

REPUBLIQUE DU MALI
Un Peuple — Un But — Une Foi

**ECOLE NATIONALE DE MEDECINE ET DE PHARMACIE
DU MALI**

Année 1985

No

**CONTRIBUTION AU CONTROLE DE
QUALITE DE L'EAU DANS CERTAINS
QUARTIERS PERIPHERIQUES
DE BAMAKO**

THESE :

Présentée et soutenue publiquement le Septembre 1985 devant l'Ecole
Nationale de Médecine et de Pharmacie du Mali

Par :

Bah DIARRA pour obtenir le grade de

Docteur en Pharmacie

(DIPLOME D'ETAT)

Jury :

Président : professeur Ag Sidi Yaya SIMAGA

Membres : | Docteur Sory KEITA
| Docteur Boubacar CISSE
| Mr. Cheik Tidiani TANDIA

TI NA/MAIGA

ECOLE NATIONALE D E MEDECINE ET DE PHARMACIE DU MALI

ANNEE ACAD EMIQUE 1984-1985

--- ---

Directeur Général..... Professeur Aliou BA
 Directeur Général Adjoint..... Professeur Bocar SA LL
 Conseiller Technique..... Professeur Philippe RANQUE
 Secrétaire Général..... Monsieur Demba DOUCOURE
 Econome..... Monsieur Philippe SAYE

PROFESSEURS MISSIONNAIRES

Docteur MILLIET..... O.R.L.
 Professeur Francis MIRANDA..... BIOCHIMIE
 Professeur Alain GERAULT..... BIOCHIMIE
 Professeur Michel QUILICI..... IMMUNOLOGIE
 Docteur François ROUX..... BIOPHYSIQUE
 Professeur Humbert GIONO-BARBER..... PHARMACODYNAMIE
 Professeur Oumar SYLLA..... PHARMACIE CHIMIQUE
 Docteur Jean REYNIER..... PHARMACIE GALENIQUE
 Docteur Mlle Marie Hélène ROCHAT..... PHARMACIE GALENIQUE
 Docteur Guy BECHIS..... BIOCHIMIE
 Docteur Mme GIONO-Paulette BARBER..... ANATOMIE ET PHYSIOLOGIE HUMAINES
 Monsieur El Hadj Maktar WADE BIBLIOGRAPHIE

PROFESSEURS RESIDANT A BAMA KO

Professeur Aliou BA OPHTALMOLOGIE
 Professeur Bocar SALL..... ~~ORTHOPEDIE~~-TRAUMATOLOGIE
 Professeur Philippe RANQUE..... PARASITOLOGIE
 Professeur Mamadou DEMBELE..... CHIRURGIE GENERALE
 Professeur Souleymane SANGARE..... PNEUMO-PHTISIOLOGIE
 Professeur Ag RHALY..... MEDICINE INTERNE
 Professeur Aly GUENDO..... GASTRO-ENTEROLOGIE
 Professeur Mamadou Kouréissi TOURE..... CARDIOLOGIE
 Professeur Yaya FOFANA..... HEMATOLOGIE
 Professeur Mahamane MAIGA..... NEPHROLOGIE
 Professeur Mamadou Lamine TRAORE..... CHIRURGIE GENERALE-MEDICINE LEGALE
 Professeur Abdel Karim KOUMARE..... ANATOMIE-CHIRURGIE GENERALE

Professeur Bréhima KOUMARE.....	MICROBIOLOGIE
Professeur Siné EYO.....	HISTO-EMBRYOLOGIE-ANATOMIE- PATHOLOGIE
Professeur Boubou DIARRA.....	BACTERIOLOGIE
Professeur Moussa ANAMA.....	CHIMIE ORGANIQUE-ANALYTIQUE
Professeur Niamantou DIARRA.....	MATHEMATIQUES
Professeur N'GOLO DIARRA.....	BOTANIQUE
Professeur Salikou SANOGO.....	PHYSIQUE
Professeur Mamadou KOUMARE.....	PHARMACOLOGIE-MATIÈRES MEDICALES
Professeur Sidi Yaya SIMAGA.....	SANTE PUBLIQUE
Professeur Souleymane TRAORE.....	PHYSIOLOGIE GENERALE
Professeur Yéya Tiémoko TOURE.....	BIOLOGIE
Professeur Amadou DIALLO.....	GENETIQUE-ZOOLOGIE

ASSISTANTS CHEFS DE CLINIQUE

Docteur Abderhanane Sidèye MAIGA.....	PARASITOLOGIE
Docteur Sory Ibrahima KABA.....	SANTE PUBLIQUE
Docteur Balla COULIBALY.....	PEDIATRIE
Docteur Boubacar CISSE.....	DERMATO-LEPROLOGIE
Docteur Issa TRAORE.....	RADIOLOGIE
Docteur Sidi Yéya TOURE.....	ANESTHESIE-REANIMATION
Docteur Baba KOUMARE.....	PSYCHIATRIE
Docteur Jean Pierre COUDRAY.....	PSYCHIATRIE
Docteur Aly N'houm DIALLO.....	MEDECINE INTERNE
Docteur Mamadou Marouf KEITA.....	PEDIATRIE
Docteur Toumani SIDIBE.....	PEDIATRIE
Docteur Moussa TRAORE.....	NEUROLOGIE
Docteur Eric PICHARD.....	SEMILOGIE MEDICALE-HEMATOLOGIE
Docteur Gérard GROSSETETE.....	DERMATO-LEPROLOGIE
Docteur Marc JARRAUD.....	GYNECO-OBSTETRIQUE
Docteur Bénitiéni FOFANA.....	GYNECO-OBSTETRIQUE
Docteur Mme SYAI DA SOW.....	GYNECO-OBSTETRIQUE
Docteur Amadou Ingré DOLO.....	GYNECO-OBSTETRIQUE
Docteur Kalilou OUARTARA.....	UROLOGIE
Docteur Mamadou Lamine DIOMBANA.....	STOMATOLOGIE
Docteur Massoulé SAMAKE.....	GYNECO-OBSTETRIQUE
Docteur Salif DIAKITE.....	GYNECO-OBSTETRIQUE
Docteur Abdou Allassane TOURE.....	CHIRURGIE-SEMI-CHIRURGICALE

Docteur Djibril SANGAR E CHIRURGIE
 Docteur Sambou SOUMARE CHIRURGIE
 Docteur LE DU PARASITOLOGIE
 Docteur Moussa I ssa DIARRA BIOPHYSIQUE
 Docteur Mme THIAM ATSSATA SOW BIOPHYSIQUE
 Docteur Daouda DIALLO CHIMIE MINERALE
 Docteur Abdou laye KOUMARE CHIMIE GENERALE-ORGANIQUE-ANALYTIQUE
 Docteur Hama CISSE CHIMIE GENERALE
 Docteur San oussi KONATE SANTE PUBLIQUE
 Docteur Georges SOULA SANTE PUBLIQUE
 Docteur Pascal SANTE PUBLIQUE
 Docteur Boubacar CISSE TOXICOLOGIE
 Docteur Elimane MARIKO PHARMACODYNAMIE

CHARGES DE COURS

Docteur Gérald TRUSCHEL ANATOMIE-SEMILOGIE CHIRURGICALE
 Docteur Boukassoum HAIDARA GALENIQUE
 Professeur N'Golo DIARRA BOTANIQUE
 Professeur Souleymane TRAORE PHYSIOLOGIE GENERALE
 Professeur Niamanto DIARRA MATHEMATIQUES
 Docteur Boubacar KANTE GALENIQUE
 Professeur Bouba DIARRA PARASITOLOGIE
 Docteur Abdoulaye DIALLO GESTION
 Docteur Bakary SACKO BIOCHIMIE
 Docteur Souleymane DIA PHARMACIE CHIMIQUE
 Docteur Modibo DIARRA BIOCHIMIE - NUTRITION
 Docteur Jacqueline CISSE BIOLOGIE ANIMALE
 Monsieur Cheick Tidiani TANDIA HYGIENE DU MILIEU
 Monsieur Ibrahim CAMARA HYGIENE DU MILIEU
 Docteur Sory Ibrahima KABA SANTE PUBLIQUE

D E D I C A C E S

JE DEDIE CETTE THESE

A MON PERE

" IN MEMORIUM "

A MA MERE

" IN MEMORIUM "

A TOUS MES PARENTS, AMIS ET CONNAISSANCES DISPARUS

POUR TOUS LES SACRIFICES QU'ILS ONT CONSENTIS POUR MOI

FILIALE - AFFECTION

QUE REPOSENT EN PAIX VOS AMES

A MES ONCLES

A MES TANTES

Pour votre esprit social et tous les sacrifices que vous avez pu faire pour moi. Trouvez en ce travail l'expression de ma profonde gratitude .

A MES FRERES ET SOEURS

A MES COUSINS ET COUSINES

Pour remercier les uns pour tout ce qu'ils ont fait pour moi et encourager les autres à travailler .

A tous les Ressortissants de Kouloupénébougou que je ne saurai nommer par crainte d'en oublier; trouvez en ce travail l'expression de ma profonde sympathie .

A MESSIEURS

Yaya Traoré et Famille	Moussa Diarra
Yacouba Cissé et Famille	Zana Sangaré
Noufonio Sanogo et Famille	M'Perè DIARRA
N'Gouro Sanogo et Famille	Diafongo Sanogo

Pour l'atmosphère sociale et fraternelle dont vous m'avez entourée .

Filiales reconnaissances .

A MES AMIS

Dougouyégué Diakité	Drissa Sanogo
Issa D. Sanogo	Salia Cissé
Fagnimin Sanogò	M'Pè Ballo
M'Perè Sanogo	Birama Cissé

Trouvez à travers ce travail mes affections les plus amicales .

A TOUS MES COLLEGUES ET PROMOTIONNAIRES

Tiamogo Sanogo	Lassana Traoré
Sidiki Berthé	Ziny Traoré
Abdramane S. Dembélé	Kamano Sanogo

Soyez toujours guidés par des actions lucides .

A MONSIEUR MOUSSA DIARRA

Pour lui dire que ce travail est également le tien. Grâce à ton aide morale et matérielle à tes conseils, j'ai toujours surmonté mes difficultés .

Trouvez à travers ce modeste travail l'expression de mon amour profond .

R.E.M.E.R.C.I.E.M.E.N.T.S

- Je remercie très sincèrement Monsieur YACOUBA CISSE pour son soutien tant moral que matériel .

- Je remercie Monsieur MAHAMADOU SISSOKO qui malgré ses multiples occupations a bien voulu se charger de la Dactylographie de cette Thèse .

- Mes Reperciements vont :

A tout le Personnel du Laboratoire de Toxicologie (INRSP) et du Laboratoire de l'Hygiène Publique et de l'Assainissement pour leur disponibilité et leurs apports techniques pour la réalisation de ce travail .

AU PROFESSEUR ALIOU BA

Directeur Général de l'École Nationale de Médecine
et de Pharmacie .

Pour sa constance et sa contribution à notre
formation, qu'il trouve ici l'expression de
notre profonde gratitude .

A TOUS LES MEMBRES DU CORPS PROFESSORAL
DE L'ÉCOLE NATIONALE DE MÉDECINE ET DE
PHARMACIE .

Pour l'intérêt qu'ils ont accordé à notre
Formation .

A TOUT LE PERSONNEL DE L'ÉCOLE NATIONALE
DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE .

Trouvez ici ^{nos} Vifs Remerciements .

A MON PRESIDENT DE THESE

Monsieur le Professeur SIMAGA

Vous me faites l'honneur de présider ce
Jury de Thèse .

Votre grande expérience en Santé Publique
contribuera à m'éclairer, à me guider, au
de-là même de cette Thèse .

Soyez assuré de ma profonde gratitude .

AU DOCTEUR SORY KEITA

Vous avez accepté de faire partie de mon Jury de Thèse .

Je vous en remercie infiniment .

Je vous ai connu depuis ma première année à l'Ecole de Médecine, mais je n'ai pas eu la chance de profiter de votre enseignement .

Votre grande expérience en Bactériologie contribuera à me guider au de-là même de cette Thèse .

Permettez-moi de vous exprimer ici ma Profonde gratitude .

A MON MAITRE ET DIRECTEUR DE THÈSE

Monsieur le Directeur BOUBACAR CISSE

Vous avez été mon Maître de Thèse. Par ce fait vous avez accepté avec la plus grande volonté qui vous caractérise de sacrifier une partie si précieuse de votre temps en vue d'être mon premier guide .

Vous avez su être par votre courage, votre simplicité, un maître attentif, aimable, méthodique et indulgent .

Ce travail est aussi le vôtre : tout au long de son exécution j'ai pu apprécier votre compétence dans une atmosphère cordiale .

Veillez accepter Cher Maître, Mes Reconnaissances les plus Sincères .

A MONSIEUR CHEICK TIDIANI TANDIA INGENIEUR SANITAIRE

Nous sommes heureux de vous compter parmi
notre Jury . Vous avez été intéressé dès les premiers jours
par la réalisation de ce travail et vous avez été mon second
guide .

Vous avez accepté de contribuer matériellement
et moralement dans le cadre de cette Thèse .

Trouvez ici l'expression de ^{mon} profond respect.-

<u>INTRODUCTION</u> :	1
<u>PREMIERE PARTIE</u> :	
<u>Chapitre I</u> : Généralités sur l'eau.....	3
A- Sources d'eau.....	3
B- Différentes qualités d'eau.....	3
C- Usages de l'eau.....	4
D- Etude des Caractéristiques de l'eau.....	4
1°) Caractéristiques physiques.....	4
2°) Caractéristiques chimiques.....	6
3°) Caractéristiques bactériologiques..	13
E- Causes de Souillure de l'eau.....	15
F- Provenance de l'eau.....	15
G- Eau et Santé.....	17
<u>Chapitre II</u> : Etude de quelques aspects du problème de l'eau à Bamako et quartiers périphériques.....	19
A- Approvisionnement en eau en milieu urbain.....	19
B- Approvisionnement en eau des quartiers périphériques.....	19
<u>Chapitre III</u> : Méthodes de détermination des paramètres conditionnant la qualité de l'eau.....	22
A- Caractéristiques physiques.....	22
1°) Caractères organoleptiques.....	22
2°) Mesures physiques.....	22
B- Caractéristiques chimiques.....	23
1°) Méthodes volumétriques de dosage...	23
2°) Méthodes colorimétriques de dosage.	33

C- Analyse Bactériologique.....	42
1°) Méthodes d'analyse.....	42
2°) Milieux de culture.....	42
3°) Recherche et numération des germes...	43

DEUXIEME PARTIE :

<u>Chapitre I</u> : Bilan des analyses d'eau effectuées dans le laboratoire de 1975 à 1984.....	45
--	----

<u>Chapitre II</u> : Enquête relative à l'approvision- nement en eau dans les quartiers périphériques.....	51
A- Méthodologie.....	51
B- Resultats de l'enquête.....	51
1°) Caractéristiques démographiques des quartiers périphériques.....	52
2°) Approvisionnement en eau.....	52
3°) Caractéristiques des Puits.....	54

<u>Chapitre III</u> : Analyse physico-chimique et bactériologique des eaux des quartiers périphériques.....	57
A- Prélèvement des Echantillons d'eau.....	57
1°) Eaux de surface.....	57
2°) Eaux profondes.....	58
3°) Conservation et transport des échantillons.....	58
B- Analyse des Echantillons.....	59
C- Interpretation des Résultats.....	76

<u>C O N C L U S I O N S</u> :.....	91
Bibliographie.....	95

7) B R E V I A T I O N S U T I L I S E E S

INRSP = Institut National de la Recherche en Santé Publique
EDTA = Ethylène Diamine Tétracétique
ENMP = Ecole Nationale de Médecine et de Pharmacie
DNHE = Direction Nationale de l'Hydraulique et de l'Energie
ABS = Alcoyl Benzène Sulfonates
DBO = Demande Biochimique en Oxygène
DCO = Demande Chimique en Oxygène
CMA = Concentration Maximum Admissible
EDM = Energie du Mali
MPN = Most Probable Number
PPM = Partie Par Million
EBM = Eosine-Bleu de Méthylène
QSP = Quantité Suffisante Pour
TAC = Titre Alcalimétrique Complet
OMS = Organisation Mondiale de la Santé
UPC = Unité Platino Cobalt
OD = Oxygène Dissout
T_A = Titre Alcalimétrique
PE = Prise d'Essai
NB = Nombre
mn = Minute
mg/l = Milligramme par litre
ml = Millilitre^l
cm = Centimètre
cm² = Centimètre carré
cm³ = Centimètre cube
Ug = Microgramme

//.....//.....//

PH = Potentiel Hydrogénique
M̄ = Moles
E. (coli) = Escherichia Coli
P = Puits
F = Forage
S = Source
H = Heure
V = Volume
N = Normalité
oC = Degré celsius
T° = Température
% = Pour cent
o/oo= Pour mille

E R R A T A

Page 2 : lire et notamment

Page 3 : lire exigeant au lieu de "exigenat"

Page 9 : lire diarrhéiques au lieu de "diarraheïques"

Page 13 : lire absentes au de "absentes"^t

Page 22 : lire comparateur au lieu de "compateur"

Page 38 : lire bain-marie au lieu de "bai-marie"

Page 50 : lire organismes

Page 59 : lire organoleptiques au lieu de "organiques lep-
tiques"

Page 65 : lire caractères au lieu de "cactères"

Page 90 : Tableau N° XXIV lire pourcentage au lieu de
"pourcenta" lire sulfito-réducteur au lieu de
"sulfito-reduc"

I N T R O D U C T I O N ###
#####

I N T R O D U C T I O N

C'est une évidence que l'eau joue un rôle essentiel dans la préservation du règne animal et végétal, la meilleure illustration est que dans les déserts l'extrême rareté de l'eau empêche l'épanouissement de toute vie . Le rôle de l'eau est également primordial dans le développement technique et économique d'un pays et les diverses activités humaines, qu'elles soient agricoles ou industrielles exigent d'importantes ressources d'eau .

L'eau permet le bon fonctionnement de l'organisme et toute perte importante doit être compensée aux risques de voir se produire des troubles graves .

Il existe normalement un équilibre parfait entre le volume d'eau absorbé quotidiennement et le volume d'eau éliminé .

En matière d'eau deux aspects importants sont à considérer :

- le premier aspect concerne les quantités d'eau requises : la demande en eau augmente sous la pression de l'accroissement de la population (accroissement naturel et immigration), par l'effet de l'évolution du niveau de vie des habitants et celui du développement industriel .

- le second est celui des problèmes de qualité et de risque de pollution de l'eau .

Le problème de l'approvisionnement en eau potable aussi bien dans les pays développés que ceux en voie de développement se pose avec acuité mais sous des aspects différents. Les pays industrialisés sont concernés par les nombreuses sources de pollution surtout d'origine industrielle tandis que ceux en voie de développement souffrent de pollution de nature organique ou végétale.

La période 1981 - 1990 Décennie Internationale de l'eau potable et de l'Assainissement (DIEPA) préconisée par l'O.M.S devrait assurer à terme pour chaque habitant l'accessibilité à une eau potable .

Dans l'état actuel de nos connaissances, très peu de travaux ont été consacrés au problème de l'eau au Mali, l'on peut citer cependant la Thèse de DICKO et le Mémoire de Monsieur SANO. Aussi avons nous été amené à nous pencher sur cet aspect de la qualité de l'eau dans certains quartiers périphériques de Bamako. Les points essentiels concernent le problème de l'eau dans les quartiers périphériques de Bamako. La disponibilité, l'accessibilité et la qualité de l'eau .

Pour notre étude nous avons dans une première partie présenté quelques notions générales sur l'eau et les différentes méthodes de détermination qualitative et quantitative de paramètres permettant de conclure en la potabilité d'une eau .

