valeur indicative en partant des considérations organoleptiques est de 250 mg/l.(23)

Les chlorures étant absorbés et éliminés facilement, leur gros inconvénient est la saveur désagréable qu'ils communiquent à l'eau, surtout lorsqu'il s'agit de chlorure de sodium. (3)

9) Chlore

L'installation d'une stérilisation par le chlore soulève assez souvent chez le consommateur un problème. Plus particulièrement le traitement au « Break Point » contribue à laisser subsister des quantités relativement importantes de chlore résiduel dans l'eau ; Des taux de 1 mg à 1,5 mg ne sont pas rares. Si le réflexe de l'Américain est de rechercher ce goût comme un critère de stérilité, l'Européen a plutôt tendance à rejeter une eau ayant une saveur chlorée prononcée. Cet élément est susceptible de paralyser des systèmes enzymatiques importants, en particulier la triosephosphodeshydrogenase nécessaire à l'oxydation du glucose ; il n'a pas été signalé d'accident par la consommation d'eau chlorée. D'ailleurs le chlore résiduel disparaît très rapidement dans le tube digestif sous l'action de la salive et du liquide gastrique. La réglementation française indique que l'on ne devrait pas dans les conditions normales d'exploitation laisser subsister au départ de la distribution plus de 0,10 mg de chlore libre par litre. (28)

10) Ammoniaque

L'ammoniaque est assez souvent rencontrée dans les eaux et traduit habituellement un processus de dégradation incomplète de la matière organique. Sa présence est à rapprocher des autres éléments azotés identifiés dans l'eau : nitrites et nitrates et des résultats de l'analyse bactériologique.

Il faut toutefois se souvenir que l'ammoniaque peut être rencontrée dans les eaux météoriques et dans celles provenant de sols tourbeux et marécageux. Dans ce dernier cas, elle a une origine

purement végétale. On a signalé aussi que dans certains puits garnis de tubes, il peut y avoir une production électrochimique d'ammoniaque.

Enfin l'ammoniaque est utilisée associée au chlore dans certains procédés de stérilisation. Il ne faut donc pas conclure trop rapidement et faire preuve de prudence dans l'interprétation des résultats. Une eau potable ne devrait pas renfermer plus de 0,5 mg/l d'azote ammoniacal. La présence d'ammoniaque dans l'eau peut entraîner le développement de certains germes donnant des goûts désagréables. Elle présente aussi l'inconvénient de nécessiter une augmentation de la consommation du chlore pour la stérilisation.

Effets sur la santé

La présence d'ammoniaque dans l'eau indique une possibilité de pollution par des bactéries, des eaux usées ou des déjections d'animaux. Des effets toxiques ne s'observent que pour des expositions supérieures à 200 mg/kg de poids corporel.

Toutefois, l'ammoniaque peut compromettre l'efficacité de la désinfection, provoquer la formation de nitrites dans les réseaux de distribution. (25)

L'augmentation de la température diminue légèrement la toxicité, par contre les fortes teneurs en CO₂ et les faibles teneurs en O₂ l'accroissent. La présence permanente d'ammoniaque à faible dose crée une certaine accoutumance des poisons à la toxicité. Par contre l'exposition répétée avec des intervalles de temps courts peut conduire à une toxicité cumulative ; l'élimination par l'organisme étant lente. (30)

11) Phosphates

On retrouve assez souvent des phosphates dans les eaux et habituellement la quantité ne dépasse pas 1 mg/l en P₂O₅. Dans l'eau de puits, la présence de phosphates peut être liée à une contamination par infiltration en provenance de fosses d'aisance ou de fumier. Dans le cas des eaux de surface ou de nappes, il peut s'agir d'infiltrations d'eaux résiduares industrielles ou d'eau de puits ayant traversé des terres cultivées renfermant des engrais phosphatés. Les phosphates sont des anions qui s'attachent très facilement aux minéraux du sol.

Dans certaines régions et en particulier dans les zones phosphatiques, la plupart des eaux renferment des traces dues aux terrains.

Le phosphore joue un rôle important dans le développement des algues, il est susceptible de favoriser leur développement dans les réservoirs et les grosses canalisations.

Enfin les phosphates rencontrés peuvent aussi provenir d'un traitement des eaux (poly phosphates). On peut admettre jusqu'à 1 mg de PO_4^{3-} par litre, surtout si la présence de phosphates n'est pas liée à une pollution humaine ou animale. Cependant, des doses supérieures peuvent être tolérées sans danger. La réglementation française prévoit que la teneur en P_2O_5 de l'eau livrée à la consommation ne dépassera pas 5 mg/l, et qu'un traitement à 2 mg/l est généralement suffisant.

Effets sur la santé

Les phosphates dégradent les qualités organoleptiques de l'eau (odeur, saveur, turbidité, couleur), bouleversent les conditions d'utilisation ne serait ce qu'en raison de son aspect inesthétique (putréfaction).

Les phosphates minéraux naturels contiennent certains radioéléments tels que le thorium, l'uranium et le radium 226 dans les proportions de quelques dizaines de picocuries par gramme de minerai. Approximativement 1% du radium 226, 60 à 80% de l'uranium présent dans les minerais sont dissous par le traitement acide au cours de la fabrication des engrais ; la majeure partie du radium reste dans les gypses. (30)

12) Potassium

Le potassium est un élément à peu près constant de l'eau. Les quantités trouvées sont habituellement très largement inférieures aux teneurs en sodium. Cet élément ne présente pas d'inconvénients pour la santé des populations. Il ne faut pas oublier qu'une partie de la radio-activité de l'eau peut être due au potassium 40.

13) pH

Le pH d'une eau représente son acidité ou son alcalinité. Dans les systèmes aqueux, le pH mesure l'équilibre acido-basique des composés en solution. Pour les eaux naturelles c'est l'équilibre carbonates – bicarbonates – anhydride carbonique qui intervient et leur pH se situe généralement entre 6,5 et 8,5.

Le pH est lié à tous les paramètres de qualité de l'eau. Le pouvoir germicide du chlore dans l'eau baisse quand le pH augmente. (12)

Aux pH inférieurs à 7 et dans les eaux polluées par les dérivés soufrés, il se forme le sulfure d'hydrogène (H_2S) qui donne à ces eaux une odeur « d'œuf pourri ».

Le pH est un élément important pour définir le caractère agressif ou incrustant d'une eau.

14) La couleur

L'eau potable examinée sous une épaisseur moyenne de 20 cm est incolore. Sous une épaisseur de quelques mètres, l'eau pure a une coloration bleue. En fonction de la turbidité et des matières en solution elle pourra virer au vert, jaune ou brun. Bien que l'eau colorée puisse ne pas être dangereuse, elle présentera des inconvénients et sera suspecte au consommateur.

La couleur de l'eau est généralement due aux substances organiques (matières humiques), aux métaux (fer, manganèse) ou à des rejets industriels colorés.

Les particules en suspension sont responsables de la couleur apparente et les matières dissoutes (humiques ou minérales) de la couleur vraie. La coloration des eaux naturelles a surtout pour origine le lessivage des fractions organiques des sols, la décomposition de ces fractions donne deux groupes de composés : les acides humiques et les acides fulviques. Parmi les métaux, le fer rougit l'eau, le manganèse la noircit, le cuivre la rend bleu - vert, le problème d'eau rougie est d'origine micro biologique.

Effet sur la santé

L'acceptabilité de la coloration d'une eau dépend des considérations organoleptiques. Sur le plan toxicologique l'eau de boisson contenant jusqu'à 2,5 mg/l d'acide humique est sans danger pour l'homme. (23)

La valeur indicative a été fixée à 15 UCV bien que toute coloration dépassant ce niveau soit décelée dans un verre d'eau par la plupart des gens.

15) La turbidité

La turbidité d'une eau est due aux matières en suspension dans cette eau. Dans les eaux naturelles ces particules proviennent de l'érosion des sols, sont de nature soit argileuse soit non argileuse (oxydes, hydroxydes de fer, d'aluminium, la silice) soit organique (débris végétaux et animaux).

La turbidité des eaux brutes varie généralement entre 1 et 1000 UNT.

Une forte turbidité peut protéger les microorganismes contre les effets de la désinfection et stimuler la croissance des bactéries. La valeur indicative est égale à 5 UNT, mais il est souhaitable de la ramener à des valeurs inférieures à 1 UNT en cas de désinfection. Une

turbidité de plus de 5 UNT peut être visible et par conséquent, mal accueillie par les consommateurs. (22)

16) Les solides totaux en solution

Les solides totaux en solution sont constitués par les sels inorganiques (principalement de calcium, de magnésium, de potassium, de sodium, de bicarbonates, de chlorures, de sulfates et de petites quantités de matières organiques en solution dans l'eau).

Ces corps dissous ont pour origine le lessivage naturel des roches de caractéristiques géologiques différentes ou l'apport des eaux usées des villes et des usines.

Dans les régions arides certains cours d'eau peuvent en contenir 15 g/l et les eaux saumâtres jusqu'à 35 g/l. (15)

Effets sur la santé

Les études épidémiologiques ont plutôt montré les effets bénéfiques des sels dissous sur la santé. Mais ces sels affectent le goût de l'eau dont la sapidité est évaluée comme suit.

excellente	< 300 mg/l
bonne	300 - 600 mg/l
passable	600 - 900 mg/l
mauvaise	900 - 1200 mg/l
inacceptable	> 1200 mg/l

Des eaux très pauvres en sels dissous peuvent être inacceptables à cause de leur insipidité.

17) La température

La température influence les différents équilibres chimiques dans l'eau. Le goût de l'eau est marqué à la température ambiante. L'eau perd ce goût lorsqu'elle est refroidie ou tiédie. L'élévation de température accentue l'odeur d'une eau contenant des composés volatiles. La température à travers la coagulation influence la turbidité et la coloration. Elle influence aussi la croissance des micro-organismes et les procédés de désinfection. L'élévation de température abrège la survie dans l'eau des kystes et œufs de parasites, les virus résistent mieux (le poliovirus survit six mois dans l'eau de robinet).

18) La résistivité

La mesure de résistivité permet d'évaluer rapidement mais approximativement la minéralisation globale d'eau potable.

La réglementation française insiste sur l'intérêt que présente cette mesure. Elle donne également les indications suivantes sur la relation existant entre la minéralisation et la résistivité.

Résistivité > 10 000 Ohm.cm : minéralisation très faible
5 000 Ohm.cm < R < 10 000 Ohm.cm : minéralisation faible
3 000 Ohm.cm < R < 5 000 Ohm.cm : minéralisation peu accentuée
1 500 Ohm.cm < R < 3 000 Ohm.cm : minéralisation moyenne
1 000 Ohm.cm < R < 1 500 Ohm.cm : minéralisation importante
R < 1 000 Ohm.cm : minéralisation excessive (26)

19) Conductivité

La mesure de la conductivité permet d'évaluer rapidement mais très approximativement la minéralisation globale de l'eau et d'en suivre l'évolution.

En France 90% des eaux superficielles ont une conductivité inférieure à 1 000 µs/cm. (32)

Le tableau suivant donne quelques indications sur la relation existant entre la minéralisation et la conductivité :

CND 100 µs/cm : minéralisation très faible
100 µs/cm < CND < 200 µs/cm : minéralisation faible
200 µs/cm < CND < 300 µs/cm : minéralisation moyenne
333 µs/cm < CND < 666 µs/cm : minéralisation moyenne accentuée
666 µs/cm < CND < 1 000 µs/cm : minéralisation importante
CND > 1000 µs/cm : minéralisation élevée

Une conductivité > à 1500 µs/cm fait considérer une eau comme difficilement utilisable dans les zones irriguées. (30)

V Quelques aspects sur la réglementation de la qualité de l'eau potable

Le tableau I rassemble les valeurs adoptées par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), la Communauté Economique Européenne et la France.

1) Recommandations de l'OMS

L'OMS a regroupé les paramètres en cinq catégories:

- qualité microbiologique,
- composés organiques ayant une conséquence sur la santé,
- composés inorganiques ayant une conséquence sur la santé,
- qualité esthétique,
- constituants radioactifs. (4)

Les valeurs citées le sont à titre de recommandations. Il importe ensuite à chaque pays, d'établir sa propre législation en fonction des critères locaux, en y incluant en particulier les critères économiques.

2) Directive de la C.E.E

Cette directive regroupe soixante deux paramètres regroupés en cinq catégories:

- ❖ paramètres organoleptiques.
- ❖ paramètres physico-chimiques.
- ❖ paramètres concernant des substances indésirables
- ❖ paramètres concernant des substances toxiques
- ❖ paramètres microbiologiques

Pour chaque paramètre, il est défini un Niveau – Guide (NG) : c'est la valeur qui est considérée comme satisfaisante et qu'il faut chercher à atteindre. Pour certains paramètres, il est également fixé une concentration maximale admissible (CMA). L'eau distribuée doit alors avoir une valeur inférieure ou égale à cette valeur. Lorsque la concentration dans l'eau brute est supérieure à cette valeur, il importe de mettre en œuvre le traitement correspondant.

La directive précise les méthodes d'analyses à utiliser pour la mesure de chaque paramètre. Elle indique également la fréquence et le modèle d'analyses à réaliser, en fonction de la population desservie par chaque installation de distribution.

3) Réglementation française

Elle est définie par le décret n° 89 – 3 du 3 janvier 1989 relatif aux eaux destinées à la consommation humaine, à l'exclusion des eaux minérales naturelles.

Les valeurs fixées par le décret sont des valeurs à ne pas dépasser (CMA). **(4)**

**TABLEAU I: REGLEMENTATION CONCERNANT LA QUALITE DE L'EAU
DESTINEE A LA CONSOMMATION (4)**

Paramètres	Directive CEE		France	Recommandation OMS
	CMA	NG		
Couleur mg/l PtCo	20	1	15	15
Turbidité UNT	4		2	5 ; en vue de la désinfection < 1
Température °C	25	12	25	
pH		6,5 - 8,5	6,5 - 9	6,5 - 8,5
Conductivité, µs/cm à 20°C	—	400	—	—
Chlorure mg/l Cl	—	25	250	250
Sulfate mg/l SO ₄	250	25	250	400
Calcium mg/l Ca	—	100	—	—
Magnésium mg/l Mg	50	30	50	—
Sodium mg/l Na	150	20	150	200
Potassium mg/l K	12	10	12	—
Dureté totale mg/l CaCO ₃	—	—	—	500
Nitrate mg/l NO ₃	50	25	50	44
Nitrite mg/l NO ₂	0,1		0,1	—
Ammonium mg/l NH ₄	0,5	0,05	0,5	—
Fer µg/l Fe	200	50	200	300
Phosphate µg/l P ₂ O ₅	5000	400	5000	—
Coliformes Totaux (100ml)	0		0,01	0,01
Coliformes Fécaux (100ml)	0		0	0

NG = Niveau - Guide

CMA = Concentration maximale admissible

**TABLEAU I : REGLEMENTATION CONCERNANT LA QUALITE DE L'EAU
DESTINEE A LA CONSOMMATION (4)**

Paramètres	Directive CEE		France	Recommandation OMS
	CMA	NG		
Couleur mg/l PtCo	20	1	15	15
Turbidité UNT	4		2	5 ; en vue de la désinfection < 1
Température °C	25	12	25	
pH		6,5 – 8,5	6,5 – 9	6,5 – 8,5
Conductivité. µs/cm à 20°C	—	400	—	—
Chlorure mg/l Cl	—	25	250	250
Sulfate mg/l SO ₄	250	25	250	400
Calcium mg/l Ca	—	100	—	—
Magnésium mg/l Mg	50	30	50	—
Sodium mg/l Na	150	20	150	200
Potassium mg/l K	12	10	12	—
Dureté totale mg/l CaCO ₃	—	—	—	500
Nitrate mg/l NO ₃	50	25	50	44
Nitrite mg/l NO ₂	0,1		0,1	—
Ammonium mg/l NH ₄	0,5	0,05	0,5	—
Fer µg/l Fe	200	50	200	300
Phosphate µg/l P ₂ O ₅	5000	400	5000	—
Coliformes Totaux (100ml)	0		0,01	0,01
Coliformes Fécaux (100ml)	0		0	0

NG = Niveau – Guide

CMA = Concentration maximale admissible

DEUXIEME PARTIE
TRAVAUX PERSONNELS

I - METHODOLOGIE

I METHODOLOGIE

1 Lieux de prélèvements

Tous les prélèvements ont été effectués dans le district de Bamako, d'une part dans les principaux réservoirs en raison de leur importante distribution en eau et d'autre part dans certains quartiers choisis au hasard.

a) Les principaux réservoirs

- **Réservoir du camp de garde**

Ce réservoir est situé dans le quartier de Dar el Salam au pied de la colline de Koulouba.

- **Réservoir de Missira**

Situé dans le quartier de Missira au pied de la colline du Point G, derrière le nouveau marché de Médine.

- **Réservoir de Badalabougou**

Situé sur la rive droite du fleuve Niger dans le quartier de Badalabougou près de la FAST (ancien lycée Badala)

b) Les différents quartiers

- **Djélibougou**

Situé en commune I du district de Bamako, les prélèvements ont été effectués au niveau de Djélibougou Extension dans une famille dont l'adresse est Rue 288 Porte 233

- **Medina – coura**

Situé en commune II du district de Bamako, les prélèvements ont été effectués au musée national.

- **Bozola**

Situé en commune II dans le district de Bamako, les prélèvements ont été effectués au Laboratoire de la Qualité des Eaux à la Direction Nationale de l'Hydraulique.

- **Djicoroni Para**

Situé en commune IV dans le district de Bamako, les prélèvements ont été effectués à l'Institut Marchoux.

- **Quartier Mali**

Situé en commune V dans le district de Bamako, les prélèvements ont été effectués dans une famille près de la grande mosquée du quartier Mali

2 Les prélèvements

Les prélèvements ont été effectués en trois périodes de l'année en raison de leur importance sur le plan hydrologique.

- pendant la saison froide du 01-12-98 au 25-01-99
- pendant la saison sèche du 02-03-99 au 26-04-99
- pendant la saison pluvieuse du 01-07-99 au 27-08-99

Ces prélèvements ont été effectués de façon hebdomadaire.

Au cours de notre travail, 96 prélèvements d'eau ont été tous analysés au Laboratoire de Qualité des Eaux.

3 Matériel et méthodes d'analyse

- Les méthodes de détermination des paramètres physiques : dont la température, la couleur, le pH, la conductivité et la turbidité
- Les méthodes de détermination des paramètres chimiques :
 - méthodes turbidimétriques,
 - méthodes volumétriques,
 - méthodes colorimétriques,
 - méthodes spectrales,

3-1. Méthodes de détermination des paramètres physiques

3.1.1. Détermination de la couleur

La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration. Les couleurs réelles et apparentes sont approximativement identiques dans l'eau claire et les eaux de faible turbidité.

- **Détermination de la couleur apparente**

- ❖ **Principe**

Une méthode classique consiste à comparer visuellement la couleur de l'eau à examiner avec celle des solutions de platine-cobalt de différentes concentrations. Les résultats sont alors exprimés en mg/l de platine.

Pour notre étude nous avons utilisé le comparateur de couleur Hellige Aqua-Tester. Cet appareil comprend une série de disques colorés transparents calibrés à la manufacture avec des solutions étalons de platine, une source lumineuse placée sous deux éprouvettes.

La première éprouvette remplie d'eau distillée sert de référence, la seconde reçoit l'échantillon. En faisant tourner le support des disques nous pouvons intercaler ceux-ci entre le système oculaire de l'instrument et l'éprouvette de référence.

Le disque qui nous permet d'apprécier la coloration de l'échantillon donne la valeur de celle-ci en unité Hazen.

1 unité Hazen correspond à 1 mg/l de platine.

- ❖ **Matériel**

a) Comparateur de couleur Hellige Aqua-Tester avec disque coloré de 0 à 50 unités Hazen

b) Éprouvette s'adaptant à cet instrument

L'échantillon doit être bien agité et ne pas être dilué.