La deuxième partie la plus importante a porté sur :

- Un aperçu des analyses d'eaux effectuées dans le laboratoire de Toxicologie et de Bromatologie de 1975 à 1984 .
- Une enquête sur le problème de l'eau dans les quartiers périphériques en rapport avec les données démographiques .
- Un contrôle de qualité (physico-chimique et bactériologique) d'eaux des quartiers périphériques choisis pour notre étude .

Les résultats de nos Travaux permettront de mettre à la disposition des Autorités des données de base susceptibles d'être exploitées dans le cadre de l'Assainissement et de l'Adduction d'eau dans ces quartiers -.

C H A P I T R E I : GENERALITES SUR L'EAU

Le terme "eau" peut désigner l'eau d'égoût nauséabonde, l'eau de source limpide, l'eau de mer imbuvable ou l'eau potable (4)

A - SOURCES D'EAU :

Une attention particulière doit être accordée au choix des sources d'approvisionnement en eau potable . Les conditions de salubrité, de régularité et d'économie interviennent dans ce choix.

Une eau pouvant être consommée sans traitement est plus recherchée qu'une eau contaminée exigeant un traitement approprié ; il en est de même pour une source d'eau capable de fournir constamment le volume d'eau nécessaire à l'approvisionnement par rapport à une source de débit instable . Enfin la source permettant une installation à bon marché, sera préférée à toute autre, à condition que la régularité et la salubrité restent les mêmes. Comme sources d'eau on peut citer :

- Les eaux souterraines qui comprennent les eaux contenues dans le sous-sol et celles qui apparaissent sous forme de sources ou émergences. Elles résultent de l'infiltration de l'eau de pluie .

- Les eaux de surface constituées par les eaux de pluie recueillies des rivières, des lacs, des mers, des fleuves, des étangs. Ces eaux résultent d'un mélange d'eau de ruissellement et d'eau souterraine .

- Eaux de puits .

B - DIFFERENTES QUALITES D'EAU

En général nous pouvons distinguer l'eau brute, l'eau potable, l'eau pure .

L'eau brute est une eau qui n'a subi aucun traitement. Elle est susceptible de contenir les organismes pathogènes, les matières en suspension, les bactéries, les spores, les kystes, les oeufs (7) . L'eau potable est une eau limpide, incolore et ne présente aucun goût ou odeur désagréable . Les qualités requises sont donc d'ordre physique, bactériologique et chimique. (4)

La véritable eau pure est un composé liquide comportant uniquement le composé chimique de formule H_2O sans la moindre trace d'autres corps minéraux ou organiques et sans aucun germe.(7) Un tel liquide ne se rencontre jamais dans la nature car les eaux de pluie en tombant ramassent les poussières, dissolvent les sels et sont chargées de débris organiques avant de s'infiltrer ou de ruisseler.

On voit donc que l'eau potable et l'eau pure sont loin d'être synonymes (7).

C - USAGES DE L'EAU

Il existe plusieurs usages, on peut citer :

- l'alimentation en eau de nos agglomérations urbaines et rurales.
- l'alimentation des Industries à des fins de production
- le conditionnement des terres à des fins agricoles (irrigation, drainage) .
- la production d'énergie hydro-électrique .
- la navigation
- le but lucratif : sport, pêche ect...
- le besoin de la faune .
- comme véhicule pour l'évacuation des déchets humains et industriels

Les divers usages sont souvent incompatibles ce qui crée de nombreux ^{conflits} économiques et sociaux .

Exemples :

(+) La pollution créée par l'utilisation de l'eau comme véhicule pour déchets altère la qualité de l'eau requise pour les fins d'alimentation en eau .

(+) La construction de barrages ou la production d'énergie altèrent la qualité de l'eau, et la retenue d'eau peut favoriser certaines pathologies telle la bilharziose .

D - ETUDE DES CARACTERISTIQUES DE L'EAU

1°) - Caractéristiques Physiques :

Les principales caractéristiques physiques nécessitant une étude sont les suivantes : turbidité, couleur, saveur, odeur, température, conductivité électrique et PH .

a) La turbidité :

La turbidité d'une eau, par opposition à la limpidité est due à la présence de matières en suspension finement divisées telles que argile, limons, grains de silice, matières organiques et inorganiques, plancton ou d'autres organismes microscopiques (14).

L'appréciation de l'abondance de ces matières mesure son degré de turbidité qui présente un grand intérêt dans le contrôle de l'épuration des eaux brutes (4 , 14) .

La turbidité est exprimée en unités turbidimétriques .

b) La couleur :

Puisque la limpidité d'une eau est nécessaire pour la consommation, il serait aussi important de considérer comme indispensable l'absence de couleur . Il y'a lieu de distinguer la couleur apparente (due aux matières en suspension et en solution) et la couleur vraie (due aux substances en solution) (14).

La couleur d'une eau peut provenir :

- de la matière végétale organique (feuilles, humus, fumier ect..)
- des eaux résiduaires industrielles .
- du fer (microorganismes, corrosion ect...)

L'eau dans la nature présente trois types de couleurs prédominantes : bleue , verte et brune (2 , 3 , 14 , 15) .

Elle est bleue quand la lumière solaire est diffusée par effet Tyndall du aux matières en suspension colloïdale. On retrouvera la couleur verte dans les eaux riches en phytoplancton, la couleur brune est due surtout à la présence de matières dissoutes d'origines organique ou minérale .

Du point de vue sanitaire, la couleur d'une eau peut orienter les techniciens vers l'identification de la nature de la pollution . La couleur d'une eau est exprimée en unité platino-cobalt (UPC) . La couleur limite préconisée par l'O.M.S. est de 50 UPC pour une eau potable (10) .

c) Les Saveurs et Odeurs :

Les saveurs et odeurs ont une importance plus grande encore pour le consommateur, que sa limpidité et son absence de couleur . Ces saveurs et odeurs peuvent résider dans une pollution artificielle de l'eau, c'est à dire découlant directement ou indirectement des activités humaines ou naturelles . L'eau peut avoir comme odeur (odeur aromatique, de moisi, de goudron, de poisson, de vase ect...).

Une bonne eau doit être inodore, même au bout de dix à quinze jours de conservation en vase fermée à une température de 20 à 25°C (7 ? 14 , 15) .

L'eau est sans saveur mais la présence de certains éléments peuvent lui conférer un goût généralement salé ou ferrugineux .

d) La Température :

La température des eaux dépend essentiellement de leur provenance. Il est important de connaître la température de l'eau avec bonne précision, car elle joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz . Elle intervient aussi dans la dissolution des sels dissouts donc sur la conductibilité électrique, dans la détermination du PH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels (14 , 15) .

Une eau potable doit avoir une température comprise entre 9 et 15° selon l'O.M.S. (10) .

e) Conductivité électrique :

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1cm² de surface et séparées l'une de l'autre de 1cm (2). Elle est exprimée en Ohm/Cm .

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

Le taux de minéralisation permet d'évaluer le degré de potabilité d'une eau .

T A B L E A U N° I

Potabilité en fonction du taux de Minéralisation (4)

Taux de Minéralisation mg/l	0-500	500-1000	1000-2000	2000-4000	4000
Potabilité	Bonne	Passable	Médiocre	Mau-	vaise

f) Notion de PH :

L'acidité d'une eau correspond à la présence d'anhydride carbonique libre, d'acides minéraux et de sels d'acides forts et bases faibles . L'alcalinité correspond à la présence de carbonates , bicarbonates et d'hydroxydes .

2°) - CARACTÉRISTIQUES Chimiques :

La qualité chimique des sources d'eau brute et l'eau traitée est de grande importance .

a) Principales Caractéristiques :

- Teneur en Oxygène dissous (O.D)

L'oxygène dissous est lié aux activités biologiques se développant dans l'eau . Les organismes animaux et végétaux ont besoin d'oxygène pour respirer. L'oxygène dissous joue un grand rôle dans l'agressivité de l'eau, sa teneur doit être connue .

- Teneur en Acide Carbonique :

L'acide carbonique joue un rôle dans l'agressivité de l'eau . IL intervient de façon déterminante dans le processus de la corrosion des métaux et de l'attaque de ciment .

- Teneur en Sels Minéraux :

Les eaux peuvent contenir de nombreux sels minéraux dissouts. Les eaux qui ne contiennent pas des sels minéraux (en particulier les sels de calcium et de magnesium) sont des eaux douces. Les eaux trop minéralisées sont des eaux dures, elles cuisent mal les légumes et ne moussent pas bien. Les eaux dures provoquent en outre les détériorations et des pannes dans des appareils menagers à eaux chaudes en raison de dépôts du tartre qu'elles y laissent.

- Alcalinité :

L'alcalinité d'une eau par opposition à l'acidité est due à la présence des sels d'acide faible (acide carbonique, acide borique). On exprime l'alcalinité en mg/l de CaCO_3 . Une eau très alcaline a des propriétés laxatives dues à la présence des sels en solution.

b) Autres Caractéristiques Chimiques :

L'eau rencontrée dans la nature est susceptible de contenir des substances chimiques : influençant sur la potabilité, celles comportant un risque pour la santé, celles indicatrices d'une pollution et celles toxiques (2).

b)-1- Substances Chimiques influençant sur la potabilité :

Il existe des normes pour toutes ces substances chimiques. Les résultats sont généralement exprimés en mg/l .-

T A B L E A U N° II

Normes pour eau de boisson : Substances influençant sur la Potabilité (2 , 10) :

! S U B S T A N C E S !	! CONCENTRATION MAXIMALE ADMISSIBLE!
!	! (CMA) en Mg/l !
!=====!	!=====!
!Matières solides totales en!	1.500 !
! solution !	!
! Fer !	50 !
!Manganèse (en supposant la !	5 !
!teneur en ammoniacque infé- !	!
!rieure à 0,5 mg/l) !	!
! Cuivre !	1,5 !
! Zinc !	1,5 !
!Sulfate de Magnesium et Sul!	!
!fate de Sodium !	1.000 !
! Magnesium !	50 - 150 !
! Calcium !	75 - 200 !
! Chlorures !	250 !
!Alcoyl benzène sulfonates !	!
!(A.B.S) agents tensio-actifs	0,5 !
!=====!	!=====!

//.....//.....//

- Le Fer : le fer se rencontre dans l'eau sous différentes formes . Dans les conditions habituelles (PH entre 4,5 - 9) le fer présent est généralement à l'état ferreux, sous l'action de l'air ils s'oxyde et passe à l'état ferrique (3). Ainsi les résultats d'analyse seront fortement influencés par les conditions de prélèvement et de stockage de l'échantillon .

Le fer confère à l'eau une saveur désagréable et un aspect rougeâtre qui ne sont pas convenables pour le consommateur . D'autre part les eaux ferrugineuses ont l'inconvénient de tacher le linge. Enfin certaines bactéries sont avides de fer : ces ferrobactéries se fixent sur les parois des canalisations d'eau et entraînent des phénomènes de corrosion. La concentration limite admissible par l'O.M.S. est de 0,1 mg/l (10) .

- Dureté Totale : les sels de calcium et de magnesium déterminent la dureté totale d'une eau qui est un paramètre important pour l'usage domestique. Le calcium existe essentiellement à l'état de bicarbonates. Les eaux à teneur élevée présentent de sérieux inconvénients pour les usages domestiques . Les normes pour l'eau de boisson fixées par l'O.M.S. sont de 75 - 200 mg/l de Ca^{++} et de 50 - 150 mg/l de Mg^{++} (10) .

- Les Chlorures : Ces éléments existent dans toutes les eaux à des concentrations variables; leur origine peut être la percolation à travers des terrains salés ou l'infiltration d'eau marine dans les nappes phréatiques (16). Ils communiquent à l'eau une saveur désagréable . La teneur acceptable fixée par l'O.M.S. est de 250 Mg/l (10).

- Les Sulfates : les sulfates constituent des composés naturels des eaux . Ils proviennent essentiellement de la dissolution du gypse ($CaSO_4$, H_2O) et du lessivage des sols. Les sulfates peuvent causer des troubles diarrhéiques chez les enfants à des teneurs dépassant 250 mg/l de SO_4^{--} en synergie avec le magnesium (2) .

Les normes pour eau de boisson sont: SO_4Mg et SO_4Na_2 ...1000 mg/l (10)

- Le Cuivre : le cuivre joue un rôle important dans les métabolismes biologiques (enzymes) .Il peut se trouver à l'état de traces dans certaines eaux naturelles .

La concentration maximum (CMA) pour eau de boisson est de 1,5mg/l de Cu^{++} (2 , 10) .

b)-2- Substances Chimiques comportant un risque pour la santé :

- Le fluor : Comme la plupart des métalloïdes, le fluor n'est jamais rencontré naturellement sous sa forme moléculaire libre mais sous forme de fluorures (3 , 14 ; 15) . Il est nécessaire au maintien d'une bonne santé des dents. En effet une carence fluorée entraîne le développement de caries dentaires tandis qu'un excès est responsable de dystrophies dentaires avec "émail" tacheté" ou fluorose dentaire décrite en Afrique du Nord sous le nom de DARMOUS (12) . Au-delà de 3mg/l le fluor est un toxique provoquant une précipitation du calcium et une inhibition des ions Fe^{++} et Mg^{++} qui jouent un rôle important dans de nombreux systèmes enzymatiques (2 , 12) . La CMA est de 1,5mg/l pour l'eau de boisson (10) .

- L'iode : l'iode existe à l'état de traces dans la plupart des eaux.

En 1850 Chatin après avoir entrepris une série de recherches sur la teneur en iode de l'air, de l'eau, du sol , des aliments aboutit à la conclusion que la "trop faible teneur en iode de l'eau de boisson dans certaines contrées paraît être la principale cause de goitre" (4). Les besoins de l'organisme dépassent de loin les teneurs de l'eau en iode .

- Les Nitrates : les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote . Leur présence dans l'eau atteste que si la source de pollution est organique l'auto-épuration a joué . Les nitrates peuvent avoir pour Origine une nitrification de l'azote organique . La CMA pour eau de boisson est de 45 Mg/l (10). Au-delà de 45 mg/l d'eau il peut y avoir une action methemoglobinisante par consommation de l'eau (3 , 4 , 14 , 15)

b)-3- Substances Chimiques indicatrices d'une pollution :

- L'Azote dit "Total" : c'est celui qui existe sous des formes autres que les nitrites et les nitrates. Il comprend l'azote organique constitué par les protéines, les polypeptides, les acides aminés et l'azote ammoniacal (16). Cet azote est appelé azote kjeldahl du nom de l'auteur qui l'a dosé . Son origine peut être la décomposition des déchets organiques ou les rejets organiques animaux ou humains . La CMA dans l'eau de boisson est de 1mg/l (10).

- L'Azote Ammoniacal : C'est celui qui existe sous forme d'ions ammoniums . L'ammoniaque se rencontre souvent dans les eaux et traduit habituellement un processus de dégradation incomplète de la matière organique. L'azote ammoniacal peut avoir pour origine la matière végétale, la matière organique animale ou humaine .

La CMA est de 0,05 mg/l d'ions ammoniums pour l'eau de boisson (10)

- Demande Chimique en oxygène (D.C.O) : La D.C.O. est la quantité d'oxygène consommée par les matières existantes dans l'eau, ces matières sont des substances minérales et organiques oxydables dans des conditions définies de PH et de température(3) La D.C.O permet d'apprécier les matières organiques polluantes biodégradables ou non ainsi que la pollution minérale . L'OM.S fixe la teneur acceptable de 10 mg/l d'oxygène pour l'eau potable (10).

- Demande biochimique en oxygène (D.B.O) : Cette demande mesure la consommation en oxygène due à l'oxydation des matières organiques, des nitrites, des sels ammoniacaux ainsi qu'aux phénomènes d'assimilation et de formation de nouvelles cellules (2). Elle permet d'apprécier la charge organique polluante biodégradable. Elle dépend du PH, de la température et de la salinité. La concentration minimum à la limite de pollution admissible est de 6 mg/l pour l'eau de boisson selon l'OMS (10) .

//.....//.....//

T A B L E A U N° III

b-4- SUBSTANCES CHIMIQUES TOXIQUES (2)

SUBSTANCES	CONCENTRATION MAXIMALE ADMISSIBLE (CMA) MG/L
Composés Phénoliques	0,002
Arsenic	0,05
Cadnium	0,01
Chrome	0,05
Cyanures	0,20
Plomb	0,05
Sélénium	0,01
Radio-éléments	1000 Micron Ci/l

Ces substances toxiques doivent être abstenues de toute eau potable. Leur présence en excès est due à une pollution industrielle ou à l'emploi de pesticides et d'engrais (2, 14, 15).

3°) - Caractéristiques Bactériologiques de l'eau

Le plus grand danger que présente l'eau destinée à l'alimentation est l'éventualité d'une contamination récente par des eaux d'égoûts ou par des excréments humains, sans que soient négligeables pour autant les risques d'une pollution d'origine animale. L'analyse bactériologique consiste à rechercher la présence des germes intestinaux ou "germes test" qui signe une pollution fécale d'origine animale ou humaine (3, 4, 7).

Ces germes-test ne sont pas pathogènes en eux-mêmes mais indiquent qu'il y a eu, qu'il existe ou qu'il peut apparaître dans le futur des germes pathogènes.

Les germes-test les plus significatifs sont les suivants :

- Escherichia coli - Streptococcus fécalis - Clostridium Welchii -

La contamination de l'eau peut être approximativement datée de la façon suivante :

T A B L E A U N° IV

CONTAMINATION DE L'EAU PAR LES DIFFERENTS AGENTS PATHOGENES (7)

=====						
!	E. COLI	!	STREPTO-FECALIS	!	C. WELCHII	!
+=====+						
!	+	!	0	!	0	! Souillure recente
!	=	!		!		!
!	+	!	+	!	0	! Souillure recente
!		!		!		!
!	+	!	+	!	+	! Souillure entretenue
!		!		!		!
!	0	!	+	!	+	! Souillure ancienne non
!		!		!		! entretenue
+=====+						

Les analyses bactériologiques de l'eau ont donc pour objet de détecter la présence des coliformes, 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 . Leur présence dans une eau traitée et chlorée peut être attribuable aux causes suivantes :

- Traitement inadéquat
- Défectuosité ou mal propreté dans le réseau de distribution .
- Recontamination
- Techniques de prélèvement ou d'analyses douteuses

T A B L E A U N° V

NORMES BACTERIOLOGIQUES POUR EAU DE BOISSON § 2 , 4)

MPN = Most Probale Number

! CLASSIFICATION DE L'EAU	! INDICE MPN DE BACTERIES
!	! COLIFORMES POUR 100 ML
! Eau utilisable après simple désinfection	0 - 50
! Eau utilisable après traitement clas-	
! sique(coagulation,filtration)	! 50 - 5000
! Eau fortement polluée à n'utiliser	!
! qu'après un traitement poussé	! 5000 -50000
! Eau fortement polluée,inacceptable à!	
! moins qu'on applique des traitements!	
! spéciaux	! Supérieur à 50000
! Gisement à n'utiliser ^{qu'} à défaut d'au-	
! tres possibilités	! Superieur à 50000

L'indice MPN de bactéries coliformes pour 100ml s'exprime par le"nombre le plus probable" (Most Probable Number) d'organismes coliformes présents dans 100 ml d'échantillon -.

E - CAUSES DE SOUILLURES DE L'EAU

2°) - Souillures à l'origine :

En principe, tous les cours d'eau peuvent être infectés (cadavres d'animaux, immondices). Les puits ne sont pour ainsi dire jamais nettoyés. Les mares sont les abreuvoirs des êtres humains et des animaux et maints endroits elles servent même de deversoir pour les eaux ménagères ou pour les ordures; les sources profondes ne sont pas protégées à leur émergence ou à leur origine; on devra donc toujours (sauf cas bien déterminé) considérer à priori que toutes ces eaux sont suspectes .

2°) - Souillures dans la conservation :

De nombreuses localités sont dépourvues d'eau courante, il faut avoir recours aux citernes ou à de l'eau transportée de loin dans des récipients variés, dont la souillure est toujours facile, comme aussi celle de l'eau qu'ils contiennent .
En raison du manque d'entretien de ces lieux de stockage de l'eau, il se pose d'énormes problèmes de souillures .

F - PROVENANCE DE L'EAU

La provenance est diverse et comprend : l'eau des pluies, puits, lacs, mares, marigots, fleuves, rivières, cours d'eau qui constituent les principales sources d'eau .

1°) Eaux de Pluie :

Parfois cette eau peut être recueillie directement soit au moment des orages ou des pluies saisonnières, dans des récipients spéciaux ou dans des citernes qui reçoivent l'eau des gouttières. Ces eaux sont occasionnellement utilisées à Bamako et principalement dans les quartiers périphériques .

2°) - Puits :

Le puit constitue la source la plus largement utilisée en Afrique . Si le puits existe et est bien établi, pour que son eau soit bactériologiquement acceptable il faut des mesures (19) .
- Le puits doit être bien maçonné ou étayé et étanche. Ce qui n'est pas toujours réalisable dans les endroits isolés et aux points d'eau.

- La profondeur doit être suffisante, si le sol est exclusivement sablonneux, une profondeur de 3 à 4 m est suffisante; s'il est mélangé de terre et d'argile, il faut chercher une nappe plus profonde .

- Dans un périmètre de 50m (où s'il est sablonneux de 30 m), il ne doit pas exister de puisards, ni de fosse d'aisance, ni fumier. Malheureusement cette condition est difficile à réaliser au Mali compte tenu de l'étroitesse des concessions .

- Le puits doit être couvert et protégé par une margelle d'au moins 0,80 m de haut .

Malgré toutes ces dispositions, un contrôle de qualité régulier s'avère nécessaire .

3°) - Puits Artésien :

Les puits artésiens sont des puits forés dans une couche en cuvette sous laquelle est une nappe d'eau venue souvent de très loin .

La qualité de l'eau est très variable suivant les régions et suivant les saisons d'où la nécessité de faire des analyses fréquentes .

4°) - Sources :

Il existe plusieurs types :

- Les sources de ruissellement qui proviennent des eaux de pluie à la surface des terrains calcaires ou argileux. En principe, elles sont très impures malgré un aspect souvent clair et attrayant .

- Les sources profondes : elles donnent en général une eau pure . Mais une analyse bactériologique est indispensable, une souillure lointaine pouvant avoir atteint la nappe souterraine .

- Les sources de resurgences : elles résultent d'un lac, d'une perte de rivière etc....., en principe elles sont mauvaises .

5°) - Lacs, Mares , Marigots, Fleuves , Rivières :

L'eau de cette provenance est toujours souillée. Il est nécessaire de la désinfecter .

Malheureusement, les eaux de ces sources sont et demeurent couramment utilisées .

//.....///.....//

G - L'EAU ET LA SANTE

1°) - Eau : Source de vie .

Dans les conditions normales, l'homme a besoin quotidiennement pour vivre de 25 à 50 g d'eau par kilogramme de son poids, c'est à dire pour un homme adulte de 2 à 3 litres. L'eau entre pour 60 à 90% en poids dans la constitution des animaux et végétaux (21) .

Généralement on ne peut survivre pendant plus de 2 jours sans eau; on peut perdre 40% de son poids corporel, tout le glycogène, toute la graisse, la moitié de ses protéines et survivre encore mais la perte de 10% d'eau corporelle entraîne de graves conséquences, la perte de 20% entraîne la mort (4) .

Selon l'OMS 30.000 Personnes par jour environ, approximativement 10 Millions par Année meurent en raison de l'insuffisance ou de la mauvaise qualité de l'approvisionnement en eau et de conditions d'hygiènes déplorables (6 , 11) .

2°) - Eau : Véhicule des Maladies .

Selon l'OMS 80 pour cent de toutes les maladies peuvent être attribuées à l'insuffisance de l'eau et de l'assainissement(6 Les taux de mortalité infantile, qui sont extrêmement élevés dans les pays en développement, pourraient être réduits de façon substantielle si les enfants avaient accès à de l'eau de bonne qualité . Pour faire face à une situation aussi critique, l'Assemblée Générale des Nations Unies a inauguré, le 10 Novembre 1980, la décennie Internationale de l'eau potable et de l'assainissement, dont l'objectif est de fournir de l'eau de boisson saine et un assainissement de base à tous d'ici 1990 (6 , 9) .

Pour l'OMS, fournir de l'eau de boisson sûre est un élément essentiel des soins de santé primaires et un des préalables de la santé pour tous d'ici l'an 2000 en même temps un moyen d'atteindre cet objectif .

La décennie devrait contribuer à faire diminuer l'incidence de maladies telles que le Choléra, la Fièvre typhoïde et les maladies diarrhéiques qui affligent le tiers monde et devrait également contribuer dans une grande mesure au développement National de ces pays, le Mali n'est pas en reste pour cette situation .

Les Maladies d'origine hydrique (1 , 4) :

- L'eau véhicule l'agent pathogène qui pénètre dans l'organisme par ingestion responsable de :

* maladies bactériennes : choléra, dysenterie bacillaire, gastro-entérite....

* maladies virales : poliomyélite, hépatite virale, gastro-entérite rota-virus .

- L'eau héberge l'agent pathogène qui pénètre dans l'organisme par voie transcutanée : ankylostomiase, anguillulose .

- L'eau héberge l'hôte intermédiaire participant au développement de l'agent pathogène : schistosome haematobium ou mansoni (pénétration transcutanée) ; dracunculose (pénétration par ingestion de l'hôte parasité, distomatose hépatique .

- L'eau constitue l'environnement indispensable à la prolifération d'insectes vecteurs : de paludisme, onchocercose, filariose lymphatique, loase, fièvre jaune, trypanosomiase .

- L'eau peut devenir toxique par la présence en quantité excessive de nombreuses substances chimiques : nitrates, cyanures, plomb , fluorures, mercure , arsenic etc....

* L'eau véhicule l'agent pathogène de certaines parasitoses intestinales : ascaris, oxyure, trichocéphale, échinococcose, dysenterie amibienne, lambliaose .

C H A P I T R E II : ETUDE DE QUELQUES ASPECTS DU PROBLEME DE L'EAU A BAMAKO ET LES QUARTIERS PERIPHERIQUES

La République du Mali fait partie des pays Africains durement frappés par la sécheresse depuis une décennie. L'approvisionnement en eau potable reste préoccupant malgré les efforts des autorités pour amoindrir le phénomène. Il faut signaler que la politique générale du Mali en matière d'alimentation en eau potable relève de la Direction Nationale de l'Hydraulique et de l'Energie (DNHE). Au Mali il existe deux systèmes d'approvisionnement en eau dont principalement l'adduction d'eau en milieu urbain et les puits et forages en zone rurale .

A- APPROVISIONNEMENT EN EAU EN MILIEU URBAIN

En zone urbaine, 13 villes y compris Bamako disposent d'un système d'approvisionnement et de distribution d'eau gérée par un exploitant attribué l'Energie du Mali (EDM) . Ces villes sont Kayes, Nioro, Bamako, Koulikoro, Kati, Sikasso, Bougouni, Ségou, Markala, Mopti, Tombouctou, Gao, Kita(18).

Dix autres agglomérations urbaines disposent d'une adduction d'eau embryonnaire et précaire; ce sont: Bandiagara, Nara, Yorosso, Tominian, Djenné, Diré, Douentza, Hombori, Koro, Yélimané exploitées par les localités administratives locales elles-mêmes (18). Cependant ces systèmes ne sont pas tous satisfaisants et des travaux de renforcement de la production d'eau et l'extension des réseaux seraient urgents .

Pour le District de Bamako, il ressort qu'avec son extension et l'émergence de nouveaux quartiers périphériques, l'EDM n'est pas à mesure de satisfaire les besoins de la population, si bien que la situation en matière d'approvisionnement en eau des quartiers périphériques est semblable à celle du milieu rural .

B - APPROVISIONNEMENT EN EAU DES QUARTIERS PERIPHERIQUES

La non extension de façon systématique de l'adduction d'eau touche surtout la plupart des quartiers périphériques .L'eau à usage domestique est fournie :

- par quelques rares sources du réseau urbain
- surtout par des puits traditionnels et quelques forages

Ces puits traditionnels sont en général non revêtus et ne disposent ni de margelle ni de fermeture. De nombreux puits s'assèchent parfois 3 à 4 mois seulement après la fin de l'hivernage.

Leur utilisation peut cependant être prolongée pendant quelques semaines par des curages et des surcreusements successifs . Les moyens d'exhaure sont rudimentaires et consistent généralement en un récipient souple en caoutchouc de fabrication locale, le "dalou" muni d'une corde; Pour les puits les plus profonds, on utilise parfois une poulie ou un treuil sur chevalet.

L'absence de margelle et de fermeture, la permanence des bourbiers et de purins autour des puits ainsi que le mode de puisage entraînent fréquemment une pollution des puits d'eau .

Le Tableau VI donne un aperçu des caractéristiques différentielles des puits et des forages .

//.....///.....//

T A B L E A U VI

COMPARAISON ENTRE PUITES ET FORAGES (18)

	PUITS	FORAGES
Creusement	lent	très rapide
Transport matériels	Possibilité de diviser les charges	matériel de foration lourd
Soutènement des Parois	Mise en place lente par passes courtes	mise en place rapide par passes longues
Entretien de l'ouvrage lui-même	tous les 3 ans	tous les 10 ans
Exhaure	exhaure traditionnelle, entretien simple	nécessite une pompe, son entretien
Débit	débit instantané peut être important. plusieurs utilisateurs à la fois. sensible aux variations saisonnières de nappe	pompe manuelle: 1 utilisateur à la fois. permanence du débit. peu sensible aux variations de nappes
Qualité chimique et Physique de l'eau	dépend de l'aquifère capté. eau souvent plus claire	dépend de l'aquifère capté. eau souvent plus clair
Santé	mauvaise	bonne
Impact sociologique	risques de maladies	meilleure, mais nécessite une éducation sanitaire
	adapté à la tradition	nouveauté
	participation importante possible aux travaux	très faible participation aux travaux
	chers	Economique

C H A P I T R E III : METHODES DE DETERMINATION DES PARAMETRES
CONDITIONNANT LA QUALITE DE L'EAU

A - CARACTERISTIQUES PHYSIQUES :

1°) - Caractères organoleptiques :

Les caractères organoleptiques (couleur, odour, saveur) ont été appréciés au moment du prélèvement par les méthodes classiques sans utilisation de matériel spécial. Ce travail est réalisé par l'examen direct.

2°) - Mesures Physiques :

a) Mesure du PH

Le PH est déterminé en utilisant la méthode colorimétrique au moment du prélèvement .

Principe : l'eau à analyser est additionnée d'un indicateur et la coloration obtenue comparée à une échelle de teintes préparées à partir de solutions de PH connues .

Matériel spécial : - comparateur de PH avec disques
- colorimètre visuel

Réactifs :

Indicateurs :

- rouge de chlorophénol (zone de PH 5,2 à 6,8)
- rouge de phénol (zone de PH 6,8 à 8,4)
- bleu de bromothymol (zone de PH 6,0 à 7,6)

Mode opératoire : Prélever 50 cm³ d'eau dans un tube à essai, ajouter 0,2 ml d'indicateur et placer le tube dans le compateur . Remplir un autre tube de 50 Cm³ de l'échantillon, le placer dans le comparateur également .

Observer à travers le colorimètre visuel la couleur de l'échantillon d'eau qui est comparée à une échelle de teintes préparées à partir de solutions de PH connues. Le PH est déterminé par simple lecture.

b) Mesure de la Température

La température a été déterminée sur le terrain lors du prélèvement des échantillons .

Prélever 100 Cm³ d'eau dans un tube à essai et plonger un thermomètre précis, gradué au 1/10 de degré et étalonné. La lecture est faite après une immersion de cinq minutes .

La température de l'air n'a pas été déterminée aux mêmes endroits et au même moment .

Cette mesure de température a été faite pendant la matinée (de 8H à 12H) .

B - CARACTERISTIQUES CHIMIQUES

Les recherches ont été axées sur l'évaluation quantitative de paramètres permettant de se prononcer sur la qualité de l'eau : fluorures, nitrates, sulfates, matières organiques, nitrites, ammoniacque, chlorures, dureté totale, duretés calcique et magnésienne, alcalinité, fer, manganèse, plomb .

Méthodes de dosage :

Les dosages ont été effectués soit par volumétrie ou par colorimétrie .

1°) - Méthode Volumétrique de Dosage

Elle a servi pour la détermination quantitative des chlorures, des matières organiques, de la dureté, des sulfates et de l'alcalinité .

Cette méthode s'effectue soit par une technique de dosage direct, ou par dosage en retour .

Technique de Dosage direct :

A un volume V_A exactement mesuré de l'eau à analyser additionné d'une quantité convenable d'indicateur approprié, ajouter goutte à goutte la solution titrée antagoniste jusqu'au terme de la réaction. Au point équivalent, lorsqu'une quantité V_B de substance antagoniste réagissant exactement avec la substance à doser est ajoutée nous pouvons écrire : $X_A = X_B$

X_A = quantité de substance à doser exprimée en m Eq.

X_B = quantité de réactif contenue dans le volume utilisé de solution antagoniste exprimée en m Eq.

Si N_A et N_B sont respectivement les normalités en substance à doser et en réactif contenus respectivement dans l'eau à analyser et la solution antagoniste nous avons $N_A V_A = N_B V_B$.

Connaissant la prise d'essai, la normalité et le volume de la solution antagoniste, tirer de cette égalité la valeur de la normalité en substance à analyser de l'eau :

$$N_A = \frac{N_B V_B}{V_A}$$

//.....//.....//

Determiner ainsi la teneur en gramme ou en milligramme de la substance à doser dans un litre d'eau connaissant le titre en normalité et le poids de l'équivalent-gramme de cette substance .

$$Q = N_A \cdot Eq = \frac{N_B \cdot V_B}{V_A} \cdot Eq \text{ en G/l}$$

Q = quantité de substance à doser
Eq = équivalent-gramme de la substance à doser .

$$Q = N_A \cdot Eq \times 1000 = \frac{N_B \cdot V_B}{V_A} \cdot Eq \times 1000 \text{ en mg/l}$$

Dosage en retour :

A la substance à doser A, ajouter une solution B en excès exactement connu. L'excès de la solution B n'ayant pas réagi avec A est en suite déterminé, par addition goutte à goutte de la solution titrante C .

Si N_A = normalité de la substance à doser

N_B et V_B = normalité et volume de la solution B en excès

N_C et V_C = normalité et volume de la solution titrante C

Nous avons :
$$N_A = \frac{N_B \cdot V_B - N_C \cdot V_C}{V_A}$$

$$Q = N_A \cdot Eq \text{ en g/l}$$

Q = quantité de substance à doser

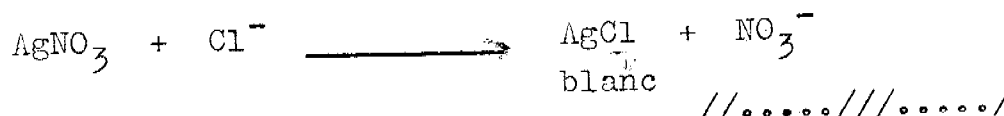
Eq = équivalent-gramme de la substance à doser

$$Q = N_A \cdot Eq \times 1000 \text{ en mg/l}$$

a) Recherche et dosage des chlorures

a-1- Recherche : Elle repose sur l'action des ions Ag^+ contenus dans le nitrate d'Argent ($AgNO_3$) sur les chlorures contenus dans l'échantillon, l'apparition d'un précipité blanc caillé de chlorure d'argent ($AgCl$) insoluble dans les acides mais soluble dans l'ammoniaque (NH_4OH) indique la présence des chlorures .

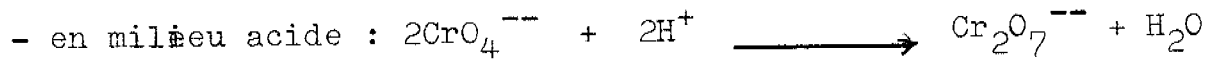
a-2- Dosage : Les chlorures sont dosés suivant la méthode argentimétrique de Mohr en milieu neutre (7 , 14 , 15). Le chromate de potassium (K_2CrO_4) est utilisé comme indicateur au cours de ce dosage direct .



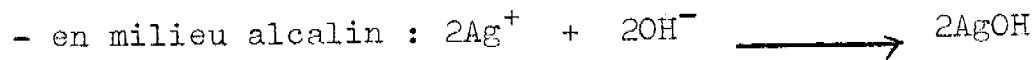
Au point équivalent (fin de la réaction) nous avons :



Cette méthode n'est précise qu'en milieu neutre ou dans des solutions dont le PH est voisin de la neutralité car :



$\text{Cr}_2\text{O}_7^{--}$ donne avec 2Ag^+ un complexe soluble dans les acides la coloration rouge-brique d' Ag_2CrO_4 n'est pas observée .



La formation de l'oxyde d'argent (Ag_2O) fausse le dosage .

Réactifs :

- Solution de nitrate d'argent N/10 de titre $N_{\text{Ag}} = 0,1 \text{ N}$

(1ml correspond à 1mg de Cl^-)

AgNO_317,3 g

eau distillée.....qsp 1000 ml .

- Carbonate de calcium pur

- Solution de chromate neutre de potassium à 5%

- La prise d'essai de normalité Ncl en chlorures et de Volume V_{PE} .

Mode Opératoire :

Introduire 100ml d'eau à analyser dans un erlen meyer, ajouter une pincée de carbonate de calcium pur pour neutraliser l'eau qui est acide et 1 ml de solution neutre de potassium à 5% comme indicateur. Verser au moyen d'une burette la solution de nitrate d'argent jusqu'à l'apparition d'une teinte rougeâtre qui doit persister 1 à 3 minutes .

Soit V_{Ag} le volume du nitrate d'argent utilisé dans le dosage de la prise d'essai .

Expression des Résultats :

La teneur en chlorures exprimée en milligrammes de Cl^- dans un litre d'eau est donnée par :

$$Q_{\text{Cl}_2} = \frac{N_{\text{Ag}} \cdot V_{\text{Ag}}}{V_{\text{PE}}} \times \text{Eq Cl} \times 1000 \text{ en mg/l}$$

La teneur en chlorures exprimée en milligramme de NaCl dans un litre d'eau est donnée par :

$$Q_{NaCl} = \frac{N_{Ag} \cdot V_{Ag}}{V_{PE}} \times Eq_{NaCl} \times 1000 \text{ en mg/l}$$

Pour une prise d'essai de 100 ml : $V_{PE} = 100 \text{ ml}$

$$Eq_{Cl} = 35,5 \quad ; \quad Eq_{NaCl} = 58,5 \quad ; \quad N_{Ag} = 0,1$$

$$Q_{Cl_2} = \frac{V_{Ag} \times 0,1 \times 35,5}{100} \times 1000 = V_{Ag} \times 35,5 \text{ mg/l}$$

$$Q_{NaCl} = \frac{V_{Ag} \times 0,1 \times 58,5}{100} \times 1000 = V_{Ag} \times 58,5 \text{ mg/l}$$

b) Dosage des matières organiques (7)

Principe : le dosage des matières organiques des eaux s'effectue en déterminant la quantité de permanganate de potassium qui est réduite par un litre d'eau en milieu acide et en milieu alcalin . L'oxydation en milieu acide permet le dosage des matières organiques d'origine végétale et en milieu alcalin le dosage des matières organiques d'origine animale .