3.1.2 Détermination du pH

La mesure du pH peut être faite par la méthode colorimétrique ou par la méthode électrométrique. Pour notre étude nous avons utilisé la méthode électrométrique utilisée pour des mesures précises. Elle est également appliquée dans des cas particuliers comme par exemple la mesure du pH des eaux très douces, des eaux contenant des protéines.

❖ Principe

La différence de potentiel existant entre une électrode de verre spécifique à l'activité des ions hydrogènes et une électrode de référence (calomel – KCl saturé) plongeant dans une même solution, est une fonction linéaire du pH de celle – ci. Selon les lois de Nernst, le potentiel de l'électrode est lié à l'activité des ions H^+ présents par la relation :

$$E = E_0 + \frac{RT}{nf} \log a_{H^+}$$

E : potentiel mesuré

E₀ : constante dépendant du choix de l'électrode de référence et des solutions internes

R : constante des gaz (J/°c) en joules par degré

T : température absolue (°c)

n : charge de l'ion

f : constante de Faraday (96.500 coulombs)

a_{H⁺} : activité de l'ion (H^+) dans l'échantillon

• Matériel

a) pH – mètre crison (micropH 200)

c'est un pH – mètre à microprocesseur ayant les caractéristiques suivantes :

- gamme de mesure : 0 à 14 unités de pH
- un écran
- électrode combinée de pH Ingold

- câble de connexion pour électrode
- compensateur automatique de température
- sonde de température (crison)
- solution interne de KCl 3M + AgCl

b) solutions tampons pH = 4 et pH = 7

c) agitateur

Mode opératoire

1) Etalonnage de l'appareil

- brancher l'appareil à une prise de courant
- mettre l'interrupteur à ON
- attendre 10 mn pour le chauffage de l'appareil
- appuyer sur la touche concentration une fois et sur la touche pH une fois,

Le chiffre 7 apparaît sur l'écran

- introduire l'électrode combinée et la sonde de température dans la solution tampon pH = 7
- mettre l'agitateur en marche pour homogénéiser la solution tampon pH = 7
- appuyer sur la touche concentration, après enregistrement de la solution tampon pH = 7

Le chiffre 4 apparaît sur l'écran

- rincer l'électrode et la sonde de température avec de l'eau distillée, essuyer à l'aide d'un papier fin
- mettre l'électrode combinée et la sonde de température dans la solution tampon pH = 4 agiter à l'aide d'un agitateur puis appuyer sur la touche concentration
- après enregistrement le chiffre 0 apparaît sur l'écran
- l'appareil est ainsi étalonné.

2) Mesures

- prélever 100 ml d'échantillon, plonger l'électrode combinée et la sonde de température
- mettre l'agitateur en marche puis appuyer sur la touche pH deux fois pour la mesure de plusieurs échantillons en continues et 1 fois s'il s'agit d'un seul échantillon
- le pH de l'échantillon apparaît sur l'écran

Remarques

Les électrodes de verre doivent être utilisées très propres et conservées dans l'eau distillée.

3.1.3 Détermination de la conductivité

Définition

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm^2 de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm. Elle est l'inverse de la résistivité électrique.

Principe

La mesure est basée sur le principe du pont de Wheatstone en utilisant une électrode en verre dotée d'une cellule de conductivité et reliée à un conductimètre qui permet une lecture directe sur un cadran numérique.

Appareil

Le conductimètre utilisé est le type : WTWLF 521 qui dispose d'un compensateur de température et d'un correcteur de constante de cellule.

Le calibrage de l'appareil comprend deux grandes étapes : la détermination du coefficient de compensation de la température et le réglage de la constante de cellule.

- Détermination du coefficient de compensation de la température

Déconnecter la sonde de température, en mettant le compensateur de température à zéro. Mesurer la conductivité d'une même solution à deux températures différentes.

Soient C_1 à la température T_1

C_2 à la température T_2 avec $T_2 > T_1$

$$\text{Le coefficient compensateur} = \frac{C_2 - C_1}{T_2 - T_1} \times \frac{1}{C_2} \times 100$$

On met le bouton compensateur de température à la valeur du coefficient compensateur et les valeurs mesurées avec la sonde donneront la conductivité à 25°C .

- Réglage de la constante de cellule

La constante de cellule varie selon la géométrie de chaque cellule.

La détermination de cette constante se fait en mesurant à une température T_1 , la conductivité C_1 d'une solution de KCl dont la conductivité C est connue à cette température.

$$K = \frac{C}{C_1}$$

Régler le bouton correcteur de constante sur la valeur de k .

Lecture

Plonger l'électrode et la sonde dans un bêcher de haute forme contenant de l'eau convenablement agitée et lire sur le cadran la conductivité à 25°C.

3.1.4 Calcul de la minéralisation ou matières dissoutes à partir de la conductivité (15)

Conductivité (k) en ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	Minéralisation ou matières dissoutes (mg/l)
$k < 50$	$1,3659079 \times k$ à 20°C
$50 < k < 166$	$0,947658 \times k$ à 20°C
$166 < k < 333$	$0,769574 \times k$ à 20°C
$333 < k < 833$	$0,715920 \times k$ à 20°C
$833 < k < 10.000$	$0,758544 \times k$ à 20°C
$k > 10.000$	$0,850432 \times k$ à 20°C

3.1.5. Détermination de la turbidité

Méthode Néphélométrique

La turbidité est un paramètre qui évalue la diminution de la transparence de l'eau due à la présence de matières inorganiques (argile, limon) ou organiques (plancton, matière organique très fine) en suspension.

Les méthodes de détermination de la turbidité se basent sur trois principes :

La mesure du rapport des intensités de la lumière diffusée en angle droit par effet Tyndall et la lumière incidente. Cette mesure est réalisée à l'aide d'un néphélomètre.

La mesure du rapport entre les intensités de la lumière transmise en ligne droite à travers une certaine épaisseur d'eau et la lumière incidente.

La mesure de la profondeur à laquelle un objet disparaît sous la surface de l'eau.

Pour notre étude nous avons utilisé le turbidimètre model 2 100 A opérant suivant le premier principe : en utilisant l'effet Tyndall. Ce turbidimètre comprend :

- une source lumineuse
- une cuvette pour contenir l'eau
- un photomultiplicateur
- un cadran numérique
- des solutions étalons qui varient de 0 à 1 000 NTU
- un agitateur

Principe

Le faisceau lumineux traverse horizontalement la cuvette contenant l'échantillon, une partie de cette lumière est diffusée par effet Tyndall grâce aux particules en suspension. Le photomultiplicateur d'électron situé à un angle de 90° par rapport au faisceau lumineux capte les photons diffusés et transforme cette énergie lumineuse en signal électrique dont le potentiel est fonction de la turbidité.

Lecture

Elle se fait directement sur le cadran numérique en unité néphélométrique de turbidité. (U.N.T)

Mode opératoire

- Mettre l'appareil en marche, en mettant l'interrupteur sur « ON » quelques minutes avant les opérations.
- Mettre l'appareil au « zéro » à l'aide du vis de réglage électrique.

- Puis calibrer l'appareil avec les différents étalons soit de 0 à 1 soit 0 à 1 000 NTU selon le besoin.
- Agiter convenablement l'échantillon avant de l'introduire dans l'éprouvette
- La valeur de la turbidité apparaît sur le cadran.

3-2 Méthodes de détermination des paramètres chimiques

3.2.1 Méthodes turbidimétriques

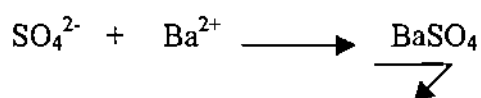
Cette méthode a été utilisée pour le dosage des sulfates.

Dosage des sulfates

La méthode la plus classique est sans doute la méthode gravimétrique, qui n'est pas satisfaisante pour les teneurs faibles en sulfates. Elle est basée sur la réaction avec les ions baryum Ba^{2+} . Mais dans notre étude nous utiliserons la méthode turbidimétrique qui est la plus couramment utilisée.

Principe

La précipitation des ions sulfates avec les ions baryum en milieu acide (HCl) donne des cristaux de sulfates de baryum de dimensions homogènes.



Interférences

Dans les eaux potables il n'y a pas d'autres ions qui précipitent en même temps que les sulfates avec le baryum.

La couleur et les solides en suspension peuvent interférer. Étant donné les faibles concentrations en sulfates, il est recommandé de passer un témoin avec chaque échantillon.

Matériel

- Turbidimètre
- Agitateur magnétique
- Chronomètre

Réactifs

- Réactif de conditionnement : mélanger 50 ml de glycérol avec une solution contenant 30 ml de HCl, 300 ml d'eau désionisée, 100 ml d'alcool éthylique ou isopropylique et 75 g de NaCl
- BaCl₂ en cristaux
- Solution étalon de 100 ppm de SO₄²⁻

Dissoudre 147,9 mg de Na₂ SO₄ anhydrique dans l'eau désionisée et compléter à 1 litre.

Mode opératoire

1. Introduire 100 ml de l'échantillon dans un erlenmeyer de 250 ml et ajouter 5 ml du réactif de conditionnement, mélanger et agiter
2. Ajouter une petite cuillerée (capacité 0,2 à 0,3 mg) de BaCl₂, agiter immédiatement et pendant une minute à vitesse constante.
3. Juste après la fin de l'agitation mesurer la turbidité à intervalle de 30 secondes pendant 4 mn. Prendre comme lecture T₁ la turbidité maximale obtenue. Procéder de même pour les étalons (0 à 40 ppm)
4. Suivre la première étape du mode opératoire avec les échantillons (pas nécessaire de le faire avec les étalons) et mesurer la turbidité T₂.

Cette lecture servira à faire la correction pour la couleur naturelle et la turbidité des échantillons. On obtient alors la turbidité réelle. $T_{réelle} = T_1 - T_2$

Tracer un graphique de la turbidité en fonction de la concentration en utilisant les turbidités réelles.

Rapporter les résultats avec des chiffres décimaux.

Remarque

- Cette méthode n'est pas applicable aux concentrations supérieures à 40 mg/l. Dans ces cas procéder à la dilution des échantillons.
- La température affecte la turbidité de la suspension de BaSO₄. Les étalons et les échantillons doivent être conservés entre 20° - 25°C

3.2.2. Méthodes volumétriques

Ces méthodes seront utilisées pour la détermination de la dureté totale et des teneurs en calcium, magnésium, carbonates, bicarbonates, azotes ammoniacal et organique, chlorures, matières organiques.

3.2.2.1. Détermination de l'Alcalinité

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence des hydrogénocarbonates (bicarbonates) carbonates et hydroxydes.

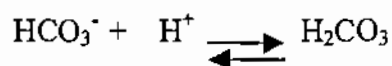
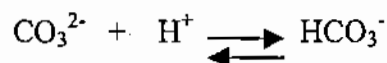
Définitions

- Le titre alcalimétrique ou TA mesure la teneur de l'eau en alcalis libres et en carbonates alcalins caustiques.
- Le titre alcalimétrique complet TAC correspond à la teneur de l'eau en alcalis libres, carbonates et hydrogénocarbonates (bicarbonates)

Principe

Il est basé sur une réaction de neutralisation acide – base, grâce aux propriétés alcalines des ions HCO_3^- et CO_3^{2-}

Réactions



Matériels et réactifs

En plus du matériel et des réactifs de la détermination du pH, il y a la burette de titration.

Mode opératoire

Pipeter 100 ml de l'échantillon et mesurer le pH.

Si le pH est $> 8,3$, titrer avec la solution de H_2SO_4 0,02 N jusqu'à pH = 8,3.

Soit a (ml) la lecture de la burette

Si le pH est $< 8,3$, passer directement à l'étape suivante.

Continuer à titrer jusqu'à pH 4,5 soit b(ml) le volume total d'acide employé.

Calcul

$$\text{Hydroxydes} = \frac{0,02 \times X \times 17}{100} \times 1000 = 3,4 \times X (\text{mg/l OH}^-)$$

$$\text{Alcalinité T} = \frac{0,02 \times X \times 50}{100} \times 1000 = 10 \times X (\text{mg/l CaCO}_3)$$

$$\text{CO}_3^{2-} = \frac{0,02 \times X \times 30}{100} \times 1000 \qquad \text{CO}_3^{2-} = 6 \times X (\text{mg/l CO}_3^{2-})$$

$$\text{Bicarbonates} = \frac{0,02 \times X \times 61}{100} \times 1000 = 12,2 \times X (\text{mg/l HCO}_3^-)$$

Légende X = volume de H₂SO₄ 0,02 N lue sur la burette suivant les cas X = a ml ou
X = b ml

Remarques

- La détermination des carbonates et des bicarbonates doit être faite immédiatement après la réception de l'échantillon.
- Les anions d'acides faibles qui ne sont pas dissociés à pH > 4,5 seront dosés en même temps que les carbonates et bicarbonates, tel est le cas des silicates, phosphates et borates
- Le choix de pH 4,5 comme point final de la titration des bicarbonates est approximatif.

Pour un dosage exact, ce point devrait être déterminé à partir de la courbe de neutralisation de chacun des échantillons.

3.2.2.2 Détermination de la Dureté par la méthode complexométrique (Schwarzenbach 1945)

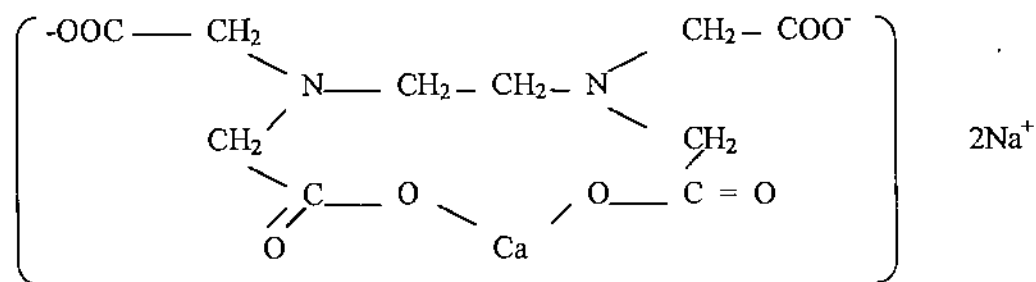
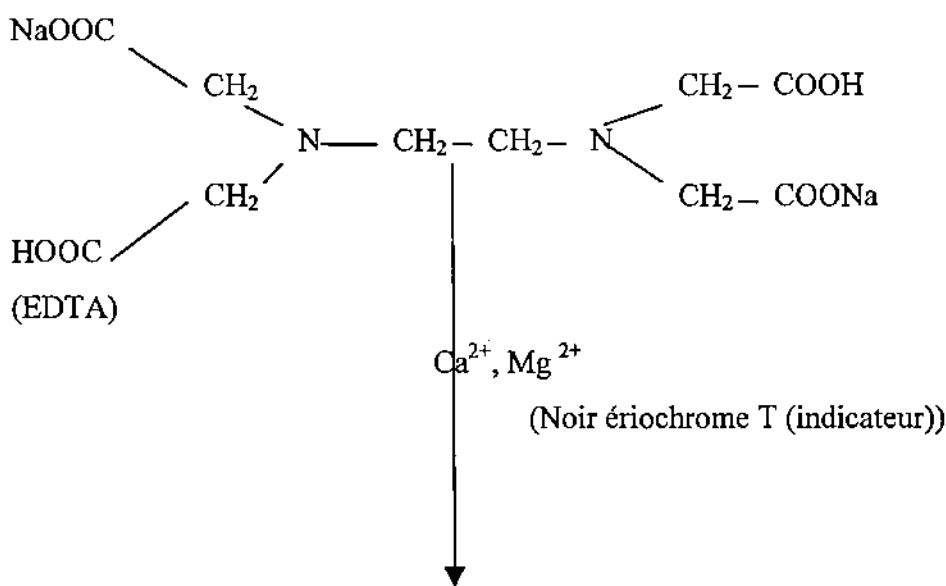
Principe

La méthode est basée sur la réaction des alcalino-terreux avec le sel de l'E.D.T.A pour former un complexe de type chélaté.

La disparition des dernières traces des ions alcalino-terreux est décelée par le virage d'un indicateur spécifique de la dureté, le noir ériochrome T.

La réaction de complexation fait intervenir directement les ions H^+ . Ainsi le pH du milieu a une influence sur la formation de ces complexes. En pratique nous avons utilisé un milieu tamponné à $pH = 10 \pm 0,1$

Réaction



Matériel

burette de titration

Réactifs

- a. Solution tampon: dissoudre 16,9 g de NH_4Cl dans 143 ml de NH_4OH concentré. Ajouter 1,25 g de sel de magnésium de l'E.D.T.A et diluer à 250 ml avec de l'eau désionisée.
- b. Noir eriochrome T en poudre.
- c. Solution étalon d'E.D.T.A 0,01 M: peser 3,723 g du sel dissodique EDTA dihydraté de qualité analytique et dissoudre dans l'eau désionisée, compléter à 1 litre.

Mode opératoire dureté totale

1. A 25 ml de l'échantillon ajouter 25 ml d'eau désionisée puis 1 à 2 ml de la solution tampon.
2. Mettre environ 0,5 mg de noir eriochrome T et titrer avec l'E.D.T.A jusqu'à virage au bleu. L'addition de l'E.D.T.A se fait doucement et sous agitation convenable.

$$\text{Calcul} \quad \text{Dureté totale: } DT = \frac{A \times B}{N \text{ ml de L'échantillon}} \times 1000 \quad (\text{mg/l CaCO}_3)$$

A = nombre de ml de EDTA ajouté

B = nombre de mg de CaCO_3 équivalent à 1 ml d'EDTA 0,01 M

DT = Exprimée en mg/l CaCO_3

Remarque

La solution tampon doit être gardée dans un flacon en polyéthylène bien fermé pour éviter une perte en ammoniac et l'absorption de CO_2 . Cette solution doit être préparée tous les mois.

3.2.2.3. Détermination du calcium

Principe

Le principe est le même que pour la dureté totale, sauf que la titration se fait en milieu basique fort ($\text{pH} = 12 - 13$) dans le but d'éliminer par précipitation tout le magnésium.

Matériel	burette de titration
Réactifs	NaOH 1N
	EDTA 0,01 M
	Calcon en poudre.

Mode opératoire

1. A 50 ml de l'échantillon ajouter 2 ml de NaOH 1N.
2. Ajouter quelques petits cristaux de calcon et titrer jusqu'à apparition de la coloration bleue.

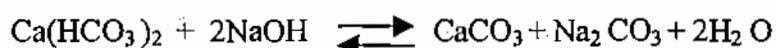
$$\text{Calcul} \quad \frac{A \times B \times 0,4008}{N \text{ ml de l'échantillon}} \times 1000 \quad (\text{mg/l de Ca})$$

A = nombre de ml de EDTA ajouté.

B = nombre de mg de CaCO₃ équivalent à 1 ml de solution de l'E.D.T.A.

Remarque

Dans les eaux de fortes teneurs en bicarbonates (alcalinité > 300 mg/l de CaCO₃) l'addition de soude donne la réaction suivante:



La précipitation de CaCO₃ fausse les résultats. Il est nécessaire d'utiliser le procédé qui suit :

- ajouter à la prise d'essai de l'acide sulfurique 0,02 N jusqu'à pH = 4,5.
- bouillir pendant une minute, refroidir et procéder à la titration.

3.2.2.4. Détermination du magnésium

Elle se fait par calcul selon la formule suivante :

$$\text{Mg} = \frac{\text{DT} - (2,497 \times \text{D Cal})}{4,118} = (\text{mg/l de Mg})$$

DT = Dureté totale

D Cal = Dureté calcique

3.2.2.5. Détermination des Chlorures

Trois méthodes sont généralement utilisées pour le dosage des chlorures :

- la méthode potentiométrique ou coulométrique utilisée dans le cas des eaux naturelles colorées ou troubles ou encore ayant une très faible concentration de chlorures.
- la méthode de Charpentier - Volhard: dosage en retour en milieu nitrique par du nitrate d'argent par une solution titrée de sulfocyanure d'ammonium ou de potassium avec comme indicateur de l'alun ferrique, utilisée pour des concentrations inférieures à 250 mg/l.
- la méthode de Mohr choisie pour sa précision et de sa facilité à mettre en œuvre.