Réactifs :

- Acide sulfurique dilué au 1/3
- Solution de carbonate monosodique (bicarbonate de Na) à 30%
- Solution de permanganate de potassium N/80
 Solution 0,1 N de $KMnO_4$ (à 3,16g de $KMnO_4$ pour 0/60) 125ml
 Eau distillée QSP.....1000ml
 1ml de cette solution correspond à 0,1 mg d'oxygène
- Solution Sulfurique de sulfate ferreux ammoniacal (sel de Mohr)
 Sulfate de fer (ferreux) et d'ammonium pur à $6H_2O$20 g
 H_2SO_4 pur (D = 1,83).....10 ml
 Eau distillée QSP.....1000 ml

Mode Opérateur :

b-1- Dosage en milieu acide :

Avec deux erlenmeyers introduire dans le premier 100 ml de l'eau à analyser et 10 ml de H_2SO_4 dilué au 1/3 ; dans le second, 50 ml d'eau et 5 ml du même acide .

Ajouter ensuite dans ^{chaque} erlenmeyer à l'aide d'une pipette 10 ml de solution de $KMnO_4$ N/80 . Les deux mélanges sont portés à l'ébullition pendant 10 minutes exactement, comptées à partir du moment où des bulles partant du fond du ballon viennent éclater à la surface du liquide, puis abandonnés au refroidissement pendant une demi-heure .

Verser, ensuite dans chaque erlenmeyer 10 ml de la solution sulfurique de sulfate de fer ammoniacal (Sel de Mohr). La décoloration doit être complète. Laisser tomber, à l'aide d'une burette graduée la solution de permanganate titrée jusqu'à revenir immédiatement à la teinte rose faible mais persistante .

La différence volumétrique de permanganate trouvée entre l'épreuve de 100 ml et celle de 50 ml exprimée en millilitres, représente en milligrammes, l'oxygène emprunté au permanganate (appelé encore oxygène consommé par litre d'eau) .

b-2- En milieu alcalin :

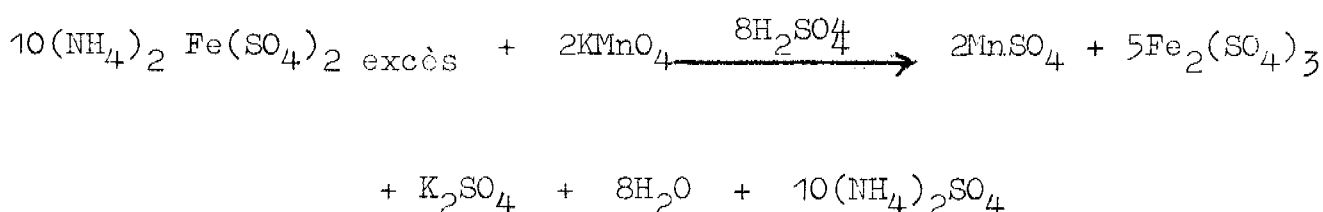
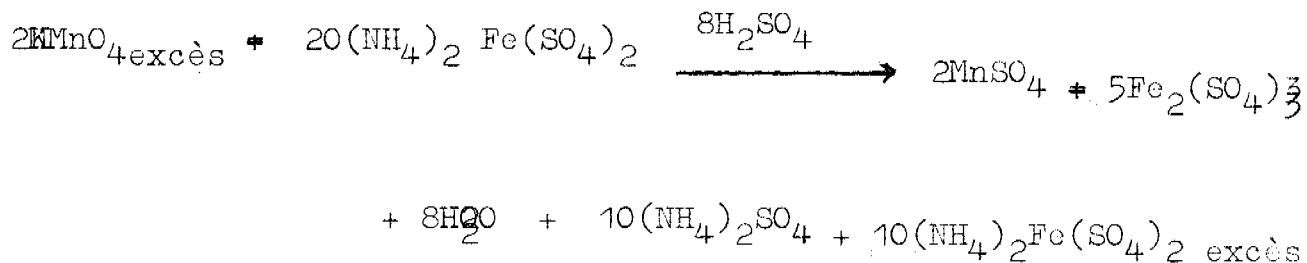
Operer de même sur deux nouvelles prises, l'une de 100 ml, alcalinisée au moyen de 10 ml de solution de carbonate monosodique à 30%; l'autre de 50 ml alcalinisée à l'aide de 5 ml de la même solution. Après addition de 10 ml de permanganate, ébullition de 10 minutes exactement et refroidissement, ajouter respectivement 10 ml et 5 ml d'acide sulfurique dilué au 1/3 . Le titrage du permanganate détruit se termine comme il est dit ci-dessus .

Equations :

Le sel ferreux ammoniacal a pour formule $\boxed{(NH_4)_2 Fe(SO_4)_2 \cdot 6H_2O}$

Soit MO les matières organiques; MOO les matières organiques oxydés. Nous avons :

//.....///.....//



Expression des Résultats :

Si V_A est le volume de KMnO_4 utilisé pour le dosage de l'échantillon de 100 ml .

V_B Volume de KMnO_4 utilisé pour le dosage de l'échantillon de 50ml.

La quantité d'oxygène consommée par litre d'eau est donc :

$$Q_{O_2} = \frac{(V_A - V_B) \times 0,1}{50} \times 1000 \text{ en md/l}$$

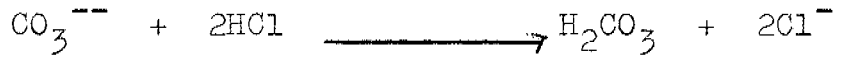
Remarque: utiliser l'acide sulfurique dans le dosage des matières organiques d'origine végétale car la réaction entre le sel de Mohr et le permanganate de potassium ne se passe qu'en milieu acide .

c) Détermination du Degré Alcalimétrique (7 , 15)

La détermination de l'alcalinité s'effectue par une double acidimétrie, en présence de phénolphthaleïne, puis d'hélianthine (méthyl orange). Dans les eaux de consommation en effet, ce sont principalement les carbonates et les bicarbonates qui déterminent l'alcalinité. Si le PH de l'eau est supérieur à 8,2 , elle contient des carbonates alors que nos eaux ont un PH inférieur à 8,2 dont elles contiennent seulement des bicarbonates qui sont en équilibre avec l'acide carbonique .

Ce dosage direct est basé sur la neutralisation d'un certain volume

d'eau par l'acide chlorhydrique titré en présence du phénolphtaleïne puis l'hélianthine .



En présence de phénolphtaleïne on détermine le titre alcalimétrique (T_A) ; en présence de l'hélianthine le titre alcalimétrique complet (T_{AC}) .

Réactifs :

- Solution de phénolphtaleïne à 2%

phénolphtaleïne.....2 g
alcool à 90° QSP.....100 ml

- Solution d'hélianthine à 0,2%

hélianthine.....0,2 g
eau distillée QSP.....100 ml

- Solution d'acide chlorhydrique 0,1 N

Mode Opératoire

c-1- Détermination du TA :

Dans un erlenmeyer mettre 100 ml d'eau à analyser exactement mesurés, on ajoute deux à trois gouttes de solution alcoolique de phénolphtaleïne . S'il se produit une coloration rose, titrer jusqu'à décoloration par l'acide chlorhydrique 0,1 N .

Il n'y a pas production de coloration rose car toutes nos eaux ont un PH inférieur à 8,2 , donc $T_A = 0$ pour toutes ces eaux .

c-2- Détermination du TAC

Dans un erlenmeyer, introduire 100 ml d'eau à analyser, puis ajouter deux gouttes de solution d'hélianthine. A l'aide d'une burette graduée ajouter goutte à goutte l'acide chlorhydrique 0,1 N, jusqu'au premier virage du jaune au jaune-orangé. Vérifier que le titrage est terminé en ajoutant une goutte de HCl 0,1 N qui doit faire virer l'indicateur au rose-orangé .

Soit V_B le Volume de HCl 0,1 N utilisé pour le dosage .

//.....///.....//

Expression des Résultats

$$\text{EqHCO}_3^- = 61 \text{ g}$$

$$\text{EqCO}_3^{--} = 30 \text{ g}$$

La teneur en CO_3H^- en mg/l d'eau est

$$\text{CO}_3\text{H}^- \text{ en mg/l} = \frac{V_B \times 0,1}{100} \times \text{EqHCO}_3^- \times 1000 = V_B \times 61 \text{ g}$$

La teneur en CO_3^{--} en mg/l d'eau est :

$$\text{CO}_3^{--} \text{ en mg/l} = \frac{V_B \times 0,1}{100} \times \text{EqCO}_3^{--} \times 1000 = V_B \times 30 \text{ g.}$$

d) Détermination de la dureté de l'eau (7) :

Le concept de dureté dans l'eau est lié à la propriété que présente les ions Ca^{++} et Mg^{++} pour former les sels insolubles avec le savon .

La dureté totale est donc la somme des concentrations de calcium et magnésium exprimée en mg/l de CaCO_3 .

Dosage :

La détermination de la dureté s'effectue suivant une technique de complexométrie. La dureté totale est déterminée par dosage direct avec une solution titrée de complexon III en présence de noir Eriochrome T .

La détermination de la dureté de magnésium s'effectue de façon analogue après élimination de Ca^{++} à l'état d'oxalate de calcium. La différence entre les deux dosages permet de connaître la teneur du calcium .

Principe :

Il s'agit de titrer l'échantillon à analyser avec l'E.D.T.A. (Ethylène Diamine Tétra-Acétique) en milieu tampon de PH 9 à 10 en présence de l'indicateur " Noir d'Eriochrome " .

Réactifs :

- Tampon ammoniacal

- Ammoniaque pure.....440 ml
- Chlorure d'ammonium pur cristallisé.....54 g
- Eau distillée QSP.....1000 ml

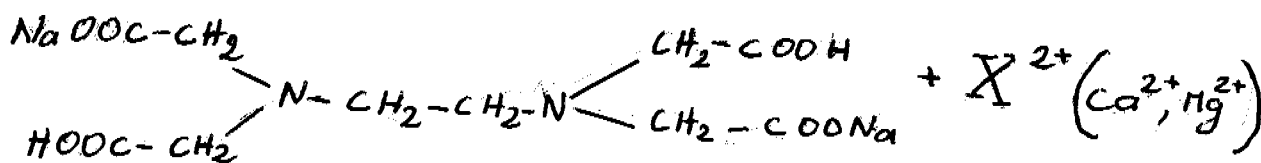
//.....//.....//

- Solution de complexonate de magnesium
 Sel dipotassique et monomagnésien de l'acide éthylène-diamine tétracétique.....1 g
 Eau distillée QSP.....1000 ml
- Solution alcoolique de β Noir Eriochrome T "
 Noir ériochrome T.....0,20 g
 Alcool à 95°50 ml
- Solution de complexon III 0,01 M
 Sel disodique de l'acide éthylène diamine tétracétique.....3,721 g
 Eau distillée QSP.....1000 ml
- Solution d'oxalate d'ammonium à 5% .

d-1- Dureté Totale :

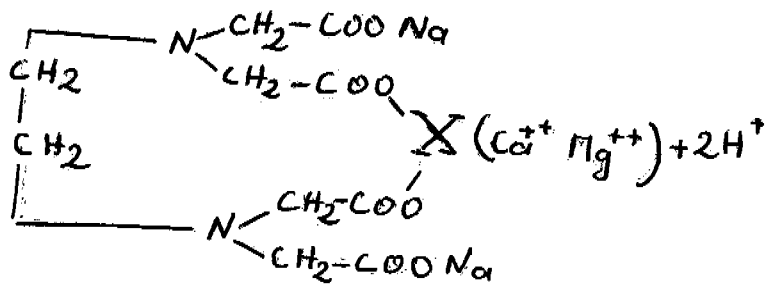
Dans un erlenmeyer , introduire 50 ml d'eau à analyser, ajouter 2,5 ml de tampon ammoniacal, 1 ml de solution de complexonate de magnesium à 1 % et II à III gouttes de solution recente de Noir Eriochrome T chauffer à une température voisine de + 40 - 45° et titrer avec le complexon III 0,02 M jusqu'au virage de l'indicateur du rouge au bleu .

Réaction Chimiques :



EDTA = Sel disodique éthylène diamine tétracétique

Noir Eriochrome T



Complexonate de calcium ou de Magnésium

d-2- Dureté Magnésienne :

Dans une fiole mettre 100 ml d'eau à analyser, ajouter 10 ml de solution d'oxalate d'ammonium à 5 %. Agiter, laisser reposer au moins 30 mn et filtrer. Prendre 50 ml du filtrat et titrer Mg^{++}

en procédant comme précédemment (l'addition de complexonate de magnesium est alors inutile) .

Expression des Résultats :

Normalité de complexon III = 0,02 ..

$$\text{Eq CaCO}_3 = 50 \text{ g}$$

$$\text{Eq Ca}^{++} = 20 \text{ g}$$

$$\text{Eq Mg}^{++} = 12 \text{ g}$$

Dureté Totale :

Si V_T est le volume du complexon III utilisé pour le dosage dans la détermination de la dureté nous avons :

$$\begin{aligned} \text{Dureté totale en mg/l de CaCO}_3 &= \frac{V_T \times 0,02 \times 50}{50} \times 1000 \\ &= V_T \times 0,02 \times 1000 \text{ mg/l de CaCO}_3 . \end{aligned}$$

Dureté^{en} Magnesium

Si V_m est le Volume de complexon utilisé pour le dosage .

Dureté magnésienne en mg/l de Mg^{++} est :

$$\frac{V_m \times 0,02 \times 12}{50} \times 1000 \text{ en mg/l de Mg}^{++}$$

d-3- Dureté Calcique :

$$\frac{0,02 (V_T - V_m) \times 20}{50} \times 1000 \text{ en mg/l de Ca}^{++}$$

Conclusion sur la dureté :

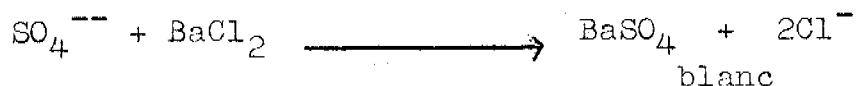
D'après la valeur de leur dureté les eaux peuvent se classer de la façon suivante (17) :

T A B L E A U N° VII

DURETE TOTALE EN MG/L DE CaCO ₃	TYPE D'EAU
0 - 75	Douce
75 - 150	Moyennement douce
150 - 300	Dure
plus de 300	Très dure

e) Recherche des Sulfates

Par addition d'une solution de chlorure^{de} Baryum à l'eau, en présence de sulfate il se forme un précipité^{pe} blanc insoluble dans les acides :



2°) - Méthode Colorimétrique de Dosage

Elle a permis d'évaluer la teneur en eau en azote ammoniacal, en fluorures, en nitrates, en nitrites et en fer et manganèse .

Elle consiste à faire entrer la substance à analyser dans une nouvelle combinaison colorée. L'intensité de cette coloration est comparée à celle d'une gamme étalon contenant des quantités croissantes et exactement connues de substance à analyser .

L'intensité de la coloration étant fonction de la concentration, elle est identique pour deux tubes si ceux-ci renferment un même volume la même quantité de substance à doser .

Dans le cas où l'échantillon est plus concentré que l'étalon, procéder à une dilution de l'échantillon par addition d'eau distillée puis prélever des parties aliquotes plus faibles .

De même quand l'échantillon est moins concentré que la gamme étalon, procéder à une concentration de celui-ci en prélevant un

volume de l'échantillon supérieur à celui de l'étalon, puis on le ramène au même volume que l'étalon par évaporation partielle.

Dans tous les cas nous aurons toujours à comparer des volumes égaux de l'échantillon et de l'étalon .

De ce fait on remplace l'égalité des concentrations par celles des quantités de la substance à doser ($V_A = V_B$; $C_A = C_B$)

V_A et C_A = Volume et Concentration de l'échantillon (aliquote) en ml et mg/ml prélevé pour le dosage .

V_B et C_B = Volume et Concentration en ml et mg/ml de l'étalon utilisé .

Si E est la Quantité en g de substance à doser contenue dans V_B

Volume de l'étalon utilisé pour la comparaison : le Volume V_A d'échantillon renferme aussi E grammes de substance à doser d'où la teneur de celui-ci par litre d'eau à analyser sera :

$$Q = \frac{E}{V_A} \times 1000 \text{ g/l .}$$

a) Recherche et dosage de l'azote ammoniacal (7)

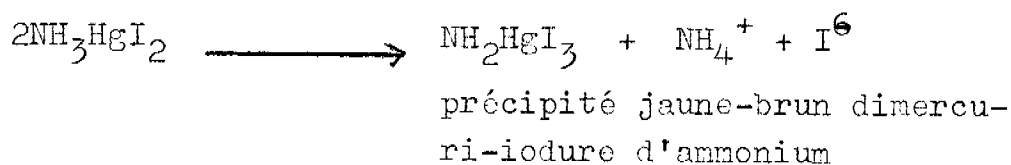
a-1- Recherche ;

En milieu alcalin, l'ammoniaque réagit avec le mercuriiodure de potassium (K_2HgI_4) ou réactif de Nessler en donnant un complexe colloïdal jaune brun de dimercuri-iodure d'ammonium .

A quelques gouttes de l'échantillon ajouter une pastille de KOH, puis quelques gouttes du réactif de Nessler .

L'apparition de la coloration jaune-brun indique la présence d'ammoniaque .

Equations :



a-2- Dosage

Le dosage de l'ammoniaque est effectué suivant la méthode colorimétrique en présence du sel de Seignette . La gamme étalon est préparée à partir d'une solution de chlorure d'ammonium (NH₄Cl) .

Préparation de la gamme étalon :

Préparer dans une serie de 10 tubes de Nessler une gamme-étalon à partir de la solution NH₄Cl à 10 Ug d'azote ammoniacal/ml, de la solution alcaline de sel de seignette et du réactif de Nessler en se conformant au Tableau ci-après .

! Solution de !	Eau !	Solution de !	Réactif de !	Teneur/l d'eau !
! chlorure !	!distillée !	! sel de !	! Nessler !	! à analyser en !
! d'ammonium !	! !	! Seignette !	! !	! ammonium !
! ml !	! !	! !	! !	! mg !
! 0,3 !	! !	! !	! !	! 0,13 !
! 1,0 !	! !	! !	! !	! 0,26 !
! 1,5 !	! !	! !	! !	! 0,39 !
! 2,0 !	! Q.S.P. !	! !	! !	! 0,52 !
! 2,5 !	! 50 ml !	! 2 ml !	! 2 ml !	! 0,65 !
! 3,0 !	! !	! !	! !	! 0,77 !
! 3,5 !	! !	! !	! !	! 0,90 !
! 4,0 !	! !	! !	! !	! 1,03 !
! 4,5 !	! !	! !	! !	! 1,16 !
! 5,0 !	! !	! !	! !	! 1,23 !

Mode Opératoire :

prendre 50 ml d'eau à analyser dans un erlenmeyer, ajouter 2 ml de solution de sel de Seignette et 2 ml de réactif de Nessler, mélanger et laisser au repos . La coloration obtenue est comparée à celle de la gamme-étalon ce qui donne la teneur de notre échantillon d'eau en azote ammoniacal .

Remarque :

Operer en présence du sel de Seignette pour éviter la dissociation facile du complexe de dimercuri-iodure d'ammonium .

b) Dosage du Fluor (7)

Principe :

L'acide alizarine-sulfonique donne avec les sels de Zirconium une laque violet-rouge. Les fluorures déplacent le Zirconium de cette laque pour former un anion complexe fluoro zirconique, ce qui se traduit par une diminution de la coloration proportionnelle à la quantité de fluorures. La comparaison de la coloration obtenue avec celle d'une gamme étalon préparée à l'aide d'une solution titrée de fluorure de sodium permet de déterminer la teneur en fluor de l'eau analysée.

Réactifs :

- Solution mère de fluorure de sodium
- Solution étalon de fluorure de sodium cette solution renferme 10 U_g de fluor par millilitre.
- Réactif alizarine-sulfonique-Zirconium

Mode Opératoire :

- Préparation de la gamme-étalon

Dans une série de 10 tubes de Nessler, introduire respectivement 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 ml de solution étalon de fluorure de sodium. Compléter le volume de chaque tube de 2,5 ml de réactif alizarine-sulfonique-Zirconium. Mélanger et laisser reposer à la température du laboratoire.

- Dosage Colorimétrique:

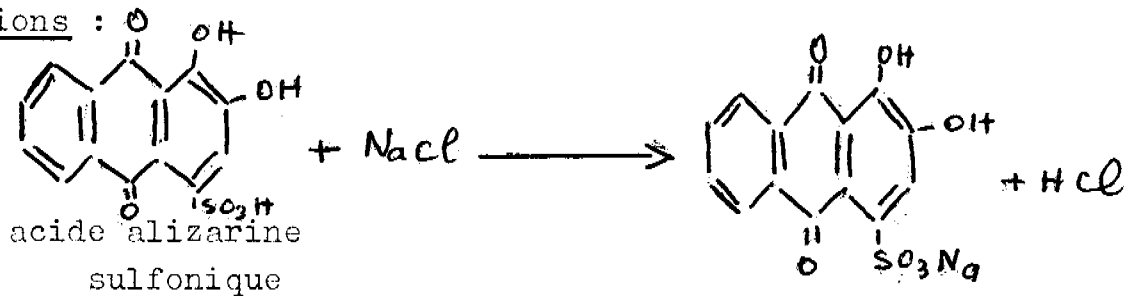
Dans un tube de Nessler, mesurer 50 ml d'eau à analyser et ajouter 2,5 ml de réactif alizarine-sulfonique-Zirconium mélanger et laisser reposer 1 H à la température du laboratoire. Comparer la coloration obtenue à celle de la gamme et en déduire le taux de fluor, en milligrammes par litre d'eau analysée.

- Expression des Résultats

Si la couleur du tube correspond à celle d'un tube de la gamme contenant X ml de solution étalon de fluorure de sodium la quantité de fluor par millilitre de l'échantillon est :

$$G_E = \frac{X \times 10 \times 1000}{50} \text{ en mg/l.}$$

Equations :



Acide Alizarine
Sulfonique

+ ZrOCl₂
oxymonochlorure de
Zirconium

Zr-alizarine laque
violet-rouge

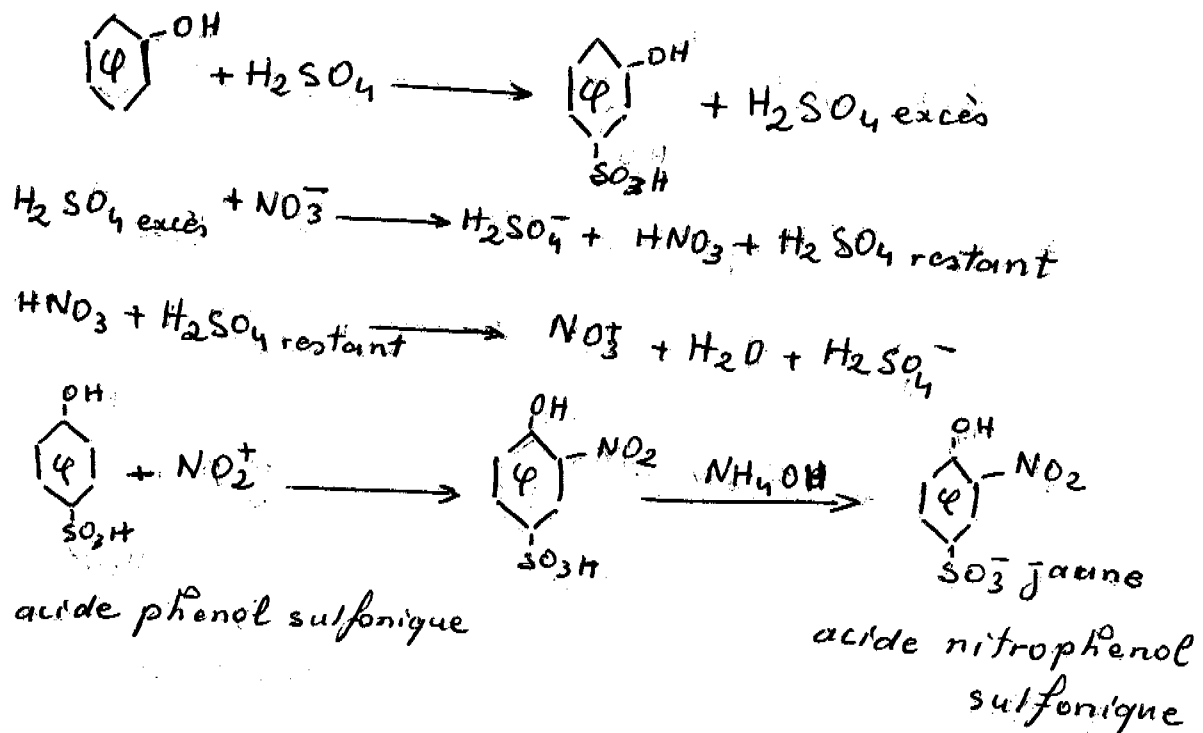


c) Dosage des Nitrates (7)

c-1- Recherche des nitrates :

La réaction entre les nitrates et l'acide phénol sulfonique donne de l'acide nitrophénolsulfonique jaune dont la réotation est accentuée par alcalinésation .

Equations (8)



A quelques ml d'échantillon évaporés au bai-Marie, ajouter quelques gouttes du réactif de Grand val et Lajoux puis triturer. Ajouter quelques gouttes d'eau distillée puis quelques ml d'ammoniaque . L'apparition de la coloration jaune désigne la présence des nitrates .

c-2- Dosage des Nitrates :

Les nitrates sont dosés suivant la technique de dosage colorimétrique avec le réactif de Grand val et Lajoux en milieu anhydre et ammoniacal .

Dans ce cas la gamme étalon est remplacée par une solution étalon de nitrate de potassium pur cristallisé.....1,63 g

Eau distilléé QSP.....1000 ml

- Solution étalon de nitrate de potassium

Solution mère.....10 ml

Eau distillée.QSP.....1000 ml

Cette solution renferme 10 Ug de NO_3^- par millilitre

- Réactif sulfophénique de Grand val et Lajoux

Phenol pur cristallisé.....10 g

Acide sulfonique pur.....144 g

- Eau distillée

- Ammoniaque officinale

Mode Opératoire

Dans une capsule de porcelaine introduire 50 ml d'eau à analyser évaporer à sec au bai-marie. Operer de même avec 10 ml de solution étalon de nitrate de potassium. Après refroidissement ajouter dans chaque capsule 1 ml de réactif sulfonique. Melanger intimement avec un agitateur en laissant en contact 15 mn environ. Transvaser dans deux tubes de Nessler l'échantillon d'eau et la solution étalon. Ajouter 10 ml d'eau distillée puis 5 ml d'ammoniaque dans chaque tube .

Comparer l'intensité des couleurs jaunes obtenues dans les tubes.

Expression des Résultats :

Si la coloration dans l'échantillon est identique à celle de l'étalon. Soit GNO_3 la quantité de nitrates en mg contenue dans les 10 ml de l'étalon :

$$\text{GNO}_3 = 10 \times 10 = 100 \text{ Ug de } \text{NO}_3^-$$

La teneur en nitrates en mg par litre d'eau à analyser est :

$$GNO_3 = \frac{100}{V_A} \times 10^3 \text{ en mg/l} \quad V_A = \text{Volume de prise d'essai}$$

Si la coloration de l'échantillon est différente de celle de l'étalon, ^{apporter} une correction à la formule précédente

d) Recherche et Dosage des Nitrites (7)

d-1- Recherche :

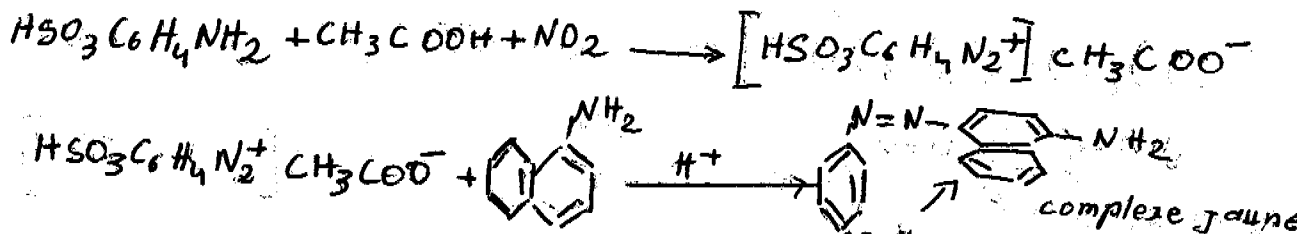
Les nitrites forment avec le réactif de Griess un complexe rouge dont l'intensité de la coloration est proportionnelle à la concentration en nitrites :

Le réactif de Griess est composé de deux solutions A et B .

- Solution A : [acide sulfanilique + CH₃COOH 1/10] 1 %

- Solution B : α naphthylamine 0,5 %

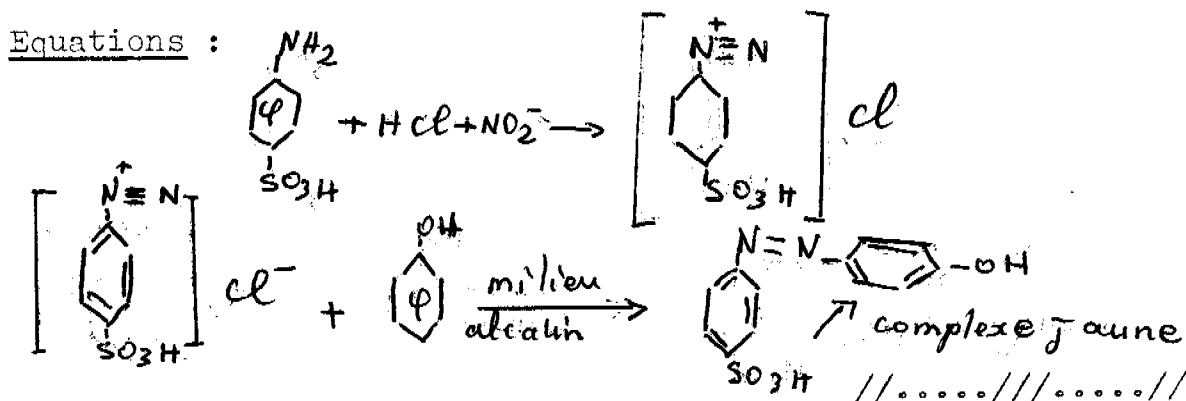
Equations (8)



A quelques gouttes de l'échantillon on ajoute quelques gouttes de la solution A puis de la solution B. L'apparition de la coloration rouge indique la présence des nitrites .

d-2- Dosage des nitrites :

Les nitrites sont dosés suivant la technique de dosage colorimétrique avec le réactif de Zambelli (acide phénol sulfanilique) . L'acide sulfanilique en milieu chlorhydrique en présence de phénol forme avec les nitrites un complexe jaune en milieu ammoniacal .



Réactifs :

- Solution A de nitrate de Cobalt
 - Nitrate de cobalt pur cristallisé.....3,75 g
 - HCl pur.....10 ml
 - Eau distillée.QSP.....1000 ml
- Solution B de bichromate de potassium
 - Bichromate de potassium pur cristallisé.....1,33 g
 - Eau distillée QSP.....1000 ml
- Réactif sulfanilique et phénolique de Zambelli
 - Phénol cristallisé.....7,5 g
 - HCl.....260 ml
 - Acide sulfanilique pur.....5 g
 - Chlorure d'ammonium pur cristallisé.....135 g
 - Eau distillée QSP.....1000 ml
- Ammoniaque Officinale
- Préparation de la Gamme-étalon

A partir d'une solution A de nitrate de cobalt et d'une solution B de bichromate de potassium dans une serie de 13 tubes de Nessler comme l'indique le Tableau ci-dessous :

//.....///.....//

SOLUTION A (ml)	SOLUTION B (ml)	EAU DISTILLEE (ml)	TENEUR PAR LITRE D'EAU A ANALYSER EN NITRITES (NO ₂ ⁻) (ml)
1	0,65		0,05
1	1,0		0,075
1	1,3		0,10
1	2,0		0,15
1	2,6		0,20
1	5,3		0,40
1	8,0	QSP	0,60
1	10,5	54	0,80
1	13		1,00
1	19,5		1,50
1	26,0		2,00
1	32,0		2,50
1	38,0		3,00

- Dosage Colorimétrique

Dans un tube de Nessler, mesurer 50 ml d'eau, puis ajouter 2 ml de réactif sulfanilique et phénolique, agiter et laisser réagir 10 minutes .

Alcaliniser par 2 ml d'ammoniaque (NH₄OH); il se développe une coloration jaune proportionnelle à la quantité de nitrites présente dans l'échantillon .

Comparer cette coloration à celle des tubes de la gamme et en déduire le taux des nitrites en mg/l d'eau .

Si la teinte obtenue sort des limites de la gamme, effectuer un nouveau dosage sur une dilution convenable de l'échantillon .

e) Dosage du Fer et du Manganèse

Le fer et le manganèse, éléments considérés comme indésirables ont été dosés colorimétriquement en utilisant des Test-Kit Ecolab fournis par Ecologie instrument New York .

Ces Test-Kit Ecolab renferment une gamme de solutions étalons dans des tubes de couleur variable selon la teneur en fer ou en manganèse exprimée en PPM /

Notre échantillon d'eau renfermant du Fer ou du Manganèse est introduit dans un tube à essai et inséré dans le comparateur, comparer ainsi sa couleur à celle des solutions étalons et en déduire la quantité de fer ou de manganèse dans l'échantillon d'eau en PPM. Les résultats étant exprimés en mg/l la quantité de Fer et Manganèse sera donnée en mg/l .

1 litre d'eau pèse 1000 g ou 1.000.000 mg

1mg/l = 1 PPM (partie par million)

C - ANALYSE BACTERIOLOGIQUE

Cette analyse a porté sur :

- la numération des germes totaux (dénombrement total des germes)
- la recherche et la numération d'Escherichia Coli et autres coliformes .
- la recherche et la numération des entérocoques (Streptocoques fécaux) .
- la recherche des germes anaérobis sulfite-réducteurs (clostridium) .
- la recherche et la numération des autres enterobacteries .

1°) - Méthodes d'Analyse

Deux méthodes peuvent être utilisées : celle de la membrane filtrante et la méthode de dilutions .

C'est la méthode de dilutions que nous avons utilisée pour nos analyses .

Principe :

Il s'agit de réaliser des dilutions déterminées de l'échantillon d'eau à analyser dans des tubes à essai stériles aux 1/10, 1/100, 1/1000 ect... chaque dilution est effectuée à partir de la précédente après agitation soigneuse en utilisant à chaque fois une pipette stérile. Utiliser de l'eau distillée pour la dilution .

2°) - Milieux de Culture Utilisés

Comme milieux de culture nous avons utilisé :

- la Gélose ordinaire pour le dénombrement des germes totaux
- la Gélose à l'éosine et au Bleu de Méthylène (EMB) pour Ecoli et autres coliformes

- le bouillon Streptosel pour les streptocoques fécaux
- le Drigalski pour les autres enterobacteries
- le bouillon VF pour les germes anaérobis sulfite reducteurs

3°) - Recherche et Numération des Germes

a) Dénombrement Total des germes :

Par nombre de germes totaux, il faut entendre le nombre de colonies bactériennes qui se développent, après un temps donné de séjour dans l'étuve sur un milieu à base de gélose ordinaire ensemencé avec 1 ml d'eau ou de dilution d'eau .

Le dénombrement est obtenu en multipliant le nombre de colonies poussées sur la gélose par 10 (si la dilution est faite au 1/10); par 100 (si la dilution est faite au 1/100); par 1000 (si la dilution est faite au 1/1000) .

b) Escherichia Coli et autres coliformes :

Ensemencer avec 1 ml d'eau à analyser la gélose à l'éosine et au bleu de méthylène (EMB) en boîte de petri. La boîte de petri est mise ensuite à l'étuve et observée au bout de 24 Heures .

Si des colonies poussent sur l'EMB, prendre une colonie suspecte et faire la gamme de cette colonie . Cette gamme est constituée par le citrate, le manitol, l'hajma, l'urée, l'eau peptonée ordinaire. Pour confirmer la présence d'Ecoli, nous recherchons l'indole dans l'urée en utilisant le réactif de Kovacs qui provoque la formation d'un anneau rouge (2, 7) .

Les résultats de la gamme et l'indole dans l'urée confirment la présence d'Ecoli et des autres coliformes .

c) Les Enterocoques (Streptocoques fécaux)

Ensemencer 1 ml de l'échantillon un tube contenant du bouillon streptosel. Laisser incuber 24 Heures à l'étuve, la fermentation de ce tube indique la présence de Streptocoques fécaux, faire ensuite la numération comme précédemment .

//...//...//

d) Les autres enterobacteries :

Avec un rateau ensemençer 1 ml d'échantillon d'eau une boîte de pétri contenant du Drigalski . Laisser incuber à l'étuve , l'observation de colonies sur le milieu de culture signale la présence des autres entérobactéries; passer ensuite à la numération .

e) Clostridium Sulfite Reducteur :

L'ensemencement se fait dans un tube contenant du bouillon VF . Laisser incuber à l'étuve 24 Heures, la fermentation de ce tube indique la présence de Clostridium . Faire ensuite la numération en utilisant le technique de dénombrement des germes .-

C H A P I T R E I : BILAN DES ANALYSES D'EAU EFFECTUEES DANS LE
LABORATOIRE DE TOXICOLOGIE ET DE BROMATOLOGIE
DE 1975 A 1984

Comme nous l'avons précisé dans l'introduction, le but de notre travail est d'évaluer les constantes physico-chimiques et bactériologiques permettant d'apprécier la qualité de l'eau des quartiers périphériques .

Avant d'entamer ces investigations nous avons colligé les statistiques relatives aux analyses d'échantillon d'eau effectuées par le laboratoire de toxicologie et de Bromatologie .

Ces résultats nous permettront de voir l'incidence des causes de pollution sur les différents systèmes d'approvisionnement, ce qui nous permettra d'établir des corrélations avec les résultats d'analyse des échantillons d'eau des quartiers périphériques .

T A B L E A U N° VIII

BILAN DES ANALYSES D'EAU A PARTIR DE DIVERSES SOURCES D'EAU DE
1975 A 1984 (23)

! SOURCES ! D'EAU	! NOMBRE ! D'ECHANTILLONS!	! NOMBRE DE CAS DE ! POLLUTION !	! POURCENTAGE
! Forages	! 7	! 4	! 57 %
! Puits	! 82	! 45	! 55 %
! Fleuve et Mare	! 6	! 6	! 100 %
! Bassin	! 10	! 6	! 60 %
! Eaux usées ! ((eaux d'égoût! ! rejets industriels)	! 9	! 9	! 100 %
! Piscine	! 5	! 3	! 60 %
! Robinet	! 20	! 1	! 5 %
! Total	! 139	! 74	! 53 %

L'examen du Tableau VIII laisse apparaître :

- Un pourcentage faible de pollution des échantillons d'eau de robinet, soit 5 %; ce pourcentage est faible certes en raison du traitement que l'eau a subi avant la distribution dans le réseau urbain. Néanmoins des contrôles périodiques sont nécessaires car malgré tout on rencontre de temps à autre des facteurs de pollution .
- Une pollution forte des échantillons d'eau de mare et fleuve ; ces échantillons ne sont pas consommables directement et nécessitent un traitement préalable . Il ya là un important travail d'éducation à faire vis à vis des populations ;
- Une pollution de tous les échantillons d'eau usée (eaux d'égoût, rejet industriel) . Ces eaux sont en fait déjà utilisées et constituent une source permanente de pollution de l'environnement . Elles sont constituées par :
 - Les eaux ménagères (linges, toilette, cuisine)
 - Les eaux d'origine industrielle et agricole .
- Une pollution d'eau de bassin et piscine, mais ces eaux ne sont pas destinées à la consommation humaine .
- Un pourcentage élevé de pollution de puits et forages (55 à 57%) . Ces eaux étant directement consommées par les populations, il en découle un risque sévère pour leur santé . Cette pollution est de nature diverse, elle fera l'objet d'analyse dans le Tableau IX.