Méthode de Mohr

Les chlorures présents dans les eaux douces naturelles ont trois origines possibles :

- les dépôts d'origine marine tels que les évaporites
- l'altération des roches d'origine ignée (sodalite, apatite, micas)
- les apports des précipitations, qui sont plus importants à proximité de la mer.

Une méthode analytique, classique pour la détermination des chlorures est celle de Mohr

Principe

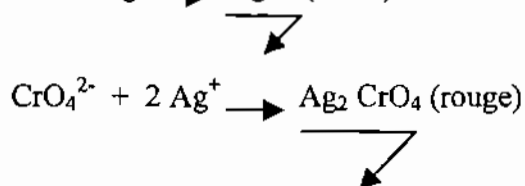
Le titrage est réalisé avec du AgNO_3 en présence de K_2CrO_4 comme indicateur.

Au point d'équivalence la première goutte en excès de AgNO_3 réagira avec le chromate pour former un précipité rouge de Ag_2CrO_4 .

Les conditions de dosage doivent être telles que le AgCl soit précipité quantitativement avant que la précipitation du chromate soit perceptible.

Réactions chimiques

Titration



Mécanismes de l'équilibre

A 25°C au point d'équilibre entre les deux phases solides (AgCl et Ag₂CrO₄) et la solution, nous aurons :

$$[\text{Ag}^+][\text{Cl}^-] = K_S = 10^{-10}$$

Au point d'équilibre

$$[\text{Cl}^-] = [\text{Ag}^+] \Rightarrow [\text{Ag}^+][\text{Cl}^-] = [\text{Ag}^+]^2 = 10^{-10} \Rightarrow [\text{Ag}^+] = 10^{-5}$$

Nous pouvons calculer la concentration théorique de chromate à laquelle le Ag₂CrO₄ commencerait à précipiter une fois atteint le point d'équivalence :

$$K_2 = [\text{Ag}^+]^2 [\text{CrO}_4^{2-}] \Rightarrow [\text{CrO}_4^{2-}] = \frac{K_2}{[\text{Ag}^+]^2} = \frac{2 \cdot 10^{-12}}{10^{-10}} = 2 \cdot 10^{-2}$$

Il est facile de comprendre qu'un certain excès d'argent est nécessaire pour que l'œil humain soit capable de percevoir la couleur rouge du Ag₂CrO₄

Matériel

- burette de titration
- lunettes à verre de couleur jaune ou une source lumineuse de la même couleur.

Réactifs

- Indicateur de chromate de potassium : dissoudre 50 g de K₂CrO₄ dans un peu d'eau ultra pure. Ajouter du AgNO₃ jusqu'à formation d'un précipité rouge. Laisser reposer pendant 12 heures, filtrer et diluer le filtrat à 1 litre avec de l'eau ultra pure.

- b) Solution étalon de nitrate d'argent 0,0141N : dissoudre 2,0395 g de AgNO_3 dans de l'eau ultra pure et compléter à 1 litre. Etalonner avec du NaCl 0,0141N d'après le mode opératoire.
- c) Solution étalon de chlorure de sodium 0,0141 N : dissoudre 0,8241 g de NaCl (séché à 140°C pendant toute la nuit) dans de l'eau ultra pure et compléter à 1 litre, $1,00 \text{ ml} = 0,500 \text{ mg de Cl}^-$
- d) Solution de NaOH 1 N : dissoudre 40 g de NaOH dans de l'eau ultra pure, laisser refroidir et compléter à 1 litre.
- e) Solution de $\text{H}_2 \text{SO}_4$ 1N : ajouter doucement et en agitant 28 ml de $\text{H}_2 \text{SO}_4$ concentré à environ 400 ml d'eau ultra pure. Laisser refroidir et compléter à (1) litre.

Mode opératoire

1. Si le pH de l'échantillon n'est pas compris entre 7 - 10, prélever une partie aliquote d'échantillon de 20 ml et déterminer la quantité de NaOH ou $\text{H}_2 \text{SO}_4$ 1N nécessaire pour ajuster le pH dans cet intervalle.
2. Pipeter 100 ml d'échantillon dans un erlenmeyer de 250 ml, si nécessaire, ajouter la quantité requise de NaOH ou $\text{H}_2 \text{SO}_4$ déterminée auparavant.
3. Ajouter 1,0 ml de $\text{K}_2 \text{CrO}_4$. Titrer avec la solution étalon de AgNO_3 jusqu'au virage jaune - rougeâtre. Procéder de la même façon avec un témoin.
4. Etalonner le AgNO_3 avec du NaCl 0,014 1N en suivant la même procédure.

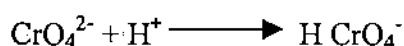
Calcul

$$\text{Cl}^- \text{ mg/l} = \frac{(A - B) \times N \times 35,450}{100}$$

Exprimer les concentrations inférieures à 100 ppm avec un chiffre décimal, les concentrations supérieures avec des chiffres entiers.

Remarques

- Ne pas ajuster le pH directement sur l'échantillon à titrer. L'électrode de référence du pH-mètre contient une solution saturée de KCl qui contaminerait l'échantillon.
- Il est très important d'ajuster le pH de l'échantillon entre 7 et 10. En milieu acide la sensibilité de l'indicateur diminuerait à cause de la faible constance de la deuxième dissociation de l'acide chromique, les ions chromates réagissent de la façon suivante :



Si le pH est supérieur à 10, le AgOH précipiterait avant le $\text{Ag}_2 \text{CrO}_4$.

3.2.3. Méthodes Spectrales

Elles permettront le dosage du sodium et du potassium

Principe

Lorsqu'une solution est pulvérisée dans une flamme le solvant s'évapore, les sels dissous et leurs produits de décomposition sont dissociés à l'état d'atomes ou de radicaux. Ceux-ci excités par l'énergie thermique de la flamme, leur retour à l'état fondamental s'accompagne de l'émission d'une radiation de fréquence caractéristique de l'élément en solution et dont l'intensité est fonction de sa concentration.

Appareil

L'appareil utilisé est le Photomètre à flamme 410 qui opère à basse température et permet de doser le sodium, le potassium, le lithium, le calcium et le baryum.

Réactifs

Une gamme de solutions standards

NB:

- les solutions doivent être gardées à l'abri de la lumière et à une température $< 25^{\circ} \text{C}$
- ne pas les conserver dans les récipients en verre ou les exposer longtemps à l'air.

Réglage préliminaire

- connecter le compresseur à l'arrière du 410
- vérifier que le tube en "U" est rempli d'eau
- tourner le bouton de réglage de gaz complètement dans le sens inverse des aiguilles d'une montre, ne pas forcer
- ramener le bouton de réglage de gaz dans le sens inverse des aiguilles d'une montre, d'un nombre de tours comme indiqué ci dessous :

Gaz utilisé =	propane	butane	gaz naturel
Nombre de tours =	9	11	16

Mode opératoire

1. Placer le sélecteur de filtre sur la position convenable (Na ou K)
2. Placer le tube d'entrée du pulvérisateur dans un bêcher contenant environ 100 ml de diluant (eau désionisée) et attendre 15 minutes pour que la température se stabilise.
3. Pendant ce temps préparer la gamme de calibrage pour le sodium et le potassium : 0, 2, 4, 10, 14, 20, 24 en ppm
4. Pendant l'aspiration du diluant, ajuster le réglage "blank" pour que l'affichage indique zéro.
5. Prélever le standard de concentration la plus élevée.
6. Attendre 20 secondes pour que l'affichage indique une valeur satisfaisante (100mv).
7. Régler délicatement le bouton "fuel" pour obtenir une valeur élevée. Procéder par petits réglages successifs à intervalle de plusieurs secondes.
8. Retirer la solution standard, attendre 10 secondes, régler l'affichage à 0,0 à l'aide du bouton "blank". Retirer le diluant et attendre 10 secondes.
9. Reprendre les points 5,6 et 8 jusqu'à ce que la lecture ne s'écarte pas de plus $\pm 0,02$ et la lecture du standard de $\pm 0,01$.
10. Aspirer chaque standard pendant 20 secondes en commençant par la concentration la plus faible pour éviter les contaminations et attendre 10 secondes entre chaque mesure. Noter les valeurs affichées et tracer la courbe de calibrage.
11. Diluer les échantillons dont les concentrations ne sont pas dans la gamme.
12. Récalibrer (5 à 9) le 410 si cela s'avère nécessaire.

Procédure d'arrêt

Aspirer le diluant pendant 2 minutes (nettoyage)

Pour une interruption de courte durée (2 heures) éteindre le 410 à l'aide du bouton "Power"

Pour une interruption plus longue, couper l'arrivée du gaz à sa source. Lorsque le voyant "flamme on" s'éteint arrêter le 410 à l'aide de "power".

3.2.4. Méthodes colorimétriques (11)

3.2.4.1. Mesures colorimétriques

La plupart des dosages colorimétriques comportent trois phases principales :

- préparation de l'échantillon

- préparation du spectrophotomètre
- lecture de la concentration

a) Préparation de l'échantillon

La première tâche dans tout dosage colorimétrique est la préparation de l'échantillon, qui consiste à ajouter le contenu d'une gélule de réactif en poudre pré mesuré à 25 ml d'échantillon et attendre le temps de développement de la réaction colorée. Il est important d'observer la période d'attente précisée dans chaque méthode d'analyse pour être certain que la coloration (due à la réaction du réactif avec la substance à mesurer) se développe complètement. La plupart des méthodes donnent également une limite supérieure de temps après laquelle la coloration peut commencer à diminuer d'intensité.

b) Préparation du spectrophotomètre

Dans notre étude nous avons utilisé le spectrophotomètre model HACH DREL / 5

Le réglage du spectrophotomètre comprend l'installation de l'échelle graduée, la sélection de la longueur d'onde, la vérification du zéro électrique (Left Set) la sélection du mode normal ou expansé et le réglage de l'appareil.

Chaque méthode d'analyse précise les variables pour chaque détermination particulière. Des échelles graduées individuelles fournissent des lectures directes (généralement en mg/l) de l'élément à analyser.

c) Lecture de la concentration

Après le temps de développement approprié, la coloration peut être mesurée. L'échantillon préparé est placé dans le puits de mesure à la place de l'essai à blanc et la concentration est lue. Le couvercle du puits de mesure doit être fermé lors de la lecture. Les flacons colorimétriques doivent être placés avec l'une des faces déployées vers l'opérateur.

Mode opératoire

1. Mesurer 25 ml d'eau à l'éprouvette, verser cet échantillon dans un flacon colorimétrique propre.
2. Ajouter le contenu d'une gélule de réactif au flacon colorimétrique et agiter pour mélanger, le flacon étant soigneusement bouché, laisser reposer pendant trois à dix ; il apparaît une coloration variable suivant l'élément à analyser.

3. Remplir un autre flacon colorimétrique avec de l'eau "essai à blanc" et le placer dans la cellule de mesure. Fermer le couvercle. Introduire l'échelle graduée correspondant dans le galvanomètre et régler la longueur d'onde à la valeur correspondante.
4. Placer le commutateur de gammes sur LEFT SET et vérifier le zéro électrique. Si nécessaire, faire coïncider l'aiguille avec l'extrémité gauche de l'arc sur l'échelle graduée au moyen du bouton de réglage LEFT SET.
5. Placer le commutateur de gammes sur Norm et amener l'aiguille à zéro mg/l au moyen des boutons de réglage RIGHT SET.
6. Placer l'échantillon préparé dans la cellule de mesure à la place de l'essai à blanc et fermer le couvercle. Lire la concentration qui est généralement exprimée en mg/l

3.2.4.2. Détermination de l'azote ammoniacal

Gamme: 0 - 2 mg/l

Méthode de Nessler

Longueur d'onde à 425 nm.

- **Réactifs et accessoires nécessaires**

- réactifs de Nessler
- compte - gouttes gradué de 1,0 ml
- éprouvette graduée 25 ml
- échelle graduée Nitrogen Ammonia (Nessler Method)

- **Coloration**

En présence d'azote ammoniacal, une coloration jaune se développe.

- **Remarque**

Ne pas attendre plus de 25 minutes le développement complet de la coloration.

- **Mode opératoire**

Identique au mode opératoire de la mesure colorimétrique (cf. 3.2. 4.1)

3.2.4.3. Détermination du fer total

Gamme: 0-0,7 mg/l

Méthode ferrozine

Longueur d'onde 562 nm

- **Réactifs et accessoires nécessaires**

- gélule de solution ferrozine
- éprouvette graduée 25 ml
- échelle graduée Iron (Ferrozine Method)
- pince coupante

- **Coloration**

En présence de fer, une coloration pourpre se développe. Attendre 5 mn au moins et 30 mn au plus

- **Mode opératoire**

Voir mode opératoire de la mesure colorimétrique (3.2.4.1)

3.2.4.4 Détermination du nitrate

Gamme: 0-30 mg/l

Méthode de réduction au cadmium

Longueur d'onde 500 nm

- **Réactifs et accessoires nécessaires**

- gélules de réactif Nitraver 5
- pince coupante
- bouchon en caoutchouc
- flacon colorimétrique
- échelle graduée Nitrate (Nitraver 5 Method)

- **Coloration**

Une coloration ambre se développe en présence de nitrates. Attendre 5 mn au moins et 15 mn au plus

- **Mode opératoire**

Se référer au mode opératoire de la mesure colorimétrique (3.2.4.1).

3.2.4.5 Détermination des nitrites

Gamme basse : 0-0,2 mg/l

Méthode par Diazotation

Longueur d'onde 500 nm

- **Réactifs et accessoires nécessaires**

- gélules de réactif Nitriver 3
- pince coupante
- bouchon en caoutchouc
- flacon colorimétrique
- échelle graduée Nitrite (Nitriver 3 Method)

- **Coloration**

En présence de nitrites, une coloration rose se développe. Attendre 10 mn au moins et 15 mn au plus

- **Mode opératoire**

Se référer au mode opératoire de la mesure colorimétrique (3.2.4.1).

3.2.4.6. Détermination des ortho-phosphates

Faible concentration : 0-2 mg/l

Méthode à l'acide ascorbique

Longueur d'onde 700 nm

- **Réactifs et accessoires nécessaires**

- gélules de réactif Phosver 3
- pince coupante
- bouchon en caoutchouc
- flacon colorimétrique
- échelle graduée Phosphate (Phosver 3 Method)

- **Coloration**

En présence de phosphates, une coloration bleue se développe. Attendre 2 mn au moins et 10 mn au plus

- **Mode opératoire**

Se référer au mode opératoire de la mesure colorimétrique (3.2.4.1).

3.2.4.7. Dosage du chlore libre résiduel

Appareillage

L'Appareil utilisé est un comparateur visuel formé d'un disque rotatif portant de petites rondelles de verre coloré, une boîte munie d'un oculaire frontal et renfermant deux cellules disposées de façon qu'elles soient simultanément dans le champ de l'oculaire. L'une des cellules, contenant un échantillon d'eau sans réactif, est disposée dans l'alignement avec les rondelles de verre coloré placées sur la roue avec des ampoules contenant les étalons.

L'échantillon d'eau renfermant le réactif est placé dans l'autre cellule.

Réactifs

Comme la plupart des comparateurs sont destinés à être employés avec un réactif fourni par le fabricant, il faut en avoir une réserve suffisante, mais généralement on se sert de deux réactifs, la diéthyl N,N paraphénylène diamine (D.P.D) et toluidine (T)

Mode opératoire

- A. Rincer deux ou trois fois l'une des cuves du comparateur puis la remplir de l'échantillon d'eau, jusqu'au repère indiqué sur la cuve.
- B. Placer la cuve dans le boîtier du comparateur, elle est automatiquement alignée avec l'étalon coloré **B**
- C. Rincer la seconde cuve et la remplir avec la même eau.
- D. Ajouter le réactif dans la seconde cuve, conformément aux instructions du fabricant.
- E. Agiter la cuve pendant trois à cinq secondes au maximum de façon à mélanger le réactif.

F. Placer la cuve dans le comparateur A

G. En tenant le comparateur dirigé vers la lumière du jour, de façon à bénéficier d'un bon éclairage, faire tourner le disque jusqu'à ce que la couleur de l'étalon B soit identique à la couleur apparue sous l'action du réactif A.

Dans un délai de moins de 20 secondes, lire sur l'appareil la concentration du chlore libre en mg/l.

3-3 Analyse bactériologique des eaux

Les analyses bactériologiques de l'eau ont pour objet de détecter la présence de coliformes (totaux, fécaux), de déduire leur nombre (numération des germes) et de rechercher les pathogènes.

Les coliformes sont reconnus comme étant les indicateurs universels de pollution d'origine fécale.

Méthode utilisée

Dans notre étude nous avons utilisé la méthode de la membrane filtrante pour déterminer ces bactéries.

Technique de détection des coliformes

- **Méthode de la membrane filtrante (24)**

Par cette méthode, on détermine le nombre des coliformes présents dans l'eau en filtrant un volume déterminé (100 ml) de l'échantillon à travers une membrane, généralement faite d'esters cellulosiques. Les bactéries présentes dans l'échantillon sont retenues à la surface de la membrane ou dans son voisinage, on place ensuite celle-ci face vers le haut sur un milieu approprié contenant du lactose et on met à incuber. Toutes les colonies qui se développent et produisent de l'acide ou de l'aldéhyde sont dénombrées soit comme coliformes présumés soit comme il n'est pas possible de déterminer s'il y a ou non-production de gaz sur les membranes, on admet que toutes les colonies qui produisent de l'acide ou de l'aldéhyde produisent aussi du gaz.

On compte les colonies, les résultats sont exprimés en nombre d'unités génératrices de colonies dans 100 ml de l'échantillon d'origine.

Appareillage

- Système de filtration à 3 postes – Trompe à eau
- Erlenmeyer de 1 litre – Porte filtre – Boîte de pétries
- Membranes filtrantes – Tampons nutritifs absorbants
- Pompe aspirante – incubateur – Un brûleur à gaz – Pince
- Loupe de grossissement.

Réactifs

Les milieux du type ENDO sont seulement utilisables pour la numération des coliformes totaux à 35° ou 37°C pendant 18-24 H tandis que le bouillon MFC (milieu de culture coliformes Fécaux) est utilisable à 44°C pendant 24 H pour les coliformes fécaux. Il y a divers milieux par exemple : la gélose lactosé au tergitol, le lactose T.T.C, la gélose au tergitol et le bouillon lactose au sulfate de lauryle. Tous ces milieux ont pour principe la fermentation du lactose, qui permet de déceler les coliformes présumés. Cependant la réaction caractéristique varie selon le milieu. Ces milieux peuvent être préparés sous forme de bouillon et être utilisés avec des tampons nutritifs absorbants ou sous forme de plaques de gélose solide.

Numération des coliformes Totaux

Mode opératoire

- A. Brancher l'erenmeyer (à tubulure latérale) sur le vide et mettre en place le support poreux. Quand on se sert d'une pompe électrique, il est conseillé d'interposer une seconde fiole entre l'erenmeyer et la pompe, cette fiole joue le rôle de piège à eau et assure ainsi la protection de la pompe électrique.
- B. Ouvrir une boîte de pétri et y placer un tampon
- C. Au moyen d'une pipette stérile, ajouter 2 ml de bouillon sélectif de façon à saturer le tampon
- D. Monter l'appareil de filtration en plaçant une membrane filtrante stérile sur le support poreux, à l'aide d'une pince stérilisée à la flamme.
- E. Mettre en place le récipient supérieur et le fixer au moyen du dispositif de verrouillage.
- F. Verser dans le récipient supérieur 100 ml de l'échantillon. Brancher le vide.
- G. Une fois l'échantillon filtré, couper le vide et rincer le récipient.

- H. Démontez l'appareil de filtration et au moyen de la pince placez la membrane filtrante sur le tampon de la boîte de pétri, la face perforée étant tournée vers le haut. S'assurer qu'aucune bulle d'air n'est emprisonnée entre le tampon et le filtre.
- I. Retourner la boîte de pétri pour l'incubation.
- J. Incuber à 35 – 37° C pendant 18-24 Heures en atmosphère saturée d'humidité.