T A B L E A U N° IX

Principales Causes de Pollution des Eaux de Puits de 1975 à 1984
(23)

CAUSES DE POLLUTION	NOMBRE DE PUITES	POURCENTAGE
Matières organiques	33	73 %
Nitrates (NO_3^-)	32	71 %
Nitrites (NO_2^-)	23	53 %
Chlorures (Cl^-)	17	38 %
Particules en Suspension	15	33 %
P ^H inférieur à 7	15	33 %
Ammoniaque	8	18 %
Alcalinité	6	13 %
Dureté Calcique	2	4 %
Dureté Magnésienne	1	2 %

D'appès les résultats du Tableau IX :

- Le pourcentage de pollution des puits est élevé en matières organiques (73 %) /
Ces matières organiques peuvent avoir pour origine : le lessivage des sols, les résultats du métabolisme des organismes aquatiques (16) .
- La teneur en nitrites et nitrates aussi est assez élevée. Les nitrates proviennent de la nitrification de l'azote organique . Les nitrites peuvent avoir comme origine une oxydation incomplète de l'ammoniaque ou une réduction des nitrates . Ils ont une action méthémoglobinisante (2, 3, 7; 11) .
- La teneur en chlore est ^{en}corrélation avec le pourcentage élevé de matières organiques, communiquant à l'eau une saveur désagréable .
- L'existence des particules en suspension se traduit par une importante turbidité .
- Beaucoup de nos eaux ont un PH inférieur à 7 lié peut être à la nature des terrains qui sont souvent silicieux et latéritiques donc acides (5) .
- L'ammoniaque est en quantité un peu faible . Sa présence peut être liée à la matière végétale, la matière organique animale ou humaine .
- Le pourcentage de pollution des eaux de puits pour la dureté magnésienne et la dureté calcique est très faible car nos eaux sont pauvres en calcium et magnesium .

//.....//.....//

T A B L E A U N° X

Principales Causes de Pollution en Fonction des Sources d'Eau (23)

SOURCES D'EAU	CAUSES DE POLLUTION	
	ORGANIQUES	CHIMIQUES
Robinet	matières organiques	souvent un excès de chlore
Puits et Forages	turbidité, odeur, saveur, PH	matières organiques, nitrates, nitrites, chlorures, ammoniacque
Fleuve et Mare	turbidité, couleur, odeur, saveur, PH	matières organiques, nitrates, nitrites, Chlorures, ammoniacque
Bassin et Piscine	particules en suspension	dureté calcique, dureté magnésienne
Eaux usées (eaux dégoût, rejets industriels)	turbidité, odeur, saveur, couleur, PH	matières organiques, alcalinité, nitrates, nitrites, ammoniacque, duretés totale, calcique, magnésienne, sulfates, plomb, cyanures, sulfures, arsénic etc.....

Il ressort de l'examen du Tableau X que :

- Les causes de pollution de l'eau de robinet sont surtout : la présence de matières organiques, la teneur en chlore aussi est élevée du fait du traitement.
- Les principaux facteurs responsables de la pollution des puits sont (présence ou absence de margelle, nature de la margelle, fermeture du puits, abords immédiats des puits, distance entre puits et latrines, puits et ordures) (7 , 8) .
- La pollution de l'eau de fleuve et mare est liée : à la turbidité, couleur, odeur, saveur, PH, nitrates, matières organiques, nitrites, chlorures, ammoniacque, dureté .

Les causes peuvent être les activités humaines, les déchets d'animaux, décomposition des organismes aquatiques .

- La pollution est importante pour les eaux usées en raison de la forte turbidité par rapport à celle de l'eau de consommation .

Une odeur caractéristique (présence de sulfures, d'ammoniaque, de sulfates, de nitrites, de nitrates) .

Une saveur particulière (liée aux chlorures, à l'alcalinité) .

//.....///.....//

C H A P I T R E II : ENQUETE RELATIVE A L'APPROVISIONNEMENT EN
EAU DANS LES QUARTIERS PERIPHERIQUES .

Présentation du Problème de l'eau dans les Quartiers
Périphériques

Le travail a été effectué sous forme d'une enquête partielle, le but étant de pouvoir disposer de données de base en matière d'approvisionnement en eau, ainsi que les besoins des populations dans ces quartiers périphériques .

A - METHODOLOGIE

L'enquête a porté sur les quartiers de Banconi, Sébénikoro, Torokorobougou, Sabalibougou, Daoudabougou et Niamakoto . Les registres des Mairies des Communes I , IV , V , VI ont été utilisés pour connaître la population, le nombre de concessions et le nombre de Familles dans chaque Quartier . Les questionnaires étaient orientés sur les sources d'approvisionnement en eau de ces quartiers et sur les caractéristiques des puits pélevés .

B - RESULTATS DE L'ENQUETE

1°) Caractéristiques Démographiques des Quartiers Périphériques retenus pour les Analyses d'Eau (Voir Tableau n°XI)

T A B L E A U X I

CARACTERISTIQUES DEMOGRAPHIQUES DES QUARTIERS PERIPHERIQUES (22)

! QUARTIERS	! Population	! Nombre de	! Nombre de	! Nombre de
!	! en 1985	! Concession	! Familles	! Puits
! Banconi	! 41.018	! 1.895	! 6.907	! 1.895
! Daoudabougou	! 24.253	! 2.486	! 5.273	! 2.486
! Sabalibougou	! 17.878	! 2.530	! 5.187	! 2.530
! Sébénikoro	! 16.393	! 2.100	! 3.566	! 2.100
! Niamakoro	! 11.335	! 2.040	! 2.267	! 2.040
! Torokorobougou	! 6.240	! 518	! 1.017	! 518

Ce Tableau nous montre que :

- Le quartier de Banconi est le plus peuplé .Il y'a un nombre élevé de familles pour peu de concessions . Ce qui entraine une forte concentration humaine .
- Le nombre de puits est en rapport avec le nombre de concessions (au moins un puits dans chacune) .
- Tous ces quartiers sont non lotis, le nombre de concessions et de familles est élevé . Ces quartiers sont souvent appelés "quartiers spontanés" .

2°) Approvisionnement en Eau

T A B L E A U N° XII

SOURCES D'APPROVISIONNEMENT EN EAU DES QUARTIERS PERIPHERIQUES

	Q U A R T I E R S							
	Banconi	Sébenikoro	Toroko	Sabali	Niamakoro	Daoudabougou		
!Sources !								
!d'approvi-								
!sionne-								
!ment	!	!	!	!	!	!	!	!
!Puits tra-	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui
!ditionnels	!	!	!	!	!	!	!	!
!Forages	non	non	oui	oui	non	oui	oui	oui
!	!	!	!	!	!	!	!	!
!Cours	oui	non	non	oui	oui	oui	oui	oui
!d'eau	!	!	!	!	!	!	!	!
!Sources	non	oui	non	non	non	non	non	non
!(émergence	!	!	!	!	!	!	!	!

L'examen de ce Tableau permet de retenir les points suivants :

- Le système d'approvisionnement en eau de ces quartiers est constitué essentiellement par les puits traditionnels et quelques rares forages (quartiers de Torokorobougou, Sabalibougou et Daoudabougou) .

- Ces puits sont creusés de façon traditionnelle à la main; après avoir atteint la couche aquifère les parois du puits sont parfois maintenues par des anneaux de béton .

- Les quelques cours d'eau existant (quartiers de Banconi, Sabalibougou, Niamakoro et Daoudabougou) ne coulent que pendant la saison des pluies et quelques temps deviennent trop suspects pour constituer une source d'eau potable .

- Le quartier de Sébenikoro outre les puits traditionnels possède des sources (émergence) d'eau au niveau de la colline . L'eau de ces sources est surtout utilisée pour la boisson et la lessive, et elle coule toute l'année . Ces sources d'eau sont surtout fréquentées par la population pendant la saison sèche car les puits tarissent et il n'est pas rare de voir des attroupements de femmes autour de ces points d'eau dans les premières heures de la matinée .

3°) Caractéristiques des Puits

T A B L E A U N° XIII

CARACTERISTIQUES DES PUIITS

<u>Quartiers</u>	<u>Banconi</u>	<u>Sébénikoro</u>	<u>Toroko</u>	<u>Sabali</u>	<u>Niamakoro</u>	<u>Daouda</u>
<u>Caractéristiques des Puits</u>			<u>robougobougou</u>			<u>bougou</u>
			<u>gou</u>			
<u>Le puits a tous les jours de l'eau</u>	1	0	0	1	0	0
<u>Le puits a périodiquement de l'eau</u>	3	1	0	0	3	2
<u>Le puits a une margelle</u>	3	1	0	1	2	2
<u>Le puits a une fermeture</u>	2	1	0	1	2	2

Les résultats du Tableau N° XIII permettent de retenir

- Que les puits traditionnels sont très sensibles aux variations saisonnières car la plupart de nos puits prélevés ont périodiquement de l'eau . Ces puits n'ont de l'eau en permanence que pendant la saison pluvieuse .

- Les puits existants dans ces quartiers périphériques sont mal entretenus car nous avons noté l'absence de margelle et de fermeture à ces puits .-

T A B L E A U N° XIV

SITUATION ACTUELLE DE L'APPROVISIONNEMENT EN EAU DES QUARTIERS PERIPHERIQUES

QUARTIERS	POPULATION!	DISTRIBUTION !	RESSOURCES EN EAU
! EN 1985	! Reseau	! Camions	! Forages
! !	! d'eau	! Citernes	! équipés
! !	! !	! pompes	! à sec
! !	! !	! !	! d'eau
! Sabalibougou	! 17.878	! non	! 3
! Torokorobougou	! 6.240	! non	! 2
! Daoudabougou	! 24.253	! non	! 3
! Niamakoro	! 11.335	! non	! 0
! Sébénikoro	! 16.393	! non	! 0
! Banconi	! 41.018	! non	! 0
! !	! !	! !	! !
! !	! !	! !	! !

Le Tableau n° XIV montre que :

- L'approvisionnement en eau des quartiers périphériques est généralement assuré par les puits traditionnels et quelques forages, en outre aucun de ces quartiers ne dispose ni d'un réseau de distribution d'eau, ni de camions citernes assurant le ravitaillement de l'eau .
- Les ressources en eaux de surface sont fournies principalement par le fleuve Niger et quelques cours d'eau .
D'une façon générale, il n'existe donc pas de système d'adduction d'eau, d'où la nécessité d'une évaluation physico-chimique et bactériologique des eaux provenant de la seule source disponible constituée par les puits et les forages -.

C H A P I T R E III : ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE ET BACTERIOLOGIQUE
DES EAUX DES QUARTIERS PERIPHERIQUES

A - PRELEVEMENT DES ECHANTILLONS D'EAU

Un prélèvement correct est indispensable pour l'obtention de données valables. Il serait inutile d'employer des méthodes analytiques raffinées et d'apporter les plus grands soins à l'analyse, si l'échantillon qui a été prélevé ne présente pas correctement les conditions du milieu lors du prélèvement .

Les personnes responsables des opérations d'échantillonnage doivent être des techniciens qualifiés maîtrisant non seulement les techniques de prélèvement, mais possédant une idée très claire du but de l'étude, ceci afin d'orienter les opérations en fonction des données qu'on veut recueillir. Les règles d'Hygiène élémentaire doivent être strictement appliquées, surtout dans le cas des prélèvements pour analyse bactériologique .

Les prélèvements peuvent se faire soit dans des flacons en polyéthylène, ou dans des bouteilles en verre munies de bouchons neufs et paraffinés .

Le mode de prélèvement variera suivant l'origine de l'eau .

1°) Prélèvement des Eaux de Surface (lacs, rivières, cours d'eau etc....)

Un soin spécial sera porté en vue de :

- bien localiser le lieu de prélèvement
- éviter les zones mortes en rivière
- ne pas remuer la vase du fond
- ne pas prélever en aval
- bien rincer les bouteilles avec l'eau à prélever

a) Pour l'analyse physico-chimique :

Il existe plusieurs cas :

- Si l'eau s'écoule d'une canalisation, il faut placer les bouteilles sous les filets d'eau .
- Dans le cas de prélèvement dans une eau courante : tenir l'ouverture du flacon vers l'amont avec une pince si possible .

- Si le prélèvement s'effectue dans une mare ou dans le bassin d'une source : il ne faut pas prélever en surface, mais à une profondeur moyenne avec un récipient à deux tubulures.

b) Pour l'analyse bactériologique :

Avant le prélèvement, flamber le flacon ou la bouteille et déboucher avec une pince flambée. Remplir d'eau et refermer le récipient après avoir à nouveau flambé le bout.

L'importance de ces précautions est à souligner.

Le préleveur doit être conscient que les micro-organismes existent partout dans l'air, sur le sol, sur le matériel utilisé pour les prélèvements et sur le préleveur lui-même, il faut éviter donc de contaminer l'eau à analyser.

2) Prélèvement des eaux profondes (Puits, Forages)

a) Pour l'analyse physico-chimique :

Nous avons utilisé des puisettes domestiques locales pour avoir la quantité d'eau recherchée. L'eau de la puisette est ensuite transvasée dans la bouteille et transportée au laboratoire pour l'analyse.

b) Pour l'analyse bactériologique :

Nous attachons une ficelle résistante à la bouteille stérilisée pour prendre l'eau au puits. Avant le prélèvement flamber le bout de la bouteille, après le prélèvement flamber de nouveau et boucher la bouteille.

Dans le cas des forages, flamber l'orifice de la pompe et faire couler l'eau au moins dix minutes avant d'effectuer le prélèvement.

3) Conservation et transport des échantillons

L'eau est un milieu dynamique et susceptible de se modifier plus ou moins rapidement sous l'action des micro-organismes et des réactions chimiques (précipitation, oxydo-réduction, absorption).

Le transport s'effectue de sorte que les échantillons arrivent au laboratoire dans les meilleurs délais.

Après le prélèvement, les échantillons sont transportés immédiatement au laboratoire et conservés à basse température (environ à 4°C) au réfrigérateur pour les analyses.

B - ANALYSE DES ECHANTILLONS D'EAU

Les méthodes d'analyse décrites dans la première partie de notre travail nous ont permis d'entreprendre les investigations physico-chimiques et bactériologiques des eaux des quartiers intéressés par notre étude .

Trois types d'eau ont fait l'objet de notre étude : eaux de source de puits, de forages, nous avons souvent opéré sur plusieurs échantillons .

Quartier de Sébénikoro

1 1°) Eau de Source

L'examen a porté sur la seule source d'eau existant dans le quartier .

a) Caractères organiques leptiques : Eau claire, pas de particules en suspension, pas d'odeur, pas de goût particulier, aspect un peu verdâtre.

b) Caractères physico-chimiques :

Température = 36°C	! Dureté totale = 14 mg/l de CaCO ₃
PH = 6,8	! Dureté calcique = 3,21 mg/l de Ca ⁺⁺
Chlorures = 17,75 mg/l	! Dureté magnésienne = 1,46 mg/l de Mg ⁺⁺
Nitrites = 0	! Alcalinité: (T _A = 0 T _{AC} = 30,5 mg/l de CO ₃ H ⁻)
Nitrates = 4 mg/l	! (milieu acide = 3,2 mg/l milieu alcalin = 4 mg/l)
Sulfates = 0	! Fluor = 0,2 mg/l
Plomb = 0	! Fer = 1 mg/l
Ammoniaque = 0	! Manganèse inférieur à 0,2 mg/l
	!

c) Caractères Bactériologiques

Numération des germes totaux: 425 10³ germes totaux/l
 Eschérichia coli et autres coliformes : néant
 Autres enterobactéries : néant
 Streptocoques fécaux : néant
 Clostridium sulfite réducteur : néant

C O N C L U S I O N

- Les teneurs des éléments chimiques recherchés et dosés sont conformes aux normes pour une eau potable, il faut noter cependant la faible teneur en fluor .
 - L'examen bactériologique de cette eau n'a pas permis de mettre en évidence la présence de germes pathogènes .
- On peut donc considérer l'eau de cette source comme une eau acceptable pour la consommation .

2°) Eaux de Puits Traditionnels

Nous avons analysé les eaux de trois puits .

a) Caractères organoleptiques :

Eaux troubles avec présence de particules en suspension, assez de particules terreuses, pas de goût et d'odeur particuliers .

b) Caractères Physico-Chimiques

PUITS	I	II	III
PARAMÈTRES			
Température (°C)	32	33	30
PH	6	5,8	6
Chlorures (mg/l)	14,2	21,3	21,3
Nitrites (mg/l)	0	0	0
Nitrates (mg/l)	0	0	0
Ammoniaque (mg/l)	0	0	0
Plomb (mg/l)	0	0	0
Fluor (mg/l)	0,8	0,2	1,2
Fer (mg/l)	0,5	0,5	1
Manganèse (mg/l)	<0,2	<0,2	<0,2
Dureté totale en mg/l de CaCO ₃	28	38	28
Dureté magnésienne mg/l de Mg ⁺⁺	3,84	1,95	4,38
Dureté Calcique mg/l de Ca ⁺⁺	4,8	12,02	4
Alcalinité T _A	0	0	0
Alcalinité T _{AC} en mg/l de HCO ₃ ⁻	24,4	30,5	30,5
Matières organiques en milieu acide mg/l	7	5,20	4
Matières organiques en milieu alcalin en mg/l	4	0,8	2,40

c) Caractères Bactériologiques

PUITS	I	II	III
GERMES / L			
Germes Totaux	$7 \cdot 10^5$	$85 \cdot 10^3$	$224 \cdot 10^4$
Ecoli et autres coliformes	0	0	$124 \cdot 10^3$
Autres enterobactéries	0	0	0
Streptoques fécaux	0	0	0
Clostridium sulfito-réducteur	0	0	0

d) C O N C L U S I O N

- Les trois puits présentent de mauvais caractères organoleptiques les eaux ont un PH acide .

En outre, elles ont une teneur élevée en matières organiques d'origine animale .

- Les résultats bactériologiques des puits I et II sont acceptables mais le puits III est suspect car renferme $124 \cdot 10^3$ /l de coliformes .

Les eaux des trois puits de Sébénikoro sont suspectes pour la consommation .

- Quartier de Sabalibougou

Deux forages et un puits traditionnel ont été l'objet d'analyses physico-chimiques et bactériologiques

1) Eaux de forages

a) Caractères organoleptiques

Eaux claires, pas de particules en suspension, pas de goût et d'odeur particuliers .

b) Caractères Physico-Chimiques

FORAGES	I	II
PARAMETRES		
Température (oc)	32	31
PH	6	5,8
Chlorures (mg/l)	7,10	7
Nitrites(mg/l)	0	0
Nitrates (mg/l)	0	0
Ammoniaque (mg/l)	0	0
Plomb (mg/l)	0	0
Fluor (mg/l)	1	0,8
Fer (mg/l)	1	0,5
Manganèse (mg/l)	<0,2	<0,2
Dureté totale (mg/l) de CaCO ₃	30	28
Dureté magnésienne (mg/l) de Mg ⁺⁺	3,36	3,40
Dureté calcique (mg/l) de Ca ⁺⁺	6,40	7,40
Alcalinité : T _A	0	0
Alcalinité : T _{AC} (mg/l) de HCO ₃ ⁻	79,5	80
Matières organiques en milieu acide (mg/L	2,6	2,4
Matières organiques en milieu alcalin (mg/l)	3	2,8

c) Caractères Bactériologiques

FORAGES	I	II
GERMES / L		
Germes Totaux	$28 \cdot 10^4$	$185 \cdot 10^3$
E. coli et autres coliformes	0	0
Autres enterobactéries	0	0
Streptocoques fécaux	0	0
Clostridium sulfito-réducteur	0	0

d) C O N C L U S I O N

Les caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques ayant fait l'objet de détermination sont en faveur d'une eau pouvant être livrée à la consommation .

2) Eau de Puits

a) Caractères organoleptiques

Eau trouble, présence de particules en suspension, pas de goût et d'odeur particuliers .

b) Caractères physico-chimiques

Température = 33,5 °C	! Dureté totale = 30 mg/l de CaCO ₃
PH = 6,4	! Dureté magnésienne = 2,40 mg/l d'eq
Chlorures = 10,65 mg/l	! Dureté calcique = 8 mg/l de Ca ⁺⁺
Nitrites = 0,5 mg/l	! Alcalinité = $T_A = 0$ $T_{AC} = 61$ mg/l de HCO ₃ ⁻
Nitrates = 2 mg/l	! Matières organiques en milieu acide = 1,60 mg/l
Ammoniaque = 0	! Matières organiques en milieu alcalin = 4 mg/l
Plomb = 0	! Fluor = 0,8 mg/l
Fer = 0,5 mg/l	! Manganèse < 0,2 mg/l

c) Caractères Bactériologiques

Germes totaux = $355 \cdot 10^3/l$
 E. coli et autres coliformes = 0/1
 Autres entérobactéries = $125 \cdot 10^3/l$
 Streptocoques fécaux = 0/1
 Clostridium sulfitoréducteur = 0/1

d) C O N C L U S I O N

Ce puits présente :

- de mauvais caractères organoleptiques
- une teneur élevée en nitrites
- une teneur élevée en matières organiques et la présence de germes pathogènes .

Par conséquent la consommation de cette eau ne devrait pas être recommandée, un traitement préalable suivi d'un contrôle de qualité s'avère nécessaire .

Quartier de Torokorobougou

Nous avons analysé les eaux d'un forage et d'un puits traditionnel .

1°) Eau de Forage

a) Caractères organoleptiques

Eau claire, pas de particules en suspension, pas de goût et d'odeur particuliers .

b) Caractères physico-chimiques

Température	= 32 °C	! Dureté totale = 24 mg/l de $CaCO_3$
PH	= 6,7	! Dureté calcique = 4 mg/l de Ca^{++}
Nitrates	= 0	! Dureté magnésienne = 3,36 mg/l Mg^{++}
Nitrites	= 0	! Alcalinité T_A = 0
Ammoniaque	= 0	! Alcalinité T_{AC} = 61 mg/l de HCO_3^-
Plomb	= 0	! Matières organiques en milieu acide
Chlorures	= 7,10 mg/l	! = 5 mg/l
Fluor	= 0,5 mg/l	! Matières organiques en milieu
Fer	= 0,75 mg/l	! alcalin = 7 mg/l
Manganèse	< 0,2 mg/l	!

c) Caractères Bactériologiques

Germes totaux = $115 \cdot 10^3$ /l
 E. coli et autres coliformes = 0/1
 Autres enterobacteries = 0/1
 Streptocoques fécaux = 0/1
 Clostridium sulfite-réducteur = 0/1

d) C O N C L U S I O N

- Les caractères organoleptiques de cette eau sont acceptables .
 - Malgré une teneur un peu élevée en matières organiques, l'examen bactériologique n'a pas permis de mettre en évidence des germes pathogènes .
 L'eau de ce forage peut être considérée comme acceptable pour la consommation .

2°) Eau de puits

a) Caractères organoleptiques

Eau trouble, des particules en suspension, pas de goût et d'odeur particuliers .

b) Caractères physico-chimiques

Température	=	33 °c	!	Dureté totale = 40 mg/l de CaCO_3
PH	=	6	!	Dureté magnésienne = 3,40 mg/l Mg^{++}
Nitrites	=	0	!	Dureté calcique = 11 mg/l de Ca^{++}
Nitrates	=	0	!	Alcalinité T_A = 0
Ammoniaque	=	0	!	Alcalinité T_{AC} = 75 mg/l de HCO_3^-
Plomb	=	0	!	Matières organiques en milieu acide = 4 mg/l
Chlorures	=	60 mg/l	!	
Fluor	=	0,8 mg/l	!	Matières organiques en milieu alcalin = 6 mg/l
Fer	=	1 mg/l	!	
Manganèse	<	0,2 mg/l	!	
	c		!	

c) Caractères Bactériologiques

Germes totaux = $385 \cdot 10^3$ /l
 E;coli et autres coliformes = 0/1
 Autres enterobactéries = 0/1
 Clostridium sulfite réducteur = 0/1
 Streptocoques fécaux = 0/1

d) C O N C L U S I O N :

Ce puits présente :

- des caractères organoleptiques mauvais
 - les caractères chimiques sont acceptables, mais le puits renferme une teneur élevée en matières organiques d'origine animale et végétale .
 - le nombre de germes totaux est élevé .
- Il serait important de procéder à un traitement préalable de l'eau de ce puits avant consommation .

Quartier de Daoudabougou

Les analyses ont porté sur deux forages et deux puits traditionnels .

1°) Forages

a) Caractères organoleptiques

Eaux claires, pas de particules en suspension, pas de goût et d'odeur particuliers .

b) Caractères physico-chimiques

FORAGES	I	II
PARAMETRES		
Température (o c)	28	30
PH	5,8	6,7
Chlorures (mg/l)	8,50	10
Nitrites (mg/l)	0	0
Nitrates (mg/l)	0,5	0
Ammoniaque (mg/l)	0	0
Plomb (mg/l)	0	0
Fluor (mg/l)	0,10	0,6
Fer (mg/l)	0,5	0,5
Manganèse (mg/l)	< 0,2	< 0,2
Dureté totale (mg/l) de CaCO ₃	40	35
Dureté magnésienne (mg/l) de Mg ⁺⁺	10,40	12
Dureté calcique (mg/l) de Ca ⁺⁺	15	8
Alcalinité (T _A)	0	0
Alcalinité (T _{AC}) mg/l de HCO ₃ ⁻	80	70
Matières organiques en milieu acide mg/l	0,6	1
Matières organiques en milieu alcalin (mg/l)	2	2

c) Caractères bactériologiques

	FORAGES	I	II
GERMES/L			
Germes totaux		15 10 ³	25 10 ³
E. coli et autres coliformes		0	0
Autres enterobactéries		0	0
Streptocoques fécaux		0	0
Clostridium sulfito reducteur		0	0

d) C O N C L U S I O N

Les eaux des deux forages de Daoudabougou ont des caractères physico-chimiques et bactériologiques acceptables, par conséquent elles peuvent être utilisées comme eau de boisson .

2°) Puits Traditionnels

a) Caractères organoleptiques

Eaux troubles, présence de particules en suspension. Pas de goût et d'odeur particuliers .

b) Caractères Physico-Chimiques

PARAMETRES	PUITS	I	II
Température (o C)		32	33
PH		6	5,2
Chlorures (mg/l)		15	150
Nitrites (mg/l)		0	0
Nitrates (mg/l)		10	20
Ammoniaque (mg/l)		15	0
Plomb (mg/l)		0	0
Fluor (mg/l)		0,3	1,4
Fer (mg/l)		1	0,75
Manganèse (mg/l)		< 0,2	< 0,2
Dureté totale en (mg/l) de CaCO ₃		80	70
Dureté magnésienne (mg/l) de Mg ⁺⁺		20	15
Dureté calcique (mg/l) de Ca ⁺⁺		15,40	11,20
Alcalinité (T _A)		0	0
Alcalinité(T _{AC}) en mg/l de HCO ₃		95	60
Matières organiques en milieu acide		5	4
Matières organiques en milieu alcalin		7	6

c) Caractères bactériologiques

	PUITS	I	II
GERMES/L			
Germes totaux		775 10 ³	115 10 ³
E. coli et autres coliformes		115 10 ³	0
Autres enterobacteries		0	0
Streptocoques fécaux		0	0
Clostridium sulfito reducteur		0	0

d) C O N C L U S I O N

- Ces puits ont de mauvais caractères organoleptiques et renferment des teneurs élevées en matières organiques d'origine animale et végétales .
- Le puits I renferme de l'Ammoniaque (15 mg/l)
- Les caractères bactériologiques sont marqués par la présence de germes coliformes (115 10³/l) dans le puits I .
- Les eaux de ces deux puits sont suspectes et ne sont pas appropriées pour la consommation .

Quartier de Niamakoro

Trois puits traditionnels ont fait l'objet de notre étude

1°) Caractères Organoleptiques

Eaux troubles, présence de particules en suspension, pas de goût et d'odeur particuliers .

2°) Caractères Physico-Chimiques

PUITS	I	II	III
PARAMETRES			
Température (oc)	32	34	28
PH	5,6	6	5,3
Chlorures (mg/l)	15,4	85	20,5
Nitrites (mg/l)	0	2	0
Nitrates (mg/l)	0	15	6
Ammoniaque (mg/l)	0	25	0
Plomb (mg/l)	0	0	0
Fluor (mg/l)	0,3	1	0,8
Fer (mg/l)	0,5	4	0,5
Manganèse (mg/l)	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Dureté totale (mg/l) de CaCO ₃	50	150	80
Dureté magnésienne (mg/l) de Mg ⁺⁺	22,4	25	8
Dureté calcique (mg/l) de Ca ⁺⁺	24	40	40
Alcalinité T _A (mg/l)	0	0	0
Alcalinité T _{AC} (mg/l) de HCO ₃ ⁻	30	60	30
Matières organiques en milieu acide (mg/l)	3	5	5
Matières organiques en milieu alcalin (mg/l)	4	7	4

3°) Caractères Bactériologiques

PUITS	I	II	III
GERMES/L			
Germes totaux	85 10 ³	315 10 ³	116 10 ³
E. coli et autres coliformes	0	105 10 ³	0
Autres enterobactéries	0	85 10 ³	0
Streptocoques fécaux	0	0	0
Clostridium sulfito réducteur	0	0	0

4°) C O N C L U S I O N :

- Caractères organoleptiques non satisfaisants
- Le puits I a des caractères physico-chimiques et bactériologiques acceptables, l'eau de ce puits peut être utilisée comme eau de boisson, mais en raison de la turbidité une filtration s'impose .
- Le puits II présente de mauvais caractères physico-chimiques (présence de nitrites et d'ammoniaque), de mauvais caractères bactériologiques et la consommation de l'eau doit être prohibée .
- L'eau du Puits III peut être utilisée comme eau de boisson mais après filtration .

Quartier de Banconi

Les analyses ont porté sur quatre puits traditionnels

1°) Caractères Organoleptiques

Eaux troubles, particules terreuses en suspension, pas de goût et d'odeur particuliers .

2°) Caractères Physico-Chimiques

	PUITS			
PARAMETRES	I	II	III	IV
Température (° C)	34	32	30	29
PH	5,4	5,8	5,6	5,8
Chlorures (mg/l)	17,75	65	24,85	6,8
Nitrites (mg/l)	0	0,5	0	0
Nitrates (mg/l)	0	2	0	5
Ammoniaque (mg/l)	0	10	0	0
Plomb (mg/l)	0	0	0	0
Fluor (mg/l)	1,2	0,8	0,4	0,5
Fer (mg/l)	1	4	3	0,5
Manganèse (mg/l)	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Dureté totale (mg/l) de CaCO ₃	36	95	16	25
Dureté magnésienne (mg/l) de Mg ⁺⁺	4,80	15	2,40	4,1
Dureté calcique (mg/l) de Ca ⁺⁺	6,40	30	4,20	8
Alcalinité : T _A (mg/l)	0	0	0	0
Alcalinité : T _{AC} (mg/l) de HCO ₃ ⁻	73,2	61	61	43
Matières organiques en milieu acide (mg/l)	2,5	7	4	4
Matières organiques en milieu alcalin (mg/l)	7	11	8	6

3°) Caractères Bactériologiques

GERMES/L	PUITS			
	I	II	III	IV
Germes Totaux	225 10 ³	85 10 ⁴	12 10 ⁴	215 10 ³
E.coli et autres coliformes	0	115 10 ³	5 10 ³	3 10 ³
Autres enterobactéries	15 10 ³	15 10 ³	0	0
Streptocoques fécaux	0	5 10 ³	0	0
Clostridium sulfito reducteur	0	0	0	0

4°) C O N C L U S I O N :

- Ces puits ont de mauvais caractères organoleptiques
 - Les teneurs en matières organiques d'origine animale et végétale sont élevées .
 - Présence de nitrites (0,5 mg/l) et d'ammoniaque (10 mg/l) dans le puits II .
 - Caractères bactériologiques non favorables car on note :
 - + la présence de coliformes dans les puits II (115 10³/l) , III (5 10³/l) et IV (3 10³/l) .
 - + la présence de streptocoques (5 10³/l) dans le puits II; des enterobactéries dans les puits I (15 10³/l) , II (15 10³/l)
- Il ressort de tous ces résultats que les eaux de ces puits sont impropres pour la consommation .

C - INTERPRETATION DES RESULTATS

Les différents résultats des analyses des échantillons d'eau des quartiers périphériques nous permettent d'entreprendre un étude de comparaison des paramètres à l'aide de différents tableaux .

L'analyse a porté sur vingt échantillons d'eau (voir taleau XV)

T A B L E A U N° XV

REPARTITION DES PRINCIPAUX POINTS D'EAU

! /	! ORIGINES	! PUIITS TRADI-	! FORAGES	! SOURCE	!
! /	! QUARTIERS	! TIONNELS	!	!	!
! /	Sébénikoro	! 3	! 0	! 1	!
! /	Sabalibougou	! 1	! 2	! 0	!
! /	Torokorobougou	! 1	! 1	! 0	!
! /	Daoudabougou	! 2	! 2	! 0	!
! /	Niamakoro	! 3	! 0	! 0	!
! /	Bancori	! 4	! 0	! 0	!
! /	T O T A L	! 14	! 5	! 1	!
! /		!	!	!	!

T A B L E A U N° XVI

VALEURS DES TEMPERATURES ET DES PH DES EAUX DES QUARTIERS

PERIPHERIQUES

<u>ORIGINE</u>	<u>TEMPERATURE (o C)</u>	<u>PH (NORMES LIMITEES OMS : 7-8,5)</u>
Sébénikoro	P1 : 32 P2 : 33 P3 : 30 S : 36	6 5,8 6 6,8
Sabalibougou	F1 : 32 F2 : 31 P : 34	6 5,9 6,4
Torokorobougou	F : 32 P : 33	6,7 6
Daoudabougou	F1 : 28 F2 : 30 P1 : 32 P2 : 33	5,8 6,7 6 5,2
Niamakoro	P1 : 32 P2 : 34 P3 : 28	5,6 6 5,3
Banconi	P1 : 34 P2 : 32 P3 : 30 P4 : 29	5,4 5,8 5,6 5,8

P = Puits traditionnels

F = Forages

S = Source

- TEMPERATURE :

L'examen du Tableau N° XVI montre que la température de nos eaux est élevée . Elle se situe entre 28 et 36 °C . Ces chiffres élevés de la température sont proportionnels à la température ambiante mais n'affecte pas la potabilité de l'eau qui peut être rafraîchie avant son utilisation .

- P.H

L'examen des résultats du Tableau N° XVI ^{montre} que les valeurs de P.H des eaux analysées sont toutes inférieures à 7 . Cette valeur pourrait résulter de la composition des terrains traversés . Dans ces zones les terrains sont en général siliceux et latéritiques, donc acides (5, 16) ce qui expliquerait l'acidité des eaux souterraines .

T A B L E A U N° XVII

VALEURS MOYENNES DES TEMPERATURES ET DES P.H DES EAUX DES QUARTIERS PERIPHERIQUES

ORIGINES QUARTIERS	PUITS TRADITIONNELS		FORAGES	
	NB	T° moyenne	PH moyen	T° moyenne
Sébénikoro	13	31,66	5,93	!
Sabalibougou	!	!	!	12
Daoudabougou	12	32,5	6,25	12
Niamakoro	13	31,33	5,63	!
Banconi	14	31,25	5,65	!
	!	!	!	!

NB = Nombre

T° = Température

Les résultats du Tableau N° XVII permettent de retenir :

- Qu'il n'existe pas de différence significative entre la valeur moyenne des températures des puits de Sébénikoro, Niamakoro et Banconi; par contre la valeur moyenne des températures des puits de Daoudabougou est supérieure à celle des puits des autres quartiers . Il en est de même pour la valeur moyenne des PH .
- Que la valeur moyenne des températures des forages de Sabalibougou est supérieure à celle de Daoudabougou .
- Qu'il n'existe pas de différence notable entre la valeur moyenne des PH des forages de Sabalibougou et Daoudabougou .

T A B L E A U N° XVIII
COMPARAISON DE LA QUALITE PHYSIQUE DES EAUX
DE FORAGES ET DES PUIITS TRADITIONNELS

ORIGINES PARAMETRES	FORAGES		PUIITS TRADITIONNELS	
	NB	Moyenne	NB	Moyenne
Température	5	30,6	14	31,9
PH	5	6,2	14	5,8

Le Tableau N° XVIII montre que :

- La température moyenne des 5 forages est de 30,6⁰C et la valeur moyenne de PH est de 6,2 .
- La température moyenne des 14 Puits traditionnels est de 31,9⁰C et la valeur moyenne de PH est de 5,8 .
- Cela montre qu'il n'existe pas de différence significative entre le PH moyen et la température moyenne des forages et ceux des puits traditionnels .

La petite différence qu'on remarque peut être liée à la profondeur des forages qui sont plus profonds que les puits traditionnels .

CONSTANTES CHIMIQUES DES EAUX DES QUARTIERS PERIPHERIQUES

SUBSTANCES	NORMES	O	R	I	G	I	N	E														
CHIMIQUES	LIMITES	! Sabalibougou ! Torokoro - ! Daoudabougou ! Niamakoro ! Banconi !																				
	OMS MG/L	! ! ! ! ! ! ! ! ! !																				
		P1	IP2	P3	F1	F2	IP	F	P1	IP2	IP3	IP4										
Dureté totale	< 500	28	138	128	14	30	28	130	24	40	40	35	180	170	50	140	80	136	95	16	125	
CaCO ₃	mg/l	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!
Dureté magnésienne	mg/l	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!
Dureté calcimagnésienne	mg/l	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!
Dureté calcium	mg/l	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!
Chlorures	mg/l	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!
Fer	mg/l	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!
Manganèse	mg/l	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!