Dénombrement

Les colonies de coliformes totaux sont de couleur rouge moyen ou rouge foncé et présentent un reflet jaune verdâtre ou métallique. La numération peut se faire à la loupe par comptage. Le nombre de coliformes totaux par 100 ml se calcule ensuite par la formule :

$$\text{Coliformes Totaux par 100 ml} = \frac{\text{Nombre de colonies de coliformes dénombrées}}{\text{Nombre de ml d'échantillon filtré}} \times 100$$

Numération des coliformes fécaux

Mode opératoire

Le mode opératoire pour les coliformes fécaux est le même que pour les coliformes Totaux, mais l'incubation se fait à 44 ± 0,5°C pendant 24 heures.

Dénombrement

Les colonies de coliformes fécaux sont bleues, contrairement aux colonies de coliformes non fécaux, qui sont grises ou crèmes. Les colonies sont comptées à la loupe. On calcule ensuite le nombre de colonies de coliformes fécaux contenues dans 100 ml à l'aide de la formule suivante :

$$\text{Nombre de coliformes fécaux par 100 ml} = \frac{\text{Nombre de colonies de coliformes Fécaux comptés} \times 100}{\text{Nombre de ml d'échantillon filtré}}$$

II RESULTATS

1 - RESULTATS DES ANALYSES
D'EAU PENDANT LA SAISON
FROIDE

Tableau II : Résultats de l'analyse d'eau du Réservoir de camp de garde

Paramètres	Dates d'Analyses								
	01/12/98	07/12/98	14/12/98	21/12/98	03/01/99	11/01/99	19/01/99	25/01/99	Moyenne
Couleur UCV	5	5	0	0	5	5	10	5	5
Turbidité U.N.T	0,40	1,3	0,4	0,3	0,5	0,5	0,6	0,4	0,6
Conductivité (25°C) µs/cm	66	63	63	60	64	69	71	69	66
Chlorures mg/l	3,30	3,9	2,6	4,2	6	9	10,5	5,5	5,6
Sulfates mg/l	4,00	5,55	5,5	4,8	5	7,75	4,75	6,25	5,5
Calcium mg/l	8,10	6,83	4,9	6,35	6,4	7,21	6,4	5,95	6,5
Magnésium mg/l	0,14	1,95	1,65	1,9	1,5	0,73	2,7	3,2	1,7
Sodium mg/l	5,40	5,3	6,8	5,6	4,8	6,4	7,6	7,2	6,1
Potassium mg/l	0,90	1	1,1	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2	1,1
Carbonates mg/l	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bicarbonates mg/l	24	25	23	26	27	19	26	26	25
Température °c	27	26,5	25,4	24,8	26,2	25,7	24,6	23,3	25,44
pH	8,10	7,5	7,6	7,9	7,9	7,2	7,1	7,4	7,6
Nitrates mg/l N-NO ₃	1,40	1	1,4	0,8	1,7	1,6	0,7	0,8	1,2
Nitrites mg/l N NO ₂	0	0,001	0,007	0,001	0,004	0,003	0,003	0,006	0,003
Azote amm. mg/l N	0,10	0,09	0,16	0,09	0,03	0,12	0,12	0,15	0,1
Fer mg/l	0,02	0,06	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03
Ortho phosphates mg/l	0,08	0,3	0,4	0,31	0,47	0,2	0,15	0,32	0,3
Mat. Sol. Totales 105°C mg/l	50,05	47,78	47,78	45,5	48,53	52,33	53,84	52,33	50,05
Alcalinité mg/l CaCO ₃	20	20	19	21	22	16	21	21	20
Dureté totale mg/l CaCO ₃	21	24	19	20	22	21	27	28	23
Chlore résiduel mg/l	1,30	0,9	0,5	0,6	0,7	1	0,8	0,7	0,8
Coliformes Totaux (col/100ml)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coliformes Fécaux (col/100ml)	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tableau III : Résultats de l'analyse d'eau du Réservoir de Missira

Paramètres	Dates d'Analyses								
	01/12/98	07/12/98	14/12/98	21/12/98	03/01/99	11/01/99	19/01/99	25/01/99	Moyenne
Couleur UCV	5	5	0	0	5	10	10	10	5
Turbidité U.N.T	0,50	1,5	0,9	0,3	0,5	0,6	0,8	0,4	0,7
Conductivité (25°C) µs/cm	61	65	66	63	66	68	68	64	65
Chlorures mg/l	2,80	4,6	2,1	3,9	3	7	6,5	5,5	4,42
Sulfates mg/l	4,50	5,8	4,75	5	6,75	7	5	5,5	5,53
Calcium mg/l	7,21	7	5,4	8,02	5,77	6,4	5,6	8,02	6,67
Magnésium mg/l	0,60	3,5	1,36	0,98	2,09	1	1,2	0,72	1,43
Sodium mg/l	5,00	6	6,6	5,6	3,6	6,6	7,2	6,4	5,87
Potassium mg/l	0,90	1	1,1	1,3	1,2	1,4	1,3	1,2	1,17
Carbonates mg/l	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bicarbonates mg/l	24	26	23	26	24	20	27	24	24,25
Température °c	27,30	26,5	26,3	25,6	26,1	25,8	25,3	23,9	25,85
pH	7,90	7,4	8,1	7,4	7,7	7,1	7,2	7,6	7,6
Nitrates mg/l N-NO ₃	1,20	1,2	1,8	0,5	1,4	1,5	1	1	1,2
Nitrites mg/l N NO ₂	0,001	0	0,005	0,001	0,003	0,003	0,004	0,004	0,003
Azote amm. mg/l N	0,58	0,08	0,16	0,18	0,07	0,1	0,14	0,07	0,17
Fer mg/l	0,03	0,05	0,02	0,02	0,01	0,02	0,05	0,08	0,03
Ortho phosphates mg/l	0,15	0,42	0,31	0,35	0,46	0,27	0,13	0,25	0,3
Mat. Sol. Totales 105°C mg/l	46,26	49,3	50,05	47,8	50,05	51,57	51,57	48,53	49,3
Alcalinité mg/l CaCO ₃	20	21	19	21	20	16	22	20	20
Dureté totale mg/l CaCO ₃	20	32	19	16	23	20	19	23	22
Chlore résiduel mg/l	0,70	1,1	0,9	0,4	1,3	1,2	0,9	0,6	0,9
Coliformes Totaux (col/100ml)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coliformes Fécaux (col/100ml)	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tableau IV : Résultats de l'analyse d'eau du Réservoir du Lycée Badala

Paramètres	Dates d'Analyses								
	01/12/98	07/12/98	14/12/98	21/12/98	03/01/99	11/01/99	19/01/99	25/01/99	Moyenne
Couleur UCV	5	5	0	5	10	5	10	5	5
Turbidité U.N.T	0,6	1,2	0,65	0,7	0,6	0,7	0,6	0,4	0,7
Conductivité (25°C) µs/cm	63	60	62	63	59	69	63	58	62
Chlorures mg/l	2,9	3,7	2,3	4,3	3,5	6	4,5	7	4,3
Sulfates mg/l	4,6	5	5,25	4,9	6,3	7,1	5,2	5,5	5,5
Calcium mg/l	6,2	4,5	4,73	6,5	5,75	6,2	7,3	6,57	6
Magnésium mg/l	0,7	2,1	1,5	1,1	1,37	0,95	0,7	1,36	1,22
Sodium mg/l	5,4	6	5,8	5,6	4,8	6,6	7,6	4,6	5,8
Potassium mg/l	0,9	1	1,1	1,3	1,2	1,2	1,4	1,2	1,2
Carbonates mg/l	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bicarbonates mg/l	23	21	22	26	25	19	28	26	24
Température °c	26,7	27	25,5	24,5	25,7	26	25,5	24	25,61
pH	7,9	7,5	7,6	7,3	7,5	7,9	7,1	7	7,5
Nitrates mg/l N-NO ₃	1,1	0,9	1,3	0,8	1,3	1,5	0,9	1	1,1
Nitrites mg/l N NO ₂	0	0,002	0,005	0,001	0	0,003	0,005	0,004	0,003
Azote amm. mg/l N	0,25	0,1	0,18	0,15	0,09	0,01	0,07	0,04	0,24
Fer mg/l	0,03	0,02	0,04	0,05	0,03	0,01	0,02	0,01	0,03
Ortho phosphates mg/l	0,17	0,35	0,41	0,36	0,42	0,3	0,25	0,2	0,3
Mat. Sol. Totales 105°C mg/l	47,77	45,5	47,02	47,77	44,74	52,32	47,77	44	47,02
Alcalinité mg/l CaCO ₃	19	17	18	21	20	16	23	21	19
Dureté totale mg/l CaCO ₃	18	20	18	21	20	19	21	22	20
Chlore résiduel mg/l	0,5	0,7	1	0,8	0,7	0,9	0,7	1	0,8
Coliformes Totaux (col/100ml)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coliformes Fécaux (col/100ml)	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tableau V : Résultats de l'analyse d'eau du Robinet de Djélibougou Extension

Paramètres	Dates d'Analyses								
	01/12/98	07/12/98	14/12/98	21/12/98	03/01/99	11/01/99	19/01/99	25/01/99	Moyenne
Couleur UCV	0	5	0	5	5	10	5	5	5
Turbidité U.N.T	0,50	1,4	0,6	0,2	0,5	0,5	0,8	0,4	0,6
Conductivité (25°C) µs/cm	63	60	67	62	59	67	69	66	64
Chlorures mg/l	3,70	3,2	2,9	4,6	3,5	5	4,5	6	4,2
Sulfates mg/l	4,50	4,2	6,2	4,8	6,5	7	5	6	5,5
Calcium mg/l	6,41	5,3	5,5	8,3	5,4	6	6,25	7	6,3
Magnésium mg/l	0,20	1,5	1,25	0,9	1,4	2	1,1	0,15	1
Sodium mg/l	5,60	5,4	6,1	5,6	4,2	7,2	8	6,8	6,1
Potassium mg/l	1	1	1,1	1,3	1,2	1,4	1,3	1,2	1,2
Carbonates mg/l	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bicarbonates mg/l	24	23	25	26	23	18	27	27	24,1
Température °c	25,8	24,5	28	24,5	25,8	25,5	24,6	23,8	25,31
pH	7,80	7,9	7,6	7,3	7,1	7,4	7,1	7,2	7,4
Nitrates mg/l N-NO ₃	2	1	1,5	1,2	1,3	1,2	0,9	1,2	1,3
Nitrites mg/l N- NO ₂	0,002	0,002	0,004	0	0,005	0,005	0,005	0,003	0,003
Azote amm. mg/l N	0,33	0,18	0,2	0,12	0,12	0,08	0,07	0,08	0,15
Fer mg/l	0,04	0,07	0,03	0,08	0,02	0,01	0,01	0,08	0,04
Ortho phosphates mg/l	0,13	0,35	0,3	0,17	0,34	0,3	0,3	0,26	0,27
Mat. Sol. Totales 105°C mg/l	47,78	45,5	50,8	47,02	44,74	50,81	52,33	50,05	48,53
Alcalinité mg/l CaCO ₃	20	19	20,5	21	19	15	22	22	20
Dureté totale mg/l CaCO ₃	17	19	19	24	19	23	20	18	20
Chlore résiduel mg/l	1	1,5	0,9	0,7	1,2	0,8	1,5	1	1
Coliformes Totaux (col/100ml)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coliformes Fécaux (col/100ml)	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tableau VI : Résultats de l'analyse d'eau du Robinet du Musée National

Paramètres	Dates d'Analyses								
	01/12/98	07/12/98	14/12/98	21/12/98	03/01/99	11/01/99	19/01/99	25/01/99	Moyenne
Couleur UCV	5	5	0	5	0	10	10	5	5
Turbidité U.N.T	0,50	1,4	0,7	0,3	0,5	0,5	0,6	0,4	0,6
Conductivité (25°C) µs/cm	62	62	62	61	64	69	72	70	65
Chlorures mg/l	3,70	4,3	3	3	4,5	9	7	9,5	5,5
Sulfates mg/l	4,00	4,75	5	5,25	5,25	6,75	4,75	6	5,2
Calcium mg/l	6,40	5,55	4,7	5,77	6,57	8,5	6,33	9,54	6,7
Magnésium mg/l	2,53	5,63	1,15	2,82	2,8	1,7	2	1,5	2,5
Sodium mg/l	6,20	5,4	5,8	5,4	4,8	6,6	8	7,2	6,2
Potassium mg/l	0,90	1	1,1	1,3	1,2	1,4	1,2	1,2	1,2
Carbonates mg/l	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bicarbonates mg/l	30	41	18	26	26	32	27	23	28
Température °c	26,5	25,5	25,6	24,7	26,00	25,5	24,7	23,5	25,25
pH	7,70	7,6	7	7,8	8	7,3	7,1	7,3	7,5
Nitrates mg/l N-NO ₃	0,80	1,2	1,3	0,9	1,2	1,7	0,5	1,4	1,1
Nitrites mg/l N- NO ₂	0,003	0,001	0,002	0	0,004	0,004	0,003	0,007	0,003
Azote amm. mg/l N	0,18	0,04	0,2	0,08	0,18	0,09	0,08	0,17	0,13
Fer mg/l	0,02	0,08	0,03	0	0,03	0,04	0,03	0,07	0,04
Ortho phosphates mg/l	0,11	0,46	0,3	0,45	0,18	0,26	0,25	0,3	0,3
Mat. Sol. Totales 105°C mg/l	47,02	47,02	47,02	46,26	48,53	52,32	54,6	53,08	49,29
Alcalinité mg/l CaCO ₃	25	34	15	21	21	26	22	19	23
Dureté totale mg/l CaCO ₃	24	37	18	26	28	28	24	30	27
Chlore résiduel mg/l	0,70	0,5	0	0,2	0,3	0,6	0,5	0,2	0,4
Coliformes Totaux (col/100ml)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coliformes Fécaux (col/100ml)	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tableau VII : Résultats de l'analyse d'eau du Robinet du Laboratoire de la DNHE

Paramètres	Dates d'Analyses								
	01/12/98	07/12/98	14/12/98	21/12/98	03/01/99	11/01/99	19/01/99	25/01/99	Moyenne
Couleur UCV	5	0	0	10	5	10	5	5	5
Turbidité U.N.T	0,50	1,2	0,6	0,8	0,6	0,5	0,6	0,7	0,7
Conductivité (25°C) µs/cm	55	58	61	60	55	63	64	63	60
Chlorures mg/l	1,80	4	2	3,9	2	6,5	6	5,3	3,9
Sulfates mg/l	4,50	4,9	6,25	5,3	6,25	7,75	5,25	5,4	5,7
Calcium mg/l	7,20	4,5	5,29	6,4	6,33	6,6	5,85	7,2	6,2
Magnésium mg/l	0,50	2,15	0,43	1,8	2	0,73	1,8	1	1,3
Sodium mg/l	5,20	6,1	6	5,6	3,8	5,4	6,4	7,2	5,7
Potassium mg/l	1	1	1,1	1,3	1,2	1,4	1,2	1,2	1,2
Carbonates mg/l	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bicarbonates mg/l	20	22	24	26	22	23	24	25	23
Température °c	24,40	26,5	25,5	25,9	26,1	25,2	25	23,7	25,41
pH	7,10	7,7	7,9	7,5	7,1	6,9	7,1	7,2	7,3
Nitrates mg/l N-NO ₃	1	0,8	1,7	0,9	1,9	1,5	0,5	1,2	1,2
Nitrites mg/l N- NO ₂	0,001	0	0	0,001	0,004	0,008	0,004	0,001	0,002
Azote amm. mg/l N	0,20	0,1	0,13	0,15	0,09	0,04	0,08	0,1	0,11
Fer mg/l	0,29	0,01	0,05	0,04	0,04	0,03	0,04	0,05	0,07
Ortho phosphates mg/l	0,25	0,25	0,37	0,4	0,37	0,23	0,07	0,21	0,27
Mat. Sol. Totales 105°C mg/l	41,71	43,98	46,26	45,5	41,71	47,78	48,54	47,78	45,5
Alcalinité mg/l CaCO ₃	16	18	20	21	18	19	20	20	19
Dureté totale mg/l CaCO ₃	20	18	15	22	24	20	22	22	20
Chlore résiduel mg/l	0,50	0,7	0,6	0,8	1,2	0,9	1	1,3	0,9
Coliformes Totaux (col/100ml)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coliformes Fécaux (col/100ml)	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tableau VIII : Résultats de l'analyse d'eau du Robinet de l'institut Marchoux

Paramètres	Dates d'Analyses								
	01/12/98	07/12/98	14/12/98	21/12/98	03/01/99	11/01/99	19/01/99	25/01/99	Moyenne
Couleur UCV	10	10	10	5	10	5	10	5	10
Turbidité U.N.T	0,40	1,3	0,5	0,9	0,6	0,6	0,5	0,4	0,5
Conductivité (25°C) µs/cm	64	59	63	60	60	66	58	65	61
Chlorures mg/l	2,70	3	3,7	4,3	4	3,5	2,5	5,5	3,65
Sulfates mg/l	4,50	5,5	6,3	5,2	6,5	6,75	5,5	6,25	5,75
Calcium mg/l	4,40	4,4	3,2	5,3	7,18	6,35	7,3	6,85	5,62
Magnésium mg/l	0,45	2,18	2,91	1,82	1,32	2,01	0,5	1,4	1,57
Sodium mg/l	6,20	5,2	5,8	5,6	4,5	5,6	4,6	7,2	5,58
Potassium mg/l	1	1	1,1	1,3	1,2	1,4	1,2	1,2	1,17
Carbonates mg/l	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bicarbonates mg/l	21	24	23	26	22	22	30	25	24,1
Température °e	24,7	25,7	24,9	25,3	25,80	24,9	25,1	23,1	24,94
pH	7,80	7,2	7,5	7,9	7,2	7,1	7,2	7,5	7,42
Nitrates mg/l N-NO ₃	1,10	0,9	1	0,8	1,2	1,6	0,9	1	1,06
Nitrites mg/l N- NO ₂	0	0	0	0,001	0,004	0,005	0,002	0,006	0,002
Azote amm. mg/l N	0,10	0,1	0,1	0,08	0,09	0,06	0,05	0,13	0,08
Fer mg/l	0,07	0,1	0,02	0,03	0,02	0,04	0,02	0,01	0,04
Ortho phosphates mg/l	0,09	0,18	0,25	0,37	0,25	0,3	0,2	0,32	0,24
Mat. Sol. Totales 105°C mg/l	48,53	44,74	47,78	45,5	45,5	50,04	43,98	49,3	46,26
Alealinité mg/l CaCO ₃	17	20	18	21	18	18	25	20	20
Dureté totale mg/l CaCO ₃	13	20	20	21	23	24	18	23	20
Chlore résiduel mg/l	1,20	1,6	0,6	0,6	0,7	1	0,9	0,8	0,9
Coliformes Totaux (col/100ml)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coliformes Fécaux (col/100ml)	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tableau IX : Résultats de l'analyse d'eau du Robinet du Quartier Mali

Paramètres	Dates d'Analyses								
	01/12/98	07/12/98	14/12/98	21/12/98	03/01/99	11/01/99	19/01/99	25/01/99	Moyenne
Couleur UCV	0	5	0	5	10	5	5	5	5
Turbidité U.N.T	0,40	1	0,8	0,5	0,6	0,5	0,85	0,5	0,6
Conductivité (25°C) µs/cm	53	60	65	62	58	65	62	55	60
Chlorures mg/l	2,70	4,1	2	3,7	2,5	6	4	5,5	3,8
Sulfates mg/l	5,50	4	5	4,9	6	7	6,5	5,75	5,6
Calcium mg/l	4,80	5,25	4,97	7,03	5,5	6,2	7,2	6,5	6
Magnésium mg/l	0,58	1,3	0,63	1,07	1,7	1,2	0,87	1,47	1,1
Sodium mg/l	4,60	5,3	5,8	5,6	4,5	6,5	4,8	4,6	5,2
Potassium mg/l	0,90	1	1,1	1,3	1,2	1,4	1,3	1,2	1,2
Carbonates mg/l	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bicarbonates mg/l	20	21	24	27	23	20	26	23	23
Température °c	26	25	25,7	24,6	26,1	25,7	24,9	23,9	25,24
pH	7,40	7,7	7,8	7,6	7,1	7,3	7,2	7	7,4
Nitrates mg/l N-NO ₃	0,90	0,9	1,7	0,7	1,2	1,5	0,9	1,1	1,1
Nitrites mg/l N- NO ₂	0,002	0,002	0,001	0,002	0,004	0,005	0,001	0,003	0,003
Azote amm. mg/l N	0,18	0,1	0,22	0,16	0,1	0,09	0,04	0,09	0,12
Fer mg/l	0,04	0,01	0,02	0,02	0,01	0,03	0,09	0,02	0,03
Ortho phosphates mg/l	0,36	0,1	0,35	0,39	0,35	0,25	0,2	0,38	0,3
Mat. Sol. Totales 105°C mg/l	40,19	45,5	49,3	47,02	43,98	49,3	47,02	41,71	45,5
Alcalinité mg/l CaCO ₃	16	17	20	22	19	16	22	22	19
Dureté totale mg/l CaCO ₃	14	17	20	22	19	16	22	22	19
Chlore résiduel mg/l	0,7	1	0,6	0,7	0,8	0,5	0,7	0,9	0,7
Coliformes Totaux (col/100ml)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coliformes Fécaux (col/100ml)	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tableau X : Répartition des moyennes des résultats d'analyse d'eau de la saison froide en fonction des lieux de prélèvement

Paramètres	Lieu de prélèvement							
	R. Camp de Garde	R. de Missira	R. Badala	Djélibougou	Musée National	Labo DNHE	Institut Marchoux	Quartier Mali
Couleur UCV	5	5	5	5	5	5	10	5
Turbidité U.N.T	0,6	0,7	0,7	0,6	0,6	0,7	0,5	0,6
Conductivité (25°C) µs/cm	66	65	62	64	65	60	61	60
Chlorures mg/l	5,6	4,42	4,3	4,2	5,5	3,9	3,65	3,8
Sulfates mg/l	5,5	5,53	5,5	5,5	5,2	5,7	5,75	5,6
Calcium mg/l	6,5	6,67	6	6,3	6,7	6,2	5,62	6
Magnésium mg/l	1,7	1,43	1,22	1	2,5	1,3	1,57	1,1
Sodium mg/l	6,1	5,87	5,8	6,1	6,2	5,7	5,58	5,2
Potassium mg/l	1,1	1,17	1,2	1,2	1,2	1,2	1,17	1,2
Carbonates mg/l	0	0	0	0	0	0	0	0
Bicarbonates mg/l	25	24,25	24	24,1	28	23	24,1	23
Température °c	25,44	25,85	25,61	25,31	25,25	25,41	24,94	25,24
pH	7,6	7,6	7,5	7,4	7,5	7,3	7,42	7,4
Nitrates mg/l N-NO ₃	1,2	1,2	1,1	1,3	1,1	1,2	1,06	1,1
Nitrites mg/l N- NO ₂	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,002	0,002	0,003
Azote amm. mg/l N	0,1	0,17	0,24	0,15	0,13	0,11	0,08	0,12
Fer mg/l	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,07	0,04	0,03
Ortho phosphates mg/l	0,3	0,3	0,3	0,27	0,3	0,27	0,24	0,3
Mat. Sol. Totales 105°C mg/l	50,05	49,3	47,02	48,53	49,29	45,5	46,26	45,5
Alcalinité mg/l CaCO ₃	20	20	19	20	23	19	20	19
Dureté totale mg/l CaCO ₃	23	22	20	20	27	20	20	19
Chlore résiduel mg/l	0,8	0,9	0,8	1	0,4	0,9	0,9	0,7
Coliformes Totaux (col/100ml)	0	0	0	0	0	0	0	0
Coliformes Fécaux (col/100ml)	0	0	0	0	0	0	0	0

2 - RESULTATS DES ANALYSES
D'EAU
PENDANT LA SAISON SECHE

Tableau XI : Résultats de l'analyse d'eau du Réservoir de camp de garde

Paramètres	Dates d'Analyses								
	02/03/99	08/03/99	16/03/99	22/03/99	06/04/99	12/04/99	19/04/99	26/04/99	Moyenne
Couleur UCV	10	10	5	10	5	10	10	0	10
Turbidité U.N.T	1,6	2	0,5	0,3	0,6	0,6	0,6	0,3	0,8
Conductivité (25°C) µs/cm	75	72	80	70	81	77	57	60	71
Chlorures mg/l	6	7,5	6,5	6	6	6	5,5	6	6,18
Sulfates mg/l	8,5	6,75	4,25	6	8,25	8,25	6,75	6,5	6,9
Calcium mg/l	6,57	7,37	7,21	7,77	6,41	8,73	7,54	7,61	7,4
Magnésium mg/l	2,62	0,58	1,45	0,14	0,97	1,02	1,35	0,73	1,1
Sodium mg/l	8,4	8	8	6	7,6	6,4	3	3,4	6,3
Potassium mg/l	1,5	1,4	1,5	1,3	1,3	1,4	1,4	1,3	1,4
Carbonates mg/l	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bicarbonates mg/l	30	31	30	26	27	24	25	18	26,4
Température °c	26,8	26,2	26,3	29,3	29	28,7	29,4	31,4	28,4
pH	7,4	7,3	7,5	7,2	7,1	7	6,8	6,5	7,1
Nitrates mg/l N-NO ₃	1,8	0,8	1	1,8	1,8	1,6	1,6	0,8	1,4
Nitrites mg/l N- NO ₂	0,001	0,005	0	0,004	0,007	0,008	0,003	0,001	0,004
Azote amm. mg/l N	0,25	0,26	0,17	0,15	0,28	0,17	0,3	0,12	0,21
Fer mg/l	0,02	0,04	0,06	0,11	0	0,01	0,03	0	0,03
Ortho phosphates mg/l	0,37	0,22	0,21	0,36	0,3	0,4	0,18	0,21	0,28
Mat. Sol. Totales 105°C mg/l	56,88	54,6	60,67	53,09	61,43	58,39	43,22	45,5	53,84
Alcalinité mg/l CaCO ₃	25	26	25	21	22	20	20	15	22
Dureté totale mg/l CaCO ₃	27	21	24	20	20	26	24	22	23
Chlore résiduel mg/l	0,8	0,5	0,7	0,5	0,6	0,8	0,7	0,5	0,6
Coliformes Totaux (col/100ml)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coliformes Fécaux (col/100ml)	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tableau XII : Résultats de l'analyse d'eau du Réservoir de Missira

Paramètres	Dates d'Analyses								
	02/03/99	08/03/99	16/03/99	22/03/99	06/04/99	12/04/99	19/04/99	26/04/99	Moyenne
Couleur UCV	10	10	10	5	5	10	10	0	10
Turbidité U.N.T	1,6	1,6	0,5	0,35	0,44	0,6	0,4	0,3	0,7
Conductivité (25°C) µs/cm	78	73	86	76	72	80	60	60	73
Chlorures mg/l	6,5	3,5	8	6,5	4,5	6	6,5	3,5	5,6
Sulfates mg/l	9,25	7,25	5	6,25	6,75	8,25	6	5,75	6,8
Calcium mg/l	5,85	7,53	8,5	5,77	6	7,87	8,09	8,1	7,2
Magnésium mg/l	0,72	1,06	0,68	1,84	1,89	0,57	0,92	0,92	1,07
Sodium mg/l	9	8,2	8,6	5,4	6	6,8	3	3,4	6,3
Potassium mg/l	1,5	1,5	1,5	1,3	1,3	1,4	1,4	1,3	1,4
Carbonates mg/l	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bicarbonates mg/l	29	29	34	26	27	26	20	18	26
Température °c	27	26,1	26,6	28,2	28,8	29	29,7	31,2	28,3
pH	7,4	7,4	7,6	7,3	7,9	7	6,8	6,6	7,2
Nitrates mg/l N-NO ₃	1,7	1,1	1,8	1,2	0,6	0,8	0,4	1	1,1
Nitrites mg/l N- NO ₂	0,006	0,004	0,001	0	0,003	0,003	0,008	0	0,003
Azote amm. mg/l N	0,3	0,3	0,2	0,17	0,18	0,18	0,22	0,2	0,21
Fer mg/l	0,02	0,02	0,09	0,01	0,08	0,03	0	0,02	0,03
Ortho phosphates mg/l	0,27	0,4	0,27	0,4	0,33	0,33	0,12	0,27	0,3
Mat. Sol. Totales 105°C mg/l	59,15	55,36	65,22	57,64	54,6	60,67	45,5	45,5	55,36
Alcalinité mg/l CaCO ₃	24	24	28	21	22	22	16	15	21
Dureté totale mg/l CaCO ₃	18	23	24	22	22	22	24	24	22
Chlore résiduel mg/l	0,8	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,5	0,6
Coliformes Totaux (col/100ml)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coliformes Fécaux (col/100ml)	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tableau XIII : Résultats de l'analyse d'eau du Réservoir du Lycée Badala

Paramètres	Dates d'Analyses								Moyenne
	02/03/99	08/03/99	16/03/99	22/03/99	06/04/99	12/04/99	19/04/99	26/04/99	
Couleur UCV	10	10	10	10	5	10	10	0	10
Turbidité U.N.T	1,8	1,7	0,9	0,4	0,7	0,5	0,3	0,3	0,8
Conductivité (25°C) µs/cm	78	70	65	72	75	74	61	50	68
Chlorures mg/l	6	7,5	3	4	5,5	6,5	5	6,5	5,5
Sulfates mg/l	8,25	6,25	6	6	7,5	5,75	7,5	5	6,53
Calcium mg/l	6,8	7,25	6,57	7,05	6,9	7,05	7,94	7,3	7,1
Magnésium mg/l	1,89	0,95	1,36	1,31	1,25	1,31	0,63	0,82	1,2
Sodium mg/l	8,6	5,4	3,4	5,6	7,6	6	3	3,2	5,3
Potassium mg/l	1,5	1,5	1,3	1,3	1,3	1,4	1,3	1,2	1,3
Carbonates mg/l	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bicarbonates mg/l	29	31	32	28	28	26	28	22	28
Température °c	26,9	26,7	27,1	29,3	28,8	28,8	30,8	31,5	28,73
pH	7,6	7,4	7,6	7,2	7,1	7	7,4	6,4	7,21
Nitrates mg/l N-NO ₃	1,9	1	1,6	1,3	0,8	1,8	2,1	1,3	1,5
Nitrites mg/l N- NO ₂	0,008	0,003	0,005	0,007	0,003	0,006	0,005	0,001	0,005
Azote amm. mg/l N	0,27	0,22	0,18	0,18	0,17	0,16	0,1	0,15	0,18
Fer mg/l	0,03	0,03	0,07	0,07	0,05	0,02	0,01	0	0,03
Ortho phosphates mg/l	0,45	0,22	0,33	0,19	0,35	0,5	0,15	0,24	0,3
Mat. Sol. Totales 105°C mg/l	59,15	53,09	49,29	54,6	56,88	56,12	46,25	37,91	51,56
Alcalinité mg/l CaCO ₃	24	25	26	23	23	21	22	18	23
Dureté totale mg/l CaCO ₃	25	22	22	23	22	23	22	22	23
Chlore résiduel mg/l	0,7	0,8	0,5	0,6	1	0,4	0,8	0,3	0,6
Coliformes Totaux (col/100ml)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coliformes Fécaux (col/100ml)	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tableau XIV : Résultats de l'analyse d'eau du Robinet de Djélibougou Extension

Paramètres	Dates d'Analyses								Moyenne
	02/03/99	08/03/99	16/03/99	22/03/99	06/04/99	12/04/99	19/04/99	26/04/99	
Couleur UCV	10	10	10	5	5	10	10	0	10
Turbidité U.N.T	1,6	1,7	0,6	0,9	0,6	0,7	0,6	0,8	0,9
Conductivité (25°C) µs/cm	83	74	80	76	75	72	78	70	76
Chlorures mg/l	7,5	9	7	5,5	5,5	7	4,5	7	6,6
Sulfates mg/l	7,5	5,5	4,75	6	6,5	5,25	7,5	6,25	6,15
Calcium mg/l	5,61	7,53	6,67	7,61	8	7,87	8,1	8,73	7,5
Magnésium mg/l	1,64	1,06	1,05	1,7	2,32	0,57	0,14	1,02	1,19
Sodium mg/l	9,8	7,4	6,6	5,4	4,6	3,8	4,6	3,2	5,7
Potassium mg/l	1,5	1,5	1,4	1,3	1,3	1,2	1,4	1,1	1,3
Carbonates mg/l	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bicarbonates mg/l	32	28	30	32	32	31	31	30	31
Température °c	26,3	27,4	26,5	29,1	28	29,3	30	31,3	28,5
pH	7,6	7,4	7,5	8,2	8,2	7,9	8	7,6	7,8
Nitrates mg/l N-NO ₃	0,8	1,3	1,2	0,4	0,7	1,6	2	1,1	1,1
Nitrites mg/l N- NO ₂	0,008	0,005	0,003	0,003	0	0	0,005	0,001	0,003
Azote amm. mg/l N	0,2	0,17	0,2	0,2	0,17	0,18	0,2	0,19	0,18
Fer mg/l	0,01	0,03	0,07	0,15	0,07	0,03	0	0,02	0,05
Ortho phosphates mg/l	0,36	0,33	0,29	0,3	0,22	0,35	0,1	0,42	0,3
Mat. Sol. Totales 105°C mg/l	62,95	56,12	60,67	57,64	56,88	54,6	59,14	53,08	57,64
Alcalinité mg/l CaCO ₃	26	23	25	26	26	25	26	26	25
Dureté totale mg/l CaCO ₃	21	23	21	26	29	27	21	26	24
Chlore résiduel mg/l	0,9	0,8	0,8	0,5	0,7	0,4	0,7	0,6	0,7
Coliformes Totaux (col/100ml)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coliformes Fécaux (col/100ml)	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tableau XV : Résultats de l'analyse d'eau du Robinet du Musée National

Paramètres	Dates d'Analyses								
	02/03/99	08/03/99	16/03/99	22/03/99	06/04/99	12/04/99	19/04/99	26/04/99	Moyenne
Couleur UCV	10	10	10	10	5	10	10	0	10
Turbidité U.N.T	1,8	1,6	0,6	0,65	0,5	0,7	0,4	0,3	0,8
Conductivité (25°C) µs/cm	76	73	84	75	82	79	58	60	73
Chlorures mg/l	5,5	8	7	6	7	6	6	5,5	6,4
Sulfates mg/l	9,5	5,75	5	6,5	7,75	8	5,25	6,5	6,8
Calcium mg/l	6,89	7,45	8,17	7,45	6,1	8,64	7,62	8,18	7,56
Magnésium mg/l	0,29	1,01	0,67	1,31	0,97	1,07	0,92	0,19	0,8
Sodium mg/l	8,6	8	8	6	7,6	6,6	3	3,4	6,4
Potassium mg/l	1,5	1,4	1,5	1,3	1,3	1,4	1,4	1,3	1,4
Carbonates mg/l	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bicarbonates mg/l	29	34	30	24	28	25	25	18	27
Température °c	26,8	26,7	26,9	29,1	29	29,1	29,4	31,5	28,6
pH	7,4	7,4	7,6	7,2	7,2	7,1	6,8	6,5	7,1
Nitrates mg/l N-NO ₃	0,9	1,5	0,7	1,8	0,8	1,2	1,2	1,2	1,2
Nitrites mg/l N- NO ₂	0	0,002	0,003	0,005	0	0	0,002	0,003	0,002
Azote amm. mg/l N	0,21	0,18	0,23	0,3	0,17	0,1	0,23	0,18	0,2
Fer mg/l	0,03	0,04	0,07	0,19	0,09	0,01	0	0,02	0,06
Ortho phosphates mg/l	0,18	0,3	0,32	0,27	0,37	0,28	0,1	0,25	0,26
Mat. Sol. Totales 105°C mg/l	57,64	55,36	63,7	56,88	62,19	59,91	43,98	45,5	55,36
Alcalinité mg/l CaCO ₃	24	28	25	20	27	21	20	15	22
Dureté totale mg/l CaCO ₃	18	22	23	24	19	26	23	21	22
Chlore résiduel mg/l	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3	0,5	0,4	0,4
Coliformes Totaux (col/100ml)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coliformes Fécaux (col/100ml)	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tableau XVI : Résultats de l'analyse d'eau du Robinet du Laboratoire de la DNHE

Paramètres	Dates d'Analyses								Moyenne
	02/03/99	08/03/99	16/03/99	22/03/99	06/04/99	12/04/99	19/04/99	26/04/99	
Couleur UCV	10	10	5	10	5	10	10	0	10
Turbidité U.N.T	1,6	1,5	0,7	0,7	2,5	0,9	0,8	0,6	1,15
Conductivité (25°C) µs/cm	77	68	80	76	76	76	71	70	74
Chlorures mg/l	6,5	7,5	5,5	6	7	6,5	3,5	7,5	6,2
Sulfates mg/l	6,25	6,25	4,75	6,25	8	7,5	6,25	5,75	6,4
Calcium mg/l	7,05	7,21	6,81	7,45	6,81	6,56	8,49	7,21	7,2
Magnésium mg/l	2,03	1,35	1,01	1,3	1,41	1,85	0,97	0,79	1,34
Sodium mg/l	8,6	4	6,4	5,4	6,6	6,6	4,8	5,9	6,03
Potassium mg/l	1,5	1,4	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,3	1,4
Carbonates mg/l	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bicarbonates mg/l	30	32	30	29	28	24	27	26	28
Température °c	27	26,7	26,3	29,1	28,3	29,2	29,3	30,7	28,3
pH	7,5	7,2	7,5	7,6	7	7	7,4	6,7	7,2
Nitrates mg/l N-NO ₃	0,9	1	1,1	1,2	0,8	1,7	1,2	0,9	1,1
Nitrites mg/l N- NO ₂	0,007	0,003	0,006	0,001	0,007	0,005	0,006	0,004	0,005
Azote amm. mg/l N	0,3	0,17	0,21	0,19	0,17	0,09	0,1	0,14	0,17
Fer mg/l	0,01	0,03	0,06	0,09	0,06	0,02	0,03	0	0,04
Ortho phosphates mg/l	0,46	0,25	0,3	0,29	0,3	0,42	0,1	0,3	0,3
Mat. Sol. Totales 105°C mg/l	58,4	51,6	60,67	57,64	57,64	57,64	53,83	53,08	56,12
Alcalinité mg/l CaCO ₃	25	26	25	24	26	20	22	21	24
Dureté totale mg/l CaCO ₃	26	24	21	24	23	24	25	21	23
Chlore résiduel mg/l	0,9	0,7	0,5	0,4	1,2	0,7	0,9	0,8	0,8
Coliformes Totaux (col/100ml)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coliformes Fécaux (col/100ml)	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tableau XVII : Résultats de l'analyse d'eau du Robinet de l'institut Marchoux