L'examen des résultats du Tableau N° XIX montre que :

- Les duretés : totale, magnésienne et calcique de nos eaux sont nettement inférieures à celles des limites de l'OMS; ce sont des eaux douces .
- Les eaux de forages et de puits traditionnels analysées renferment de faible quantité de chlorures . Pour ces eaux la teneur en chlorures est inférieure à la limite de l'OMS .
- La quantité de manganèse est inférieure à 0,2 mg/l dans tous les échantillons d'eau analysés et la teneur en fer est supérieure à celle des normes de l'OMS, les terrains étant probablement ferrugineux dans ces zones .-

SUBSTANCES CHIMIQUES PRESENTANT UN RISQUE POUR LA SANTE ET SUBSTANCES TOXIQUES DES EAUX DES QUARTIERS PERIPHERIQUES

SUBSTANCES CHIMIQUES	NORMES LIMITES	O R T G I N E																						
		Sébénikoro	Sabalibougou	Torokoro	Daoudabougou	Niamakoro	Bancani	ibougou	P1	P2	P3	S	F1	IF2	P	T	P	IF1	F2	P1	P2	P3	P4	
Alcalinité Ca^2+	-	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Alcalinité Ac^-	-	244	305	305	179	3180	161	61	75	180	170	195	160	130	160	130	173	2	61	16	14	5		
HCO_3^-																								
Nitrates (mg/l)	< 45	10	10	14	10	10	2	10	10	10	5	10	120	10	15	16	10	1	1	1	1	1	1	1
Fluor (mg/l)	< 1,5	10,8	10,2	11,2	10,8	0,5	0,5	0,8	1,0	6,10	3,14	10,3	1	1,8	1,2	10,8	10,4	0,5						
Plomb (mg/l)	< 0,05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Le Tableau N° XX laisse apparaître que :

- La teneur de nos eaux en nitrates est inférieure aux normes de l'OMS . Les nitrates rencontrés dans environ 50 % des puits (puits de Sabalibougou, Daoudabougou puits I et II, Niamakoro puits II et III et Banconi puits II et IV) et forages 7 % (forage I de Daoudabougou) peuvent avoir pour origine une nitrification de l'azote organique ou être en liaison avec la teneur en nitrates des terrains traversés .
- Aucun de nos puits et forages ne renferme du plomb .
- Une faible teneur en fluor a été retrouvée dans certains puits . Il faudra enrichir les eaux de ces puits en fluor pour éviter d'éventuelles caries dentaires pour la consommation de ces eaux à faible teneur en fluor .
- Ces eaux ont une faible alcalinité, en effet le T_A de toutes ces eaux est nul car leurs PH sont inférieurs à 8,2 .-

Le Tableau N° XXI montre que :

- Certains de nos puits (21 %) : Quartiers de Sabalibougou, de Niamakoro (puits II), de Banconi (Puits II) renferment des nitrites. La consommation de ces eaux notamment par les nourrissons et les enfants en raison de risque de methemoglobinemie, s'avère dangereuse .

Une eau potable ne doit pas contenir de nitrites .

- La teneur en ions ammoniums (ammoniaque) des eaux de certains puits (21 %) : Quartiers de Daoudabougou (Puits I), de Niamakoro (Puits II) et de Banconi (Puits II) est supérieure à celle des Normes de l'OMS. Ces Puits sont donc pollués, mais ces résultats doivent être examinés et analysés en tenant compte d'autres caractéristiques .

- Les teneurs de nos eaux de puits et forages sont élevées en matières organiques d'origine animale et végétale. Ces matières organiques ~~peuvent~~ provenir de lessivage des sols ou du métabolisme des organismes aquatiques . Ces teneurs élevées affectent la potabilité /-

T A B L E A U N° XXII

COMPARAISON DE LA QUALITE CHIMIQUE DES EAUX DE

FORAGES ET DE PUIITS TRADITIONNELS : (NB = Nombre)

! ORIGINES ! PARAMETRES	! FORAGES		! PUIITS TRADITIONNELS!	
	! NB	!Moyen+Valeurs!	! NB	!Moyen!Valeurs !
! ne	! ne	! extrêmes	! ne	! extrêmes!
! Chlorures (Cl ⁻) mg/l	! 5	!7,94 !7 - 10	! 14	!37,69!6,8-150 !
! Nitrites(NO ₂ ⁻) mg/l	! 5	! 0 ! 0	! 14	! 0,21!0,5 - 2 !
! Nitrates(NO ₃ ⁻) mg/l	! 5	! 0,10!0 - 0,5!	! 14	! 4,28! 0 - 20 !
! Ammoniaque(NH ₄ ⁺) mg/l	! 5	! 0 ! 0	! 14	! 3,57! 0 - 25 !
! Plomb (Pb ⁺⁺) mg/l	! 5	! 0 ! 0	! 14	! 0 ! 0 !
! Fluor (F ⁻) mg/l	! 5	! 0,66!0,1- 1	! 14	! 0,75!0,2 - 1,4!
! Fer (Fe ⁺⁺) mg/l	! 5	! 0,65!0,5 - 1!	! 14	! 1,25!0,5 - 4 !
! Manganèse(Mn ⁺⁺) mg/l	! 5	! <0,2 ! <0,2	! 14	! <0,2 ! <0,2 !
!	!	!	!	!

//.....///.....//

T A B L E A U N°XXII (SUITE)

COMPARAISON DE LA QUALITE CHIMIQUE DES EAUX DE FORAGES
ET DE PUIITS TRADITIONNELS

PARAMETRES	ORIGINES	FORAGES		PUIITS TRADITIONNELS			
		NB	Moyenne	Valeurs extrêmes	NB	Moyenne	Valeurs extrêmes
Dureté totale en CaCO ₃		5	31,4	28 - 40	14	51,85	25 - 150
mg/l							
Dureté magnésienne (Mg ⁺⁺)		5	6,58	3,36 - 12,4	14	9,76	1,95 - 25
mg/l							
Dureté calcique (Ca ⁺⁺)		5	8,16	4 - 15	14	15,64	4 - 40
mg/l							
Alcalinité : T _{AC} HCO ₃ ⁻		5	74,06	61 - 80	14	52,47	24,4 - 95
mg/l							
Matières organiques en milieu acide		5	2,32	0,6 - 5	14	4,37	1,60 - 7
Matières organiques en milieu alcalin		5	3,36	2 - 7	14	5,55	0,8 - 8

NB = Nombre

Du Tableau 22, on peut retenir :

- Les valeurs moyennes des constantes chimiques des forages (exemples : chlorures = 7,94 mg/l ; nitrates = 0,10 mg/l ; Fer = 0,65 mg/l) sont inférieures à celles des puits traditionnels (chlorures = 37,69 mg/l ; nitrates = 4,28 mg/l ; Fer = 1,25 mg/l) .Cependant pour l'alcalinité on constate le contraire; en effet la valeur moyenne pour les HCO₃⁻ est égale à 74,06 mg/l pour les forages tandis qu'elle est de 52,67 pour les puits traditionnels .

- La valeur moyenne des nitrites (NO₂⁻) est de 0,21 mg/l pour les puits traditionnels; il faut souligner l'absence de ces nitrites dans les forages, il en est de même pour l'ammoniaque 3,57 mg/l dans les puits traditionnels .

ANALYSE BACTERIOLOGIQUE DES EAUX DES QUARTIERS PERIPHERIQUES

GERMES	O R I G I N E																							
	Sébénikoro				Sabalibougou				Torokoro-				Daoudabougou				Niamakoro				Banconi			
RECHERCHES/LITRES	P1	P2	P3	S	F1	F2	P	F	P	F	P	F	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4
GERMES Totaux	17 10 ⁵	85 20 ³	122 10 ⁴	425 10 ³	28 10 ⁴	188 10 ³	13 10 ⁴	115 10 ³	385 10 ³	10 10 ³	20 10 ³	33 10 ³	11 10 ³	11 10 ³	11 10 ³	8 10 ³	3 10 ³	3 10 ³	14 10 ³	22 10 ³	20 10 ³	12 10 ³	12 10 ³	12 10 ³
F. coli et autres coliformes	0	0	12 10 ³	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Autres enterobacteries	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Streptocoques	0	0	110	0	110	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Clostridium sulfite reducteur	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

P = Puits - F = Forages - S = Source

L'examen des résultats du Tableau N° XXIII montre que :

- Le nombre de germes totaux est élevé dans les eaux des forages et des puits traditionnels analysés .

Cela s'explique par le fait que toutes ces eaux sont chargées de matières organiques ;

La numération des germes totaux ne permet à elle seule de conclure en la non potabilité, car certaines eaux possèdent une flore et une faune bactérienne abondante, sans qu'on y trouve des germes pathogènes .

- Aucun échantillon d'eau ne renferme de Clostridium sulfite réducteur .

- Les Streptocoques fécaux ont été rencontrés dans l'eau d'un seul puits (quartier de Banconi Puits II)

- Les germes coliformes ont été retrouvés dans six de nos Puits Quartiers de Sébénikoro (Puits III), Daoudabougou (Puits I) , Niamakoro (Puits II) et de Banconi (Puits II, III, IV) .

- Les autres enterobactéries ont été retrouvées dans 4 de nos Puits Quartiers de Sabalibougou, Niamakoro (Puits II) Banconi (Puits I et II) -.

T A B L E A U N° XXIV

COMPARAISON DE LA QUALITE BACTERIOLOGIQUE DES EAUX DE FORAGES
ET DE PUIITS TRADITIONNELS

GERMES	FORAGES			PUIITS TRADITIONNELS		
RECHERCHES	NB. Echantillons	Cas de Pollution	Pourcentage	NB. Echantillons	Cas de Pollution	Pourcentage
E.coli et autres coliformes	5	0	0 %	14	6	43 %
Autres enterobacteries	5	0	0 %	14	4	29 %
Streptocoques fécaux	5	0	0 %	14	1	7 %
Clostridium sulfito reducteur	5	0	0 %	14	0	0 %

Le Tableau N° XXIV permet de comparer la qualité bactériologique des eaux de forages et de puits traditionnels, indique que :

- Escherichia et les autres coliformes sont retrouvés dans six puits (43 %) : Quartiers de Sébénikoro (Puits III); Daoudabougou (Puits I); Niamakoro (Puits II) et de Banconi (Puits II, III et IV) alors que dans les forages il n'existe aucun coliforme .
 - Les autres enterobacteries ont été retrouvées dans 4 Puits (29 %) : Quartiers de Sabalibougou, Niamakoro (Puits II) Banconi (Puits I et II) alors que dans les forages aucune enterobacterie n'a été identifiée .
 - Les Streptocoques fécaux ont été retrouvés dans un seul puits (Banconi Puits II).
 - Aucun forage et puits ne renferme de Clostridium .
- Les eaux des forages sont exemptes de germes pouvant engendrer une pollution, mais signalons que ces forages sont tous récents -.

CONCLUSIONS
#####

C O N C L U S I O N S

Le phénomène le plus remarquable dans les Quartiers Périphériques de Bamako est constitué par l'extraordinaire prolifération d'installations illicites de Familles . Véritables dortoirs, ces quartiers accueillent de nombreux migrants ruraux affluant sur Bamako .

Dans ces quartiers démunis d'infrastructures sanitaires, les mesures d'Hygiène sont inexistantes, les déchets solides et même les excréments animaux de toutes sortes jonchent sur le sol . Ce manque d'hygiène et d'assainissement ne fait que favoriser la pollution de l'eau .

L'assainissement et l'approvisionnement en eau potable étant complémentaires, l'adduction d'eau potable, l'évacuation des ordures et la création de latrines devraient être réalisées simultanément .

L'eau, source première de vie autant pour l'homme que pour les animaux et les plantes, est aussi vecteur de nombreuses maladies quand elle ne répond pas à certains critères au point de vue physique, chimique et surtout bactériologique . La surveillance de ces qualités demeure primordiale et fondamentale pour la protection de la santé publique .

Une eau est potable si les contrôles révèlent qu'elle est physiquement, chimiquement, bactériologiquement et parasitologiquement saine et consommable sans pour autant affecter aucunement la santé de l'homme .

Des Normes Internationales ont été établies par l'O.M.S mais elles doivent être adaptées à chaque pays, car les sources d'approvisionnement n'ont pas les mêmes caractéristiques et si l'on tient compte de ce que tous les pays n'ont pas le même niveau de développement .

Un but secondaire du contrôle de l'eau est de déterminer la convenance de cette eau pour les usages domestiques (cuisson, lessive). Les caractères organoleptiques n'apportent certes pas suffisamment de renseignements sur la potabilité de l'eau, mais on peut dire qu'une eau limpide, sans couleur et sans odeur s'avère moins suspecte au plan hygiénique à prime abord .

Notre travail avait pour objectif la description et l'examen critique de l'approvisionnement en eau et surtout de la qualité de l'eau dans les quartiers périphériques de Bamako . En nous attachant à présenter ce problème d'une importance primordiale au plan de la santé publique, nous avons comme ambition d'apporter notre modeste contribution à l'amélioration de la santé et des autres composantes du bien être de la Population .

Nous avons pu dans la première partie mettre l'accent sur certains aspects importants :

- L'insuffisance du système d'approvisionnement en eau et sa précarité; ceci se traduit par la non extension de façon systématique de l'adduction d'eau qui touche surtout la plupart des quartiers périphériques .

- Les quantités d'eau disponible sont sans rapport avec les besoins des populations si l'on se ramène aux normes de l'O.M.S. (l'eau utilisée est fournie par quelques rares sources du réseau Urbain, par des puits traditionnels en général et quelques forages récents).

Dans la deuxième partie de notre travail nous avons après une étude critique, entrepris des investigations physico-chimiques et bactériologiques des eaux et enfin proposé des mesures à court terme. Pour cette deuxième partie les points importants sont :

- Un Bilan des analyses d'eau effectuées dans le laboratoire de Toxicologie et de Bromatologie à l'INRSP de 1975 à 1984 a révélé un pourcentage de pollution des eaux des Puits traditionnels; cette pollution étant de nature diverse .

- Une étude analytique des eaux des quartiers périphériques qui a permis de retenir des données intéressantes à savoir :

* Une température assez élevée (28 - 36°C)

* Un PH acide (5,2 - 6,8) qui pourrait être à l'origine parfois de malaises gastriques .

* Une teneur faible en calcium, magnésium, chlorures et manganèse

* Une teneur : élevée en fer liée probablement à la nature ferrugineuse des couches Géologiques .

* Une teneur élevée en matières organiques surtout pour les Puits traditionnels, expliquant souvent le nombre élevé des germes totaux .

Enfin il faut signaler que les forages ayant fait l'objet d'analyse présentent des caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques acceptables pour la consommation .

Il découle de toutes ces données que les problèmes d'eau demeurent cruciaux pour ces quartiers périphériques . En effet tandis que certains quartiers souffrent de l'existence d'une eau de mauvaise qualité, d'autres sont frappés à la fois par l'insuffisance quantitative et la médiocrité qualitative .

Pour une meilleure amélioration de l'approvisionnement en eau de ces quartiers périphériques des actions s'imposent et concernent :

- La mise en service d'autres ressources en eau, susceptibles de fournir une eau de bonne qualité; notre travail a montré que la réalisation de forages dans les quartiers périphériques de la Commune V (Quartiers de Daoudabougou, Sabalibougou, Torokorobougou) est à encourager, car l'alimentation en eau de bonne qualité d'un quartier constitue une réalisation importante et les effets sont immédiats sur les conditions de vie de la Population .
- La protection et l'entretien des sources existantes .
- L'extension durable d'adduction d'eau aux zones périphériques dépourvues d'infrastructures .
- La création d'un organisme de surveillance de la qualité de l'eau dans les quartiers périphériques qui repose sur :
 - * l'inspection régulière des points d'eau
 - * l'enregistrement des maladies à transmission hydrique
 - * les contrôles périodiques de laboratoire (physico-chimique et bactériologique) .
- L'éducation sanitaire et l'assainissement du milieu (il faut que les collectivités prennent conscience des risques liés à la pollution de l'eau afin qu'elles adhèrent aux actions d'assainissement) .
- Une enquête socio-sanitaire .

Cette enquête permettra de préciser le comportement des Populations vis à vis de l'eau; d'identifier les sources de pollution secondaires (protection de surface du point d'eau, son environnement immédiat, moyens d'exhaure, transport et recueil de l'eau) .

Les modestes suggestions que nous venons de formuler ne sont qu'une contribution parmi les nombreuses que nous espérons voir fleurir, au moment où l'humanité entière se mobilise à l'occasion de la Décennie Internationale de l'eau potable et de l'assainissement (DIEPA), afin que chaque Homme dans chaque Pays puisse trouver sans difficulté en Quantité et Qualité suffisantes, l'élément par Excellence de Promotion de la Santé : l'Eau .

BIBLIOGRAPHIE

- N° 1 - CHEVAL (A.). - Désinfection des eaux de consommation, étude technique de synthèse, Paris 1982 .
- N° 2 - COX (R.). - Techniques et contrôle du traitement des eaux; O.M.S. , Genève 1967 .
- N° 3 - DEGREMONT. - Mémento technique de l'eau 8eme Ed Paris 1978 .
- N° 4 - 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 61 P .
- N° 5 - DOUMBIA (S.). - Bamako et sa Region; les Atlas Jenne Afrique Mali, Ed J.A 1980 P 58-59 .
- N° 6 - IGOR (R.). - La Décennie : pas seulement une question de pompes et de tuyaux, Santé du Monde, O.M.S 1983
- N° 7 - LECOQ (R.). - Manuel d'analyses alimentaires et d'expertises usuelles Ed Doin Deren et Cie, Paris 1965 P 711-816 .
- N° 8 - MAMMO (A.). - Approvisionnement en eau dans les régions rurales des Pays en voie de développement, 1980 P 17-23 .

///.....///.....//

- N° 9 - O.M.S. - Eau potable et Assainissement 1981-1990; vers une meilleure santé Genève 1981 .
- N° 10 - O.M.S. - Normes Internationales pour l'eau de boisson 3eme Ed Genève 1972 .
- N° 11 - O.M.S. - Surveillance de la qualité de l'eau de boisson; OMS, Genève 1977 .
- N° 12 - OUENDENO (P.P.) et COLL. - Fluorose dentaire et teneur des eaux en fluorures dans la région de Kaohack Afr méd 1982, 21,200 (317-326) .
- N° 13 - PETRIK (M.). - L'organisation des enquêtes hydrologiques; quelques aspects de la protection des eaux contre la pollution. Cahiers de Santé Publique N°13. OMS Genève P 41-54 .
- N° 14 - RODIER (J.). - L'analyse chimique et physico-chimique de l'eau; eaux naturelles, eaux usées 3eme Ed Dunod; Paris 1966 .
- N° 15 - RODIER (J.) et ALL.- L'analyse de l'eau : eaux naturelles eaux résiduaires, eaux de Mer 5eme Ed Dunod; Paris 1976 .
- N° 16 - SANOOGO (M.). - Analyses physico-chimiques d'eaux de puits de la Ville de Bamako : extension à des eaux résiduaires et à l'épuration par lagunage naturel; Mémoire Chimie, Bamako 1982 49 P .

//.....///.....//

- N°17 - SAWYER (CN.) et MC CARTY (PL.). - Chemistry For Sanitary engineers 2eme Ed, Water and wastewater analysis P 285-486 .
- N°18 - TANDIA (C.T.) et COLL. - Deuxième atelier National sur la Planification des activités de la "Décennie Internationale de l'eau potable et de l'Assainissement (DIEPA)" Bamako 1984 .
- N°19 - TANON (M.M.) et RICHEL FILLS (C.H.). - L'alimentation indigène dans les Colonies Françaises; Protectorats et Territoires sous Mandant Ed Vigot Frères Paris 1933 P 46-59 .
- N°20 - TAPSOBA (R.A.). - Approvisionnement en eau potable de la Ville de Ouagadougou (RÉP. Haute Volta), Thèse de Pharmacie Dakar 1983 N°2 .
- N°21 - THERESE (L.). - Alimentation en eau potable d'une grande ville Ouest Africaine : Dakar; Thèse de Pharmacie Dakar 1983 N°27.
- N°22 - ANONYME. - Registres des Mairies des Communes I,IV,V.VI
- N°23 - ANONYME. - Registres du Laboratoire de Toxicologie et de Bromatologie (INRSP) -./.-

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 des 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.