Paramètres	Dates d'Analyses								Moyenne
	02/03/99	08/03/99	16/03/99	22/03/99	06/04/99	12/04/99	19/04/99	26/04/99	
Couleur UCV	10	10	5	10	5	10	10	15	10
Turbidité U.N.T	1,7	2	0,8	0,92	0,5	0,7	0,5	0,7	1
Conductivité (25°C) µs/cm	72	69	72	80	74	70	79	80	74
Chlorures mg/l	6	7,5	5,5	5	6,5	5,5	6,5	8,5	6,4
Sulfates mg/l	7,5	5,75	5,25	6,5	7,75	5,75	7,25	5	6,3
Calcium mg/l	6,41	7,21	7,35	8,1	6,09	7,45	7,45	8,73	7,35
Magnésium mg/l	1,94	0,77	0,95	0,14	1,65	0,82	0,44	1,02	0,97
Sodium mg/l	8,2	4,2	6,4	5,2	7	5,8	7,4	8,4	6,6
Potassium mg/l	1,5	1,4	1,5	1,3	1,3	1,2	1,4	1,3	1,4
Carbonates mg/l	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bicarbonates mg/l	28	30	34	32	26	26	26	30	29
Température °c	27,7	26,6	26,9	29,3	29	29,2	30,7	31,4	28,8
pH	7,4	7,2	7,6	8,2	7,3	7,3	7	6,4	7,3
Nitrates mg/l N-NO ₃	1,5	0,5	0,7	2,1	1,8	1,1	1,2	0,9	1,2
Nitrites mg/l N- NO ₂	0	0	0,008	0,001	0,001	0,007	0	0	0,002
Azote amm. mg/l N	0,25	0,15	0,22	0,28	0,2	0,27	0,1	0,25	0,21
Fer mg/l	0,02	0,02	0,08	0,07	0,04	0	0,03	0,01	0,03
Ortho phosphates mg/l	0,33	0,23	0,32	0,23	0,4	0,28	0,14	0,23	0,27
Mat. Sol. Totales 105°C mg/l	54,6	52,32	54,6	60,67	56,12	53,09	59,9	60,67	56,12
Alcalinité mg/l CaCO ₃	23	25	28	26	27	22	21	25	25
Dureté totale mg/l CaCO ₃	24	21	22	21	22	22	20	26	22
Chlore résiduel mg/l	0,5	0,6	0,7	0,4	0,5	0,5	0,4	0,6	0,5
Coliformes Totaux (col/100ml)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coliformes Fécaux (col/100ml)	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tableau XVIII : Résultats de l'analyse d'eau du Robinet du Quartier Mali

Paramètres	Dates d'Analyses								Moyenne
	02/03/99	08/03/99	16/03/99	22/03/99	06/04/99	12/04/99	19/04/99	26/04/99	
Couleur UCV	10	15	10	10	5	5	10	0	10
Turbidité U.N.T	1,5	1,8	0,4	0,4	0,6	0,5	0,3	0,4	0,7
Conductivité (25°C) µs/cm	75	69	70	76	79	71	61	50	69
Chlorures mg/l	6,2	7,5	3,5	5,5	5	6	6	5,5	5,7
Sulfates mg/l	7,7	5,5	4,75	6,25	7,25	5,75	7	5	6,15
Calcium mg/l	6,5	5,29	2,4	7,3	6,45	7,46	7,29	7,69	6,3
Magnésium mg/l	1,25	1,16	4,46	1,27	0,99	1,06	2,57	0,1	1,6
Sodium mg/l	8,2	4,4	3,8	5,6	6	6	3	3,2	5
Potassium mg/l	1,5	1,5	1,3	1,3	1,3	1,4	1,3	1,2	1,3
Carbonates mg/l	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bicarbonates mg/l	30	31	34	28	27	29	26	20	28,1
Température °c	27	27,1	27	29,3	29	29,5	30,3	30,9	28,8
pH	7,5	7,3	7	7,1	7,3	7	7,2	6,4	7,1
Nitrates mg/l N-NO ₃	1	1,8	0,8	1,3	0,9	1,1	0,8	1	1,1
Nitrites mg/l N- NO ₂	0,003	0,006	0	0,002	0,005	0,004	0,006	0,007	0,004
Azote amm. mg/l N	0,22	0,28	0,2	0,18	0,15	0,1	0,25	0,1	0,18
Fer mg/l	0,02	0,03	0,05	0,05	0,07	0	0,04	0,01	0,03
Ortho phosphates mg/l	0,35	0,24	0,3	0,29	0,37	0,45	0,1	0,18	0,28
Mat. Sol. Totales 105°C mg/l	56,88	52,32	53,09	57,64	59,9	53,84	46,25	37,91	52,32
Alcaliuité mg/l CaCO ₃	25	25	28	23	22	24	22	16	23
Dureté totale mg/l CaCO ₃	21	18	24	23	20	23	29	20	22
Chlore résiduel mg/l	0,7	0,8	0,4	0,5	0,9	0,4	0,7	0,2	0,6
Coliformes Totaux (col/100ml)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coliformes Fécaux (col/100ml)	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tableau XIX : Répartition des moyennes des résultats d'analyse d'eau de la saison sèche en fonction des lieux de prélèvement

Paramètres	Lieu de prélèvement							
	R. Camp de Garde	R. de Missira	R. Badala	Djélibougou	Musée National	Labo DNHE	Institut Marchoux	Quartier Mali
Couleur UCV	10	10	10	10	10	10	10	10
Turbidité U.N.T	0,8	0,7	0,8	0,9	0,8	1,15	1	0,7
Conductivité (25°C) µs/cm	71	73	68	76	73	74	74	69
Chlorures mg/l	6,18	5,6	5,5	6,6	6,4	6,2	6,4	5,7
Sulfates mg/l	6,9	6,8	6,53	6,15	6,8	6,4	6,3	6,15
Calcium mg/l	7,4	7,2	7,1	7,5	7,56	7,2	7,35	6,3
Magnésium mg/l	1,1	1,07	1,2	1,19	0,8	1,34	0,97	1,6
Sodium mg/l	6,3	6,3	5,3	5,7	6,4	6,03	6,6	5
Potassium mg/l	1,4	1,4	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,3
Carbonates mg/l	0	0	0	0	0	0	0	0
Bicarbonates mg/l	26,4	26	28	31	27	28	29	28,1
Température °c	28,4	28,3	28,73	28,5	28,6	28,3	28,8	28,8
pH	7,1	7,2	7,21	7,8	7,1	7,2	7,3	7,1
Nitrates mg/l N-NO ₃	1,4	1,1	1,5	1,1	1,2	1,1	1,2	1,1
Nitrites mg/l N- NO ₂	0,004	0,003	0,005	0,003	0,002	0,005	0,002	0,004
Azote amm. mg/l N	0,21	0,21	0,18	0,18	0,2	0,17	0,21	0,18
Fer mg/l	0,03	0,03	0,03	0,05	0,06	0,04	0,03	0,03
Ortho phosphates mg/l	0,28	0,3	0,3	0,3	0,26	0,3	0,27	0,28
Mat. Sol. Totales 105°C mg/l	53,84	55,36	51,56	57,64	55,36	56,12	56,12	52,32
Alcalinité mg/l CaCO ₃	22	21	23	25	22	24	25	23
Dureté totale mg/l CaCO ₃	23	22	23	24	22	23	22	22
Chlore résiduel mg/l	0,6	0,6	0,6	0,7	0,4	0,8	0,5	0,6
Coliformes Totaux (col/100ml)	0	0	0	0	0	0	0	0
Coliformes Fécaux (col/100ml)	0	0	0	0	0	0	0	0

3 - RESULTATS DES ANALYSES
D'EAU
PENDANT LA SAISON PLUVIEUSE

Tableau XX : Résultats de l'analyse d'eau du Réservoir de camp de garde

Paramètres	Dates d'Analyses								
	01/07/99	08/07/99	16/07/99	24/07/99	02/08/99	09/08/99	18/08/99	27/08/99	Moyenne
Couleur UCV	5	0	5	5	10	10	5	5	5
Turbidité U.N.T	0,4	1,5	0,4	1,3	2,3	7	0,3	10	3
Conductivité (25°C) µs/cm	79	108	75	66	64	55	44	39	66
Chlorures mg/l	3,1	7,5	2,3	0,8	1	0,1	0,2	0,3	1,9
Sulfates mg/l	9,25	10,25	10	9,75	12,25	9	7,5	5	9,1
Calcium mg/l	8,26	7,54	5,85	7,77	9,46	7,61	6,49	7,3	7,5
Magnésium mg/l	1,55	1,26	2,04	0,14	0,09	0,24	1,99	0,04	0,9
Sodium mg/l	4	10,6	6,6	2,1	2,4	1,4	1,6	0,9	3,7
Potassium mg/l	2,8	2,8	2	1,9	1,4	1,3	1,1	1	1,8
Carbonates mg/l	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bicarbonates mg/l	26	24	17	15	15	11	9	13	16
Température °c	27,8	27,6	27,5	27,9	26,9	26,2	26,1	27	27,1
pH	7,3	7,5	7,1	7,3	8	7	6,4	6,8	7,1
Nitrates mg/l N-NO ₃	0,5	0,9	1,8	3,2	0,8	0,9	1,3	0,7	1,3
Nitrites mg/l N- NO ₂	0,008	0,007	0,005	0,008	0,003	0,005	0,003	0,004	0,005
Azote amm. mg/l N	0,13	0,11	0,1	0,1	0,14	0,23	0,2	0,15	0,14
Fer mg/l	0,08	0,02	0,02	0,37	0,27	0,15	0,07	0,19	0,15
Ortho phosphates mg/l	0,18	0,2	0,17	0,11	0,38	0,31	0,29	0,25	0,24
Mat. Sol. Totales 105°C mg/l	59,91	81,91	56,87	50,05	48,54	41,71	33,36	29,57	50,05
Alcalinité mg/l CaCO ₃	21	20	14	12	12	9	7	11	13
Dureté totale mg/l CaCO ₃	27	24	23	20	24	20	24	18	22
Chlore résiduel mg/l	2,5	3,5	1,7	3,5	0,9	1	0,1	0,2	1,7
Coliformes Totaux (col/100ml)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coliformes Fécaux (col/100ml)	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tableau XXI : Résultats de l'analyse d'eau du Réservoir de Missira

Paramètres	Dates d'Analyses								
	01/07/99	08/07/99	16/07/99	24/07/99	02/08/99	09/08/99	18/08/99	27/08/99	Moyenne
Couleur UCV	5	5	5	5	5	10	10	5	5
Turbidité U.N.T	0,65	1,3	0,7	1,5	0,55	8	0,7	3	2
Conductivité (25°C) µs/cm	88	69	71	64	65	60	45	38	62
Chlorures mg/l	3,9	1,3	3,2	2,5	2,9	1,7	0,8	0,1	2,05
Sulfates mg/l	10,5	4,5	11,25	10	10,75	9,5	7,25	4,5	8,5
Calcium mg/l	8,18	3,6	7,37	7,94	8,42	7	7,37	6	7
Magnésium mg/l	2,81	2,2	3,06	0,29	0,14	0,37	0,29	0,4	1,2
Sodium mg/l	5,2	4,6	4,7	2,1	3,1	2,9	1,6	0,9	3,1
Potassium mg/l	2,5	1	2	2,2	1,6	1,3	1,2	1	1,6
Carbonates mg/l	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bicarbonates mg/l	27	23	19	15	17	15	10	12	17
Température °c	27,6	27,5	27,6	27,7	26,9	26,2	26	27,2	27,08
pH	7,4	6,9	7,1	7,3	7,3	7	6,6	6,8	7,05
Nitrates mg/l N-NO ₃	1,8	0,7	1,2	2,5	1	0,9	1,9	0,6	1,3
Nitrites mg/l N- NO ₂	0,008	0,006	0,002	0,003	0,009	0,003	0,004	0,005	0,005
Azote amm. mg/l N	0,2	0,08	0,10	0,12	0,13	0,2	0,23	0,19	0,16
Fer mg/l	0,32	0,07	0,12	0,08	0,28	0,13	0,15	0,1	0,16
Ortho phosphates mg/l	0,37	0,15	0,23	0,14	0,52	0,32	0,3	0,29	0,29
Mat. Sol. Totales 105°C mg/l	66,75	40,95	53,84	48,53	49,29	45,5	34,12	28,81	47,01
Alealinité mg/l CaCO ₃	23	19	16	12	14	12	8	9	14
Dureté totale mg/l CaCO ₃	32	18	31	21	22	19	20	13	22
Chlore résiduel mg/l	0,7	1	2	3,5	1,2	1	0,3	0,4	1,3
Coliformes Totaux (col/100ml)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coliformes Fécaux (col/100ml)	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tableau XXII : Résultats de l'analyse d'eau du Réservoir du Lycée Badala

Paramètres	Dates d'Analyses								
	01/07/99	08/07/99	16/07/99	24/07/99	02/08/99	09/08/99	18/08/99	27/08/99	Moyenne
Couleur UCV	5	5	10	5	5	10	10	5	5
Turbidité U.N.T	0,7	0,5	0,6	1	0,87	0,6	1,7	9	1,9
Conductivité (25°C) µs/cm	76	105	73	62	53	55	58	43	66
Chlorures mg/l	6,5	8,4	4	1,6	2,1	0	4,5	3,5	3,8
Sulfates mg/l	5,5	11,75	6	8,5	10,75	9,25	5,3	4	7,6
Calcium mg/l	10,2	8,98	4,4	6,89	6,41	7,35	5,9	4,4	6,8
Magnésium mg/l	1,8	0,14	1,6	0,68	1,46	0,19	0,3	1,5	0,96
Sodium mg/l	4,6	10,2	5,4	2,1	1,2	1,6	5,4	4,6	4,4
Potassium mg/l	1	2,8	0,9	1,9	1,4	1,5	1	0,8	1,4
Carbonates mg/l	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bicarbonates mg/l	26	27	17	12	12	14	16	21	18
Température °c	27,1	26,8	27,5	28,3	27,5	26,5	27	27	27,20
pH	7,6	7,3	7,3	6,8	6,8	7,1	6,9	6,9	7,08
Nitrates mg/l N-NO ₃	1,1	0,7	0,1	3,3	1,8	1,2	1	0,7	1,24
Nitrites mg/l N- NO ₂	0,004	0,003	0,004	0,006	0,005	0,005	0	0,005	0,004
Azote amm. mg/l N	0,1	0,12	0,06	0,18	0,23	0,23	0,07	0,1	0,14
Fer mg/l	0,6	0,07	0,1	0,06	0,09	0,13	0,11	0,17	0,17
Ortho phosphates mg/l	0,2	0,37	0,13	0,18	0,24	0,32	0,25	0,35	0,25
Mat. Sol. Totales 105°C mg/l	53,85	79,63	45,50	47,02	40,19	41,72	43,99	32,61	50,05
Alcalinité mg/l CaCO ₃	21	22	14	10	10	12	13	17	15
Dureté totale mg/l CaCO ₃	34	23	18	20	22	19	16	17	21
Chlore résiduel mg/l	1,5	2	0,9	1,2	1,2	0,9	0,9	0,2	1,1
Coliformes Totaux (col/100ml)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coliformes Fécaux (col/100ml)	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tableau XXIII : Résultats de l'analyse d'eau du Robinet de Djélibougou Extension

Paramètres	Dates d'Analyses								
	01/07/99	08/07/99	16/07/99	24/07/99	02/08/99	09/08/99	18/08/99	27/08/99	Moyenne
Couleur UCV	5	5	5	5	5	5	10	5	5
Turbidité U.N.T	0,5	0,75	0,45	0,55	0,3	7	1,3	61	9
Conductivité (25°C) µs/cm	86	98	71	82	67	69	54	59	73
Chlorures mg/l	3,3	4,4	0,3	2,3	1,4	3,5	0,1	2,9	2,3
Sulfates mg/l	11,25	12,5	11,25	11,5	10,75	9,5	7,5	3,5	9,7
Calcium mg/l	9,85	10,66	7,7	10,5	10,9	8,02	7,62	7,5	9,1
Magnésium mg/l	1,31	0,33	1,16	0,43	0,1	0,97	0,62	0,1	0,62
Sodium mg/l	4,4	5,6	2,5	3	2,2	3,1	1,6	4,5	3,36
Potassium mg/l	2,5	2,6	1,9	2,2	1,5	1,3	1,2	1	1,8
Carbonates mg/l	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bicarbonates mg/l	27	23	20	20	13	18	16	18	19,4
Température °c	27,2	27,1	27,5	27,9	26,5	26,5	26,8	26,9	27,05
pH	7,6	8,4	8,3	8,3	8,4	8,3	8	8,4	8,2
Nitrates mg/l N-NO ₃	1	0,8	1,1	3,5	2,6	1,8	0,9	0,3	1,5
Nitrites mg/l N- NO ₂	0,002	0,005	0,004	0,004	0,005	0,006	0,004	0,003	0,004
Azote amm. mg/l N	0,18	0,12	0,12	0,2	0,35	0,15	0,2	0,18	0,18
Fer mg/l	0,13	0,13	0,03	0,12	0,25	0,12	0,06	0,14	0,12
Ortho phosphates mg/l	0,34	0,35	0,14	0,18	0,43	0,35	0,29	0,3	0,3
Mat. Sol. Totales 105°C mg/l	65,22	74,32	53,84	62,19	50,81	52,33	40,95	44,74	55,36
Alcalinité mg/l CaCO ₃	22	21	16	16	11	15	13	15	16
Dureté totale mg/l CaCO ₃	30	28	24	28	27	24	22	19	25
Chlore résiduel mg/l	2,5	0,7	0,5	1,5	0,9	1,2	0,2	0,2	1
Coliformes Totaux (col/100ml)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coliformes Fécaux (col/100ml)	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tableau XXIV : Résultats de l'analyse d'eau du Robinet du Musée National

Paramètres	Dates d'Analyses								
	01/07/99	08/07/99	16/07/99	24/07/99	02/08/99	09/08/99	18/08/99	27/08/99	Moyenne
Couleur UCV	5	10	5	10	5	10	5	5	5
Turbidité U.N.T	1,7	1,5	2,4	2,5	0,75	7	0,31	2,7	2,4
Conductivité (25°C) µs/cm	81	98	84	72	64	59	43	38	67
Chlorures mg/l	3,3	6,2	1,8	3,1	2,1	0,2	0,4	0,1	2,15
Sulfates mg/l	9	9,25	11,25	10	9,75	8,25	7	4,25	8,6
Calcium mg/l	8,82	8,02	6,57	8,82	7,74	9	6,1	7,7	7,8
Magnésium mg/l	1,94	0,96	1,84	0,24	1,04	0,13	0,28	0,09	0,8
Sodium mg/l	4	7,8	7,8	2,5	2,6	1,7	1,4	0,9	3,6
Potassium mg/l	2,4	2,7	2,1	2	1,5	1,3	1,1	1	1,8
Carbonates mg/l	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bicarbonates mg/l	27	27	14	16	16	13	9	12	17
Température °c	28	27,6	27,5	27,8	26,9	26,2	27,4	27,1	27,3
pH	7,3	7,2	7	7,6	7,6	7,4	6,4	6,5	7,1
Nitrates mg/l N-NO ₃	0,9	1,5	1,8	3,5	1,6	1,2	1,3	0,6	1,5
Nitrites mg/l N- NO ₂	0,006	0,005	0,003	0,007	0,002	0,004	0,005	0,004	0,004
Azote amm. mg/l N	0,12	0,25	0,09	0,13	0,2	0,18	0,16	0,2	0,16
Fer mg/l	0,23	0,28	0,5	0,36	0,29	0,2	0,07	0,09	0,25
Ortho phosphates mg/l	0,25	0,16	0,26	0,18	0,4	0,33	0,25	0,3	0,26
Mat. Sol. Totales 105°C mg/l	61,43	74,32	63,7	54,6	48,54	44,74	32,61	28,8	50,81
Alcalinité mg/l CaCO ₃	22	22	12	13	13	11	7	9	14
Dureté totale mg/l CaCO ₃	30	24	24	23	24	23	16	20	23
Chlore résiduel mg/l	3	1,5	2,2	3,5	0,8	0,2	0,3	0,1	1,4
Coliformes Totaux (col/100ml)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coliformes Fécaux (col/100ml)	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tableau XXV : Résultats de l'analyse d'eau du Robinet du Laboratoire de la DNHE

Paramètres	Dates d'Analyses								
	01/07/99	08/07/99	16/07/99	24/07/99	02/08/99	09/08/99	18/08/99	27/08/99	Moyenne
Couleur UCV	5	5	5	5	5	10	5	5	5
Turbidité U.N.T	0,6	0,8	2,3	1,3	1,2	9	1,3	6	2,8
Conductivité (25°C) µs/cm	84	106	57	78	67	58	45	43	67
Chlorures mg/l	4,2	8,3	1,9	2,5	1,4	1,1	0,5	1,6	2,7
Sulfates mg/l	10,75	11,25	9,75	11,75	11,5	6,75	6,5	4,5	9,1
Calcium mg/l	7,86	7,37	6,81	7,21	8,26	8,02	7,21	7,2	7,5
Magnésium mg/l	3	0,39	0,73	0,24	0,24	0,24	0,29	0,05	0,65
Sodium mg/l	4,3	10,4	2,5	2,9	2,9	1,9	1,4	0,9	3,4
Potassium mg/l	2,8	2,8	1,8	1,8	1,7	1,3	1,1	1	1,8
Carbonates mg/l	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bicarbonates mg/l	20	24	14	17	15	18	10	16	17
Température °c	27,5	27,6	28	27,2	27,3	26,7	27,1	27	27,3
pH	7	7,2	7	7,4	7	7,4	6,8	7,6	7,2
Nitrates mg/l N-NO ₃	1	1	1,2	1,8	1,4	0,9	0,9	0,7	1,11
Nitrites mg/l N- NO ₂	0,009	0,002	0,007	0,005	0,005	0,007	0,004	0,005	0,006
Azote amm. mg/l N	0,15	0,16	0,08	0,16	0,14	0,2	0,22	0,18	0,16
Fer mg/l	0,09	0,06	0,06	0,06	0,24	0,22	0,2	0,04	0,12
Ortho phosphates mg/l	0,22	0,4	0,23	0,16	0,4	0,37	0,35	0,25	0,3
Mat. Sol. Totales 105°C mg/l	63,7	80,39	43,23	59,15	50,81	43,99	34,12	32,61	50,81
Alcalinité mg/l CaCO ₃	16	20	12	13	12	14	9	13	14
Dureté totale mg/l CaCO ₃	32	20	20	19	22	21	19	18	21
Chlore résiduel mg/l	1,2	1,5	2	2,5	0,9	1	0,3	0,1	1,2
Coliformes Totaux (col/100ml)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coliformes Fécaux (col/100ml)	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tableau XXVI : Résultats de l'analyse d'eau du Robinet de l'institut Marchoux

Paramètres	Dates d'Analyses								
	01/07/99	08/07/99	16/07/99	24/07/99	02/08/99	09/08/99	18/08/99	27/08/99	Moyenne
Couleur UCV	0	5	5	10	5	5	10	5	5
Turbidité U.N.T	0,45	0,4	0,35	0,6	0,35	0,4	0,29	62	8
Conductivité (25°C) µs/cm	81	120	65	61	57	65	44	62	69
Chlorures mg/l	2,5	9,3	0,1	4,1	1,7	4,2	1,4	13,5	4,6
Sulfates mg/l	10,75	12,5	11	5,5	9,5	3,5	7,5	3,75	8
Calcium mg/l	8,02	7,37	6,41	5,6	7,37	5,4	6,97	6,6	6,7
Magnésium mg/l	2,91	1,12	1,46	2	1,36	1,7	0,05	0,5	0,7
Sodium mg/l	3,8	13,6	3	6	1,4	6,4	1,6	7,1	5,4
Potassium mg/l	2,8	2,8	1,9	1	1,5	0,8	1,2	1,1	1,6
Carbonates mg/l	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bicarbonates mg/l	22	27	14	21	13	27	10	17	19
Température °c	27,1	26,9	27,9	27,2	27,6	27,5	27,1	27	27,3
pH	7,05	7,3	7,1	7,6	7,3	7,1	6,5	6,7	7,08
Nitrates mg/l N-NO ₃	1,9	1	1,7	0,6	0,8	1	1,8	0,1	1,1
Nitrites mg/l N- NO ₂	0,002	0,009	0,003	0,005	0,002	0,003	0,005	0,004	0,004
Azote amm. mg/l N	0,14	0,08	0,11	0,08	0,13	0,08	0,2	0,25	0,13
Fer mg/l	0,08	0,08	0,06	0,08	0,06	0,05	0,21	0,3	0,11
Ortho phosphates mg/l	0,27	0,39	0,27	0,2	0,32	0,23	0,28	0,3	0,28
Mat. Sol. Totales 105°C mg/l	61,43	91,01	49,29	46,26	43,23	49,29	33,36	47,01	52,32
Alcalinité mg/l CaCO ₃	19	22	12	17	15	22	8	14	16
Dureté totale mg/l CaCO ₃	32	23	22	22	24	20	17	15	22
Chlore résiduel mg/l	1,6	3	2,5	3,5	1,5	1	0,1	0,2	1,6
Coliformes Totaux (col/100ml)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coliformes Fécaux (col/100ml)	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tableau XXVII : Résultats de l'analyse d'eau du Robinet du Quartier Mali

Paramètres	Dates d'Analyses								
	01/07/99	08/07/99	16/07/99	24/07/99	02/08/99	09/08/99	18/08/99	27/08/99	Moyenne
Couleur UCV	5	5	5	10	5	10	5	5	5
Turbidité U.N.T	0,6	0,5	0,4	0,4	0,35	0,72	1,3	48	6,5
Conductivité (25°C) µs/cm	68	106	72	57	54	52	62	54	66
Chlorures mg/l	2,9	8,4	4,9	3,1	3,3	0,6	10	5,9	4,9
Sulfates mg/l	5,3	12	5,5	4,3	10,25	9	4,8	3	6,8
Calcium mg/l	3,6	7,05	6,4	4,5	7,05	5,61	6,2	7,2	6
Magnésium mg/l	2,2	1,07	1	1,7	1,31	2,42	3,2	0,18	1,6
Sodium mg/l	4,8	10,2	6,4	5	1,4	1,6	5,2	4,2	4,9
Potassium mg/l	1	2,7	0,9	0,8	1,5	1,4	1	1	1,3
Carbonates mg/l	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bicarbonates mg/l	16	24	19	22	13	12	20	19	18
Température °c	27	26,9	27,4	27,4	27,5	27,3	27,8	25,8	27,13
pH	6,8	7,5	7,2	7,2	6,8	7	7,1	7,3	7,1
Nitrates mg/l N-NO ₃	0,8	1,2	0,7	1,2	0,8	1,3	0,6	0,3	0,9
Nitrites mg/l N- NO ₂	0,004	0,008	0	0,003	0,004	0,003	0,007	0,005	0,004
Azote amm. mg/l N	0,2	0,11	0,08	0,18	0,48	0,19	0,08	0,25	0,2
Fer mg/l	0,03	0,09	0,08	0,19	0,03	0,16	0,08	0,28	0,12
Ortho phosphates mg/l	0,2	0,36	0,18	0,18	0,29	0,29	0,1	0,3	0,23
Mat. Sol. Totales 105°C mg/l	40,95	80,39	47,02	43,23	40,95	39,43	47,02	40,95	47,5
Alcalinité mg/l CaCO ₃	13	20	16	18	11	10	16	15	15
Dureté totale mg/l CaCO ₃	18	22	20	18	23	24	29	17	21
Chlore résiduel mg/l	1,5	1,3	1,5	2	0,8	1	1,5	0,2	1,2
Coliformes Totaux (col/100ml)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coliformes Fécaux (col/100ml)	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tableau XXVIII : Répartition des moyennes des résultats d'analyse d'eau de la saison pluvieuse en fonction des lieux de prélèvement

Paramètres	Lieu de prélèvement							
	R. Camp de Garde	R. de Missira	R. Badala	Djélibougou	Musée National	Labo DNHE	Institut Marchoux	Quartier Mali
Couleur UCV	5	5	5	5	5	5	5	5
Turbidité U.N.T	3	2	1,9	9	2,4	2,8	8	6,5
Conductivité (25°C) µs/cm	66	62	66	73	67	67	69	66
Chlorures mg/l	1,9	2,05	3,8	2,3	2,15	2,7	4,6	4,9
Sulfates mg/l	9,1	8,5	7,6	9,7	8,6	9,1	8	6,8
Calcium mg/l	7,5	7	6,8	9,1	7,8	7,5	6,7	6
Magnésium mg/l	0,9	1,2	0,96	0,62	0,8	0,65	0,7	1,6
Sodium mg/l	3,7	3,1	4,4	3,36	3,6	3,4	5,4	4,9
Potassium mg/l	1,8	1,6	1,4	1,8	1,8	1,8	1,6	1,3
Carbonates mg/l	0	0	0	0	0	0	0	0
Bicarbonates mg/l	16	17	18	19,4	17	17	19	18
Température °c	27,1	27,08	27,2	27,05	27,3	27,3	27,3	27,13
pH	7,1	7,05	7,08	8,2	7,1	7,2	7,08	7,1
Nitrates mg/l N-NO ₃	1,3	1,3	1,24	1,5	1,5	1,11	1,1	0,9
Nitrites mg/l N- NO ₂	0,005	0,005	0,004	0,004	0,004	0,006	0,004	0,004
Azote amm. mg/l N	0,14	0,16	0,14	0,18	0,16	0,16	0,13	0,2
Fer mg/l	0,15	0,16	0,17	0,12	0,25	0,12	0,11	0,12
Ortho phosphates mg/l	0,24	0,29	0,25	0,3	0,26	0,3	0,28	0,23
Mat. Sol. Totales 105°C mg/l	50,05	47,01	50,05	55,36	50,81	50,81	52,32	47,5
Alcalinité mg/l CaCO ₃	13	14	15	16	14	14	16	15
Dureté totale mg/l CaCO ₃	22	22	21	25	23	21	22	21
Chlore résiduel mg/l	1,7	1,3	1,1	1	1,4	1,2	1,6	1,2
Coliformes Totaux (col/100ml)	0	0	0	0	0	0	0	0
Coliformes Fécaux (col/100ml)	0	0	0	0	0	0	0	0

IV - COMMENTAIRES
ET DISCUSSION

IV COMMENTAIRES ET DISCUSSION

1 Résultats pendant la saison froide

A- Paramètres influençant la potabilité

- **Température**

Au cours de cette période, la température de l'eau varie de 24,95°C à 25,85°C. La valeur indicative recommandée par la C.E.E et la France doit être inférieure ou égale à 25°C.

- **Couleur**

Dans le tableau X nous avons remarqué que la couleur de l'eau dans les différents lieux de prélèvement est de 5 U.C.V sauf au niveau de l'institut Marchoux où elle est de 10 U.C.V. Ces valeurs sont inférieures à la valeur maximale recommandée par l'OMS qui est de 15 U.C.V.

- **Turbidité**

La turbidité des eaux varie de 0,5 à 0,7. Cette turbidité est conforme à celle recommandée par l'OMS qui est de préférence inférieure à 1 U.N.T pour une désinfection efficace.

- **pH**

La valeur du pH varie de 7,3 à 7,6. Les valeurs indicatives fixées par l'OMS sont comprises entre 6,5 à 8,5.

- **Dureté totale**

Pendant la saison froide la dureté totale varie de 19 à 27 mg/l de CaCO₃. L'OMS recommande une dureté totale inférieure ou égale à 500mg/l de CaCO₃.

- **Fer**

Nous avons constaté que la concentration en fer varie de 0,03 à 0,07 mg/l. La valeur maximale fixée par l'OMS est de 0,3mg/l.

- **Sodium**

Les eaux ont une concentration en sodium variant de 5,2 à 6,2 mg/l. L'OMS recommande de ne pas dépasser 200 mg/l.

- **Chlorures**

La concentration en chlorures varie de 3,6 à 5,6 mg/l. La valeur maximale fixée par l'OMS est de 250 mg/l.

- **Sulfates**

La concentration en sulfates varie de 5,2 à 5,7 mg/l. Ces valeurs sont conformes à la valeur fixée par l'OMS (inférieure ou égale à 400 mg/l).

- **Matières Solides totales**

Pendant cette période la concentration maximale est de 50,05 mg/l. Cette valeur est conforme à la valeur recommandée par l'OMS (inférieure ou égale à 1000 mg/l).

B – Paramètres chimiques présentant un risque pour la Santé

- **Dureté totale**

La dureté totale varie de 19 à 27 mg/l de CaCO₃. Cette dureté est conforme à la valeur fixée par l'OMS inférieure ou égale à 500 mg/l de CaCO₃.

Sodium

Nous avons une concentration variant de 5,2 à 6,2 mg/l. L'OMS recommande une valeur inférieure ou égale à 200 mg/l.

Nitrates

La concentration en nitrates varie de 1,06 à 1,3 mg/l de N-NO₃. La valeur indicative maximale fixée par l'OMS est de 44 mg/l de NO₃.

- **Nitrites**

Nous avons remarqué que la concentration en Nitrites varie de 0,002 à 0,003 mg/l de N-NO₂. La valeur maximale recommandée par la CEE et la France est de 0,1mg/l de NO₂. L'O.M.S n'a pas fixée de normes.

C – Paramètres Indicateurs de Pollution

- **Azote Ammoniacal**

Pendant la saison froide la concentration varie de 0,1 à 0,24 mg/l de N. La valeur maximale fixée par la CEE et la France est de 0,5 mg/l de NH₄.

Nitrites

La concentration varie de 0,002 à 0,003 mg/l de N-NO₂. La valeur maximale fixée par la C.E.E et la France est de 0,1mg/l de NO₂.

D – Autres Paramètres

- **Conductivité**

Pendant la saison froide la conductivité varie de 60 à 66 µs/cm. L'OMS n'a pas donné de valeur fixe pour la conductivité

- **Calcium et Magnésium**

Pendant la saison froide la concentration en calcium varie de 5,62 à 6,7 mg/l. Celle du magnésium varie de 1 à 2,5 mg/l. La valeur indicative maximale fixée par la CEE et la France est de 50mg/l pour le magnésium.

- **Potassium**

La teneur en Potassium varie de 1,1 à 1,2 mg/l. Cette teneur est conforme à celle fixée par la CEE et la France (inférieure ou égale à 12 mg/l).

- **Carbonates et Bicarbonates**

Nous avons constaté que pendant toute la saison froide la concentration en carbonates est nulle (0) alors que la concentration en bicarbonates varie de 23 à 28 mg/l. Il n'y a pas de valeur fixée par l'OMS ni par la CEE et la France.

- **Orthophosphates**

La concentration varie de 0,24 à 0,3 mg/l de PO_4^{3-} . La valeur indicative maximale fixée par la CEE et la France est de 5000 $\mu g/l$ de $P_2 O_5$.

E – Paramètres concernant la qualité bactériologique

Au cours de la saison froide nous avons constaté que les valeurs des coliformes totaux et des coliformes fécaux sont toutes nulles (0 col/100 ml). Ces valeurs sont conformes aux valeurs indicatives recommandées par l'OMS (coliformes totaux 0,01 col/100 ml ; coliformes fécaux 0 col/100 ml).

2 Résultats pendant la saison sèche :

A – Paramètres influençant la potabilité

- **Température**

Au cours de la saison sèche, nous avons constaté que la température de l'eau varie de 28,3°C à 28,8°C. Ces valeurs sont supérieures à la valeur indicative maximale recommandée par la C.E.E et la France qui est de 25°C. L'OMS n'a pas donné de valeur fixe pour la température.

- **Couleur**

La couleur de l'eau en cette période de l'année est de 10 U.C.V. Cette valeur est moindre que la valeur maximale fixée par l'OMS 15 U.C.V.

- **Turbidité**

La turbidité des eaux varie de 0,7 à 1,15 U.N.T. Les valeurs obtenues avec les prélèvements faits aux Laboratoires des Eaux à la DNH et à l'Institut Marchoux sont respectivement

1.15U.N.T et 1 U.N.T. Les valeurs acceptées par l'O.M.S sont de préférence inférieures à 1 U.N.T pour une désinfection efficace.

- **pH**

Pendant la saison sèche le pH varie de 7,1 à 7,8. Les valeurs indicatives fixées par l'OMS sont comprises entre 6,5 et 8,5.

- **Dureté totale**

La dureté totale varie de 22 à 24 mg/l de CaCO_3 . L'OMS recommande une dureté totale inférieure ou égale à 500mg/l de CaCO_3 .

- **Fer**

En cette période la concentration en fer varie de 0,03 à 0,06 mg/l. La valeur maximale fixée par l'OMS est de 0,3mg/l.

- **Sodium**

Nous avons constaté que la concentration en sodium varie de 5 à 6,6 mg/l. L'OMS recommande de ne pas dépasser 200 mg/l.

- **Chlorures**

Au cours de la saison sèche la concentration en chlorures varie de 5,5 à 6,6 mg/l. La valeur maximale fixée par l'OMS est de 250 mg/l.

- **Sulfates**

Nous avons remarqué que la concentration en sulfates varie de 6,1 à 6,9 mg/l. Ces valeurs sont conformes à la valeur recommandée par l'OMS (inférieure ou égale à 400 mg/l).

- **Matières Solides totales**

Pendant la saison sèche les matières solides totales ont une concentration variant de 51,56 à 57,64 mg/l. Ces valeurs sont conformes à celle recommandée par l'OMS (inférieure ou égale à 1000mg/l).

B – Paramètres chimiques présentant un risque pour la Santé

- **Dureté totale**

La dureté totale varie de 22 à 24 mg/l de CaCO_3 , L'OMS recommande une dureté totale inférieure ou égale à 500 mg/l de CaCO_3 .

- **Sodium**

Les eaux ont une concentration en sodium variant de 5 à 6,6 mg/l. Ces valeurs sont conformes à celle fixée par l'OMS (inférieure ou égale à 200 mg/l).

- **Nitrates**

La concentration en Nitrates varie de 1,1 à 1,5 mg/l de N-NO₃. La valeur indicative maximale fixée par l'OMS est de 44 mg/l de NO₃.

- **Nitrites**

Pendant cette période la concentration en Nitrites varie de 0,002 à 0,005 mg/l de N-NO₂. La valeur maximale recommandée par la CEE et la France est de 0,1 mg/l de NO₂.

C – Paramètres Indicateurs de Pollution

- **Azote Ammoniacal**

Au cours de cette période la concentration varie de 0,18 à 0,21 mg/l de N. La valeur maximale recommandée par la CEE et la France est de 0,5 mg/l de NH₄.

- **Nitrites**

La concentration des nitrites varie de 0,002 à 0,005 mg/l de N-NO₂. La valeur maximale fixée par la C.E.E et la France est de 0,1mg/l de NO₂.

D – Autres Paramètres

- **Conductivité**

Au cours de cette période la conductivité est de 76 µs/cm.

- **Calcium et Magnésium**

En cette période la concentration en calcium varie de 6,3 à 7,5 mg/l. Celle du magnésium varie de 0,8 à 1,6 mg/l. Pour le magnésium la valeur indicative maximale fixée par la CEE et la France est de 50 mg/l.

- **Potassium**

La teneur en Potassium varie de 1,3 à 1,4 mg/l. Cette teneur est conforme à celle fixée par la CEE et la France (inférieure ou égale à 12mg/l).

- **Carbonates et Bicarbonates**

La concentration en carbonate est égale à 0 pendant cette période alors que la concentration en bicarbonate varie de 26 à 31 mg/l. Pas de valeur indicative donnée par l'OMS.

- **Orthophosphates**

La concentration en orthophosphates varie de 0,24 à 0,3 mg/l de PO_4^{3-} . La valeur maximale fixée par la CEE et la France est de 5000 $\mu\text{g/l}$ de P_2O_5 .

E – Paramètres concernant la qualité bactériologique

Au cours de la saison sèche nous avons constaté que les valeurs des coliformes totaux et des coliformes fécaux sont toutes nulles (0 col/100 ml). Ces valeurs sont conformes à celles recommandées par l'OMS : coliformes totaux 0,01 col/100 ml ; coliformes fécaux 0 col/100 ml).

3 Résultats pendant la saison pluvieuse

A – Paramètres influençant la potabilité

- **Température**

Au cours de cette période, nous avons constaté que la température de l'eau est de 27°C. La valeur indicative maximale recommandée par la C.E.E et la France est de 25°C. L'OMS n'a pas donné de valeur fixe.

- **Couleur**

La couleur de l'eau en cette période pluvieuse est de 5 U.C.V. Cette valeur est conforme à la valeur indicative maximale donnée par l'OMS, la C.E.E et la France 15 U.C.V.

- **Turbidité**

La turbidité des eaux au cours de cette période varie de 1,9 à 9 U.N.T. Cette turbidité est supérieure à la valeur indicative recommandée par l'OMS qui est de préférence inférieure à 1 U.N.T pour une désinfection efficace.

- **pH**

Pendant la saison pluvieuse le pH de l'eau varie de 7,05 à 8,2. Les valeurs indicatives fixées par l'OMS sont comprises entre 6,5 et 8,5.

- **Dureté totale**

Au cours de cette période la dureté totale varie de 21 à 23 mg/l de CaCO₃. L'OMS recommande une dureté inférieure ou égale à 500mg/l de CaCO₃.

Fer

Nous avons remarqué que la concentration en fer varie de 0,11 à 0,25 mg/l. La valeur indicative maximale recommandée par l'OMS est 0,3mg/l.

- **Sodium**

La concentration en sodium varie de 3,1 à 5,4 mg/l. L'OMS recommande de ne pas dépasser 200 mg/l.

- **Chlorures**

Pendant la saison pluvieuse la concentration en chlorures varie de 1,9 à 4,9 mg/l. La valeur indicative maximale fixée par l'OMS est 250 mg/l.

- **Sulfates**

La concentration en sulfates varie de 6,8 à 9,7 mg/l. Ces valeurs sont conformes à la valeur indicative maximale recommandée par l'OMS (inférieure ou égale à 400 mg/l).

Matières Solides totales

Pendant cette période la concentration maximale est de 55,36 mg/l. Cette concentration est conforme à celle recommandée par l'OMS (inférieure ou égale à 1000 mg/l).

B – Paramètres chimiques présentant un risque pour la Santé

- **Dureté totale**

La dureté totale varie de 21 à 23 mg/l de CaCO₃. L'OMS recommande une dureté totale inférieure ou égale à 500 mg/l de CaCO₃.

- **Sodium**

La concentration en sodium pendant la saison pluvieuse varie de 3,1 à 5,4 mg/l. Cette concentration est conforme à celle recommandée par l'OMS (inférieure ou égale à 200 mg/l).

- **Nitrates**

La concentration en nitrates varie de 0,9 à 1,5 mg/l de N-NO₃. La valeur maximale recommandée par l'O.M.S est 44 mg/l NO₃.

- **Nitrites**

La concentration en nitrites varie de 0,004 à 0,006 mg/l de N-NO₂. La valeur maximale recommandée par la CEE et la France est 0,1 mg/l de NO₂.

C – Paramètres Indicateurs de Pollution

- **Azote Ammoniacal**

Pendant cette période la concentration varie de 0,14 à 0,2 mg/l de N. La valeur maximale recommandée par la CEE et la France est 0,5 mg/l de NH₄.

- **Nitrites**

La concentration en nitrites varie de 0,004 à 0,006 mg/l de N-NO₂. La valeur maximale recommandée par la CEE et la France est 0,1mg/l de NO₂.

D – Autres Paramètres

- **Conductivité**

La conductivité varie de 62 à 73 µs/cm. Il n'y a pas de valeur fixée par l'OMS, la CEE et la France.

- **Calcium et Magnésium**

La concentrations en calcium varie de 6 à 9,1 mg/l. Celle du magnésium varie de 0,6 à 1,6 mg/l. Pour le magnésium la valeur indicative maximale fixée par la CEE et la France est de 50 mg/l.

Potassium

La teneur en Potassium en cette période varie de 1,3 à 1,8 mg/l. Cette teneur est conforme à la valeur maximale recommandée par la CEE et la France 12mg/l.

- **Carbonates et Bicarbonates**

Pendant toute la saison pluvieuse la concentration en carbonates est nulle (0), tandis que la concentration en bicarbonate varie de 16 à 19,4 mg/l.

- **Orthophosphates**

La concentration en orthophosphates pendant la saison pluvieuse varie de 0,23 à 0,3 mg/l de PO₄³⁻. La valeur indicative maximale fixée par la CEE et la France est 5000 µg/l de P₂O₅.

E – Paramètres concernant la qualité bactériologique

Au cours de la saison pluvieuse nous avons constaté que les valeurs des coliformes totaux et des coliformes fécaux sont toutes nulles (0 col/100 ml). Ces valeurs sont conformes à celles recommandées par l'OMS : (coliformes totaux 0,01 col/100 ml ; coliformes fécaux 0 col/100 ml).

Etude comparative des trois périodes

Nous avons constaté sur les tableaux (X, XIX, XXVIII) que les valeurs de certains paramètres varient selon la période de l'année. Pour une meilleure interprétation des trois périodes nous avons regroupé les différents paramètres ainsi qu'il suit :

A – Paramètres influençant la potabilité

• Température

Nous avons constaté que c'est pendant la saison sèche que la température de l'eau est la plus élevée (28,3-28,8°C) par rapport à celle de la saison pluvieuse (27,05-27,3°C) qui est également plus élevée que celle de la saison froide (24,8-25,8°C).

• Couleur

La couleur est plus intense pendant la saison sèche (10 U.C.V) tandis qu'elle est de (5 U.C.V) pour la saison pluvieuse et froide.

• Turbidité

L'eau du robinet et des réservoirs est plus trouble pendant la saison pluvieuse 1,9 à 9 U.N.T par rapport à la saison sèche 0,7 à 1,15 U.N.T. Par contre, la turbidité pendant la saison sèche est plus élevée que celle de la saison froide 0,5 à 0,7 U.N.T.

• pH

Au cours de notre étude les valeurs obtenues avec la détermination du pH sont conformes aux normes (7,3 à 7,6).

• Dureté totale

Nous avons remarqué que la dureté totale est sensiblement les mêmes pendant toute notre étude.

• Fer

C'est pendant la saison pluvieuse que la concentration en fer est élevée (0,11 à 0,25 mg/l). Par contre, les valeurs obtenues pendant les autres saisons varient entre 0,03 et 0,06mg/l.

- **Sodium**

La concentration en sodium est plus accentuée pendant la saison sèche (5 à 6,6 mg/l) par rapport à la saison pluvieuse où les concentrations en sodium varient entre 3,1 et 5,4 mg/l.

- **Chlorures**

Nous avons constaté pendant la saison sèche une élévation des concentrations en chlorure (5,5 à 6,6 mg/l) par rapport à la saison froide (3,6 à 5,6 mg/l) et la saison pluvieuse (1,9 à 4,9 mg/l).

Sulfates

Les concentrations en sulfates sont plus grandes en saison pluvieuse (6,8 à 9,7 mg/l) que celles de la saison sèche (6,1 à 6,9 mg/l). La saison froide présente des teneurs plus faibles (5,2 à 5,7 mg/l).

- **Matières Solides totales**

Les valeurs obtenues pour les trois périodes sont comprises entre 50,05mg/l et 57,64mg/l. La plus grande concentration en matières solides est obtenue en saison sèche (57,64mg/l).

B – Paramètres chimiques présentant un risque pour la Santé

- **Dureté totale**

Les duretés totales sont sensiblement les mêmes pendant toute notre d'étude.

- **Sodium**

La concentration en sodium est plus accentuée pendant la saison sèche (5 à 6,6 mg/l) par rapport à la saison froide (5,2 à 6,2 mg/l) qui est plus accentuée que pour la saison pluvieuse (3,1 à 5,4 mg/l)

- **Nitrates et Nitrites**

Les concentrations en Nitrates et en Nitrites sont pratiquement les mêmes pendant toute l'année.

C – Paramètres Indicateurs de Pollution

- **Azote Ammoniacal**

La concentration en Azote Ammoniacal est la même pendant toute l'année.

D – Autres Paramètres

- **Conductivité**

La conductivité est plus accentuée en saison sèche (71 à 76 $\mu\text{s/cm}$) par rapport à celle de la saison pluvieuse (62 à 73 $\mu\text{s/cm}$). Par contre la conductivité pendant la saison froide est nettement moindre (60 à 66 $\mu\text{s/cm}$).

Calcium et Magnésium

La concentration en calcium pendant la saison pluvieuse est plus élevée (6 à 9,1 mg/l) que celle de la saison sèche (6 à 7,5 mg/l) et de la saison froide (5,6 à 6,7 mg/l) ; tandis que la concentration en magnésium est plus faible en saison pluvieuse (0,6 à 1,6 mg/l) que celle de la saison sèche (0,8 à 1,6 mg/l) et de la saison froide (1 à 2,5 mg/l).

- **Potassium**

La teneur en potassium est plus élevée en saison pluvieuse (1,3 à 1,8 mg/l) qu'en saison sèche (1,3 à 1,4 mg/l) et en saison froide (1,1 à 1,2 mg/l).

- **Carbonates et bicarbonates**

Pendant toute l'étude la concentration en carbonates est restée nulle (0), mais nous avons constaté une augmentation de la concentration en bicarbonate pendant la saison sèche (26 à 31 mg/l) par rapport à la saison froide (23 à 28 mg/l) et la saison pluvieuse (16 à 19,4 mg/l).

- **Orthophosphates**

Nous avons constaté que les concentrations en orthophosphates sont les mêmes pendant toutes les périodes de l'année.

- **Alcalinité**

Pour l'alcalinité, nous avons remarqué qu'en saison sèche elle est accentuée (21 à 25 mg/l de CaCO_3) par rapport à la saison froide (19 à 23 mg/l de CaCO_3) et la saison pluvieuse (13 à 16 mg/l de CaCO_3).

E – Paramètres concernant la qualité bactériologique

Nous avons constaté que les coliformes totaux et les coliformes fécaux sont nulles (0 col/100 ml) pendant les différentes périodes d'étude.


VI - CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

VI CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Notre étude a pour objectif général : évaluer la qualité de l'eau du robinet en fonction des différentes saisons.

Cette étude a montré que :

- La concentration en fer pendant la saison pluvieuse est élevée (0,11-0,25mg/l) par rapport à la saison froide et la saison sèche. Cette augmentation de la concentration du fer en cette période est due à l'arrivée d'eau de ruissellement et au déversement de ferrailles le long du fleuve. Ceci a pour conséquence de tacher les linges sur le plan domestique et de colmater les conduites sous l'action des ferrobactéries entraînant des risques de corrosion.
- La température de l'eau est plus accentuée (28,8°C) pendant la saison sèche par rapport à la saison froide et la saison pluvieuse. Cette élévation de la température en cette période de saison sèche est due au climat.
- Pendant la saison pluvieuse la turbidité varie de 1,9 à 9 UNT. Cette turbidité est plus élevée que celle de la saison sèche (0,7 à 1,15UNT) ainsi que celle de la saison froide (0,5 à 0,7UNT).
- La turbidité en saison pluvieuse est ainsi plus élevée par rapport à la valeur recommandée par l'O.M.S qui est de préférence inférieure à 1UNT pour une désinfection efficace. L'élévation de la turbidité en cette période pluvieuse est due aux apports des eaux de pluie qui déversent des tas d'ordures dans le fleuve. Les valeurs anormales de la turbidité affectent la potabilité de l'eau du robinet et des réservoirs pendant la saison pluvieuse.
- Pour les valeurs de Sodium et des chlorures, nous avons constaté que c'est pendant la saison sèche que la concentration est plus élevée : Sodium varie de 5 à 6,6mg/l ; chlorure varie de 5,5 à 6,6mg/l par rapport à la saison pluvieuse : Sodium varie de 3,1 à 5,4mg/l, chlorure varie de 1,9 à 4,9mg/l. Cette augmentation s'explique par le fait que pendant la saison pluvieuse les eaux de pluies entraînent un phénomène de dilution.
- Enfin, au plan bactériologique l'eau des réservoirs et du robinet n'a pas révélé la présence de coliformes fécaux et totaux, attestant ainsi qu'elle est potable bactériologiquement pendant les trois saisons.



En dehors de la turbidité pendant la saison pluvieuse, les paramètres influençant la potabilité de l'eau, ceux présentant un risque pour la santé, les indicateurs de pollution ainsi que la qualité bactériologique que nous avons évalués ne dépassent pas les normes de l'O.M.S., de la C.E.E et de la France.

Cependant nous n'avons pas pu déterminer certains paramètres toxiques tels que les métaux lourds et les pesticides en raison de l'insuffisance de l'équipement technique.

En vue de mieux garantir la qualité de l'eau du robinet, les différents résultats obtenus nous permettent de formuler les recommandations suivantes.

- Mettre à la disposition des entreprises et des organismes d'inspection des laboratoires correctement équipés surtout pour l'analyse des métaux lourds et des micro polluants organiques.
- Renforcer les mesures réglementaires concernant les rejets des eaux usées dans le fleuve et sur le voisinage des cours d'eau en adoptant de nouveaux textes et en veillant à leur application.
- Effectuer des séries d'échantillonnage au moins chaque semaine en vue d'un contrôle périodique de la qualité de l'eau. Toute anomalie devra faire l'objet de dispositions urgentes pour que l'eau soit de qualité.
- Prendre des dispositions pour corriger l'augmentation de la turbidité pendant la saison pluvieuse en renforçant le dispositif de filtration.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Ballo.A : Les modalités de l'écoulement fluvial en domaine tropical humide africain : l'exemple des bassins du Niger Supérieur et du Bani.
Thèse 3^e cycle Nancy 1984.
2. Ballo.A, Diallo.S, Pallier.G, Traoré.S : L'eau à Bamako PULIM (presses de l'université de Limoges et du Limousin)
3. Dégremont : Memento technique de l'eau, 8^{ème} édition 1978.
4. Dégremont : Memento technique de l'eau, édition du cinquantenaire 9^{ème} édition Tome I 1989.
5. Diarra B : Contribution au contrôle de la qualité de l'eau de certains quartiers périphériques de Bamako. Thèse pharmacie Bamako 1985 N°3.
6. Dicko M.M : Contribution à l'étude qualitative des eaux de forages et de puits traditionnels dans le cercle de Kolokani; Thèse Pharmacie Bamako 1983.
7. Document Earthcan pour la presse N° 22 Eau et Assainissement pour tous 1980.
8. Gourcy L., Sondag F : Premiers résultats sur la distribution et le bilan des éléments majeurs dissous dans la cuvette lacustre du fleuve Niger (Mali) (année 1990 – 1991), 1993.
9. Gouvernorat du District de Bamako. Cellule Technique du District. Mission Française de Coopération et d'action culturelle au Mali. Convention Fac N° 152/CD/99. Appui au District de Bamako. Monographie du district de Bamako.
10. Gueye F. A.B : L'eau et les problèmes de Stratégies Sanitaires lieu à l'eau du Mali. Thèse pharmacie, Bamako 1988 N° 10.
11. Hach DREL/5 advanced water quality Laboratory. Procedures Manuel. Hach company 1993, 1994.
12. Hunter J. Rey L. et Scott D : L'action de prévention et de lutte contre la maladie dans le cadre des grands travaux hydrauliques 1980.
13. Lecoq (R) : Manuel d'analyses alimentaires et d'expertises usuelles Tome 1 édition Doin Derem et cie, Paris 1965.
14. Mahuzier G; Hamon M : Abrégé de chimie analytique Méthode de séparation 2^{ème} édition Masson 1986.
15. Sidibé .M : Etude de quelques aspects physico – chimiques de pollution du fleuve Niger à Bamako et à Koulikoro. Thèse pharmacie, Bamako 1992.

16. Olivry J.C; Gourcy L; Touré M : Premiers résultats sur la mesure des flux de matières dissoutes et particulaires dans les apports du Niger au Sahel, 1993.
17. OMS : Techniques et contrôle du traitement des eaux, Genève 1967.
18. OMS : Normes Internationales pour l'eau de boisson 3^{ème} Edition Genève 1972.
19. OMS : Évacuation des eaux usées des collectivités, Genève 1974.
20. OMS : Surveillance de la qualité de l'eau de boisson, Genève 1977.
21. OMS : Eau potable et Assainissement 1981 – 1990, vers une meilleure santé, Genève 1981.
22. OMS : Directives de qualité pour l'eau de boisson, Genève 1985 Volume 1 Recommandations.
23. OMS : Directives de qualité pour l'eau de boisson, Genève 1986 Volume 2.
24. OMS : Directives de qualité pour l'eau de boisson, Volume 3 contrôle de la qualité de l'eau destinée à l'approvisionnement des petites collectivités Genève 1986.
25. OMS : Directives de qualité pour l'eau de boisson, Deuxième édition Genève 1994 Volume 1 Recommandations.
26. Rodier J : L'analyse chimique et physico-chimique de l'eau : Eaux Naturelles, Eaux usées 3^e édition Dunod Paris 1966.
27. Rodier J et all : L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer 5^{ème} édition Dunod, Paris 1976.
28. Rodier J : L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux de mer, eaux résiduaires, 7^{ème} édition Dunod 1984.
29. Sanogo M : Contribution à l'analyse physico-chimique des eaux usées des villes de Mézé et de Bamako. Etude de l'épuration par lagunage naturelle; Bamako 1985.
30. Semeguem .S : Étude de quelques aspects de la pollution du fleuve Niger à Bamako. Evolution saisonnière de la qualité des eaux. Thèse pharmacie Bamako 1999.
31. Touré M : Etude de quelques aspects des problèmes de pollutions de l'environnement et des risques d'exposition aux produits toxiques dans certaines unités industrielles de la zone industrielle du District de Bamako. Thèse pharmacie; Bamako 1986 N°3.
32. USP XXI^{er} édition 1990.
33. W.H.O : GEMS : water operationel guide, Genève 1987

FICHE SIGNALITIQUE

Nom : KANE
Prénom : Brahima
Titre de la thèse : Evaluation saisonnière de quelques paramètres de contrôle de la qualité de l'eau du réseau d'adduction de la ville de Bamako
Année : 2000
Ville de Soutenance : Bamako
Pays d'origine : Mali
Lieux de dépôt :

- Bibliothèque de Faculté de Médecine de Pharmacie et d'Odontho-Stomatologie. B.P. 1805 Bamako.
- Bibliothèque du Laboratoire de la Qualité des Eaux.

RESUME :

Notre étude a été réalisée dans le District de Bamako. Elle avait pour objectif général :

- Evaluer la qualité de l'eau du robinet en fonction des différentes saisons.

Objectifs Spécifiques :

- Déterminer les éléments présentant des risques de pollution de l'eau de robinet
- Etudier les variations saisonnières de la qualité de l'eau du robinet pendant les trois périodes de l'année : saisons sèche, pluvieuse et froide.
- Comparer les résultats aux normes internationales.

Les prélèvements ont été effectués en huit points, d'une part dans les principaux réservoirs en raison de leur importante distribution en eau et d'autre part dans certains quartiers choisis au hasard. Nous avons prélevés 96 échantillons d'eau qui ont été analysés au Laboratoire de la Qualité des Eaux de décembre 1998 à août 1999 et 24 paramètres ont été recherchés.

Cette étude a montré que :

- Pendant la saison pluvieuse :

- ♦ La concentration en fer est plus élevée par rapport à la saison froide et la saison sèche.
- ♦ La turbidité en cette période pluvieuse est plus élevée que celle de la saison sèche ainsi que celle de la saison froide. Elle est également plus élevée par rapport à la valeur recommandée par l'OMS.

- Pendant la saison sèche :

- ◆ La température de l'eau est plus accentuée par rapport à la saison froide et la saison pluvieuse.
- ◆ La concentration en sodium et en chlorures pendant la saison sèche est plus élevée par rapport à la saison pluvieuse.

- Enfin, au plan bactériologique l'eau des réservoirs et du robinet n'a pas révélé la présence de coliformes fécaux et totaux.

En dehors de la turbidité pendant la saison pluvieuse, les paramètres influençant la potabilité de l'eau, ceux présentant un risque pour la santé, les indicateurs de pollution ainsi que la qualité bactériologique que nous avons évalués ne dépassent pas les normes de l'OMS, de la C.E.E et de la France.

MOTS CLES : Eau du robinet et des réservoirs : paramètres caractéristiques – saisons – norme de qualité.

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'opprobre et méprisé de mes confrères si j'y manque.

Je le jure.