

MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE

UNIVERSITE DE BAMAKO

Faculté de Médecine de Pharmacie et
d'Odonto-Stomatologie

REPUBLIQUE DU MALI
Un Peuple –Un But – Une Foi

Année universitaire 2004-2005

N °.....

LES EAUX RESIDUAIRES DES TANNERIES ET DES TEINTURERIES :
Caractéristiques physico-chimiques, bactériologiques
et
impact sur les eaux de surface et les eaux souterraines

THESE

Présentée et soutenue publiquement le 01/07/2005 devant le jury de la Faculté
de Médecine, de Pharmacie et d'Odonto-stomatologie

par

Mlle MOUSSA MOUMOUNI DJERMAKOYE Hamsatou

Pour obtenir le grade de Docteur en Pharmacie

(DIPLOME D'ETAT)

JURY :

Président :	Professeur Amadou DIALLO
Membre :	Mme MAIGA Fatoumata SOKONA Mme COULIBALY Salimata DIARRA
Directeur de thèse :	Gaoussou KANOUTE

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

ANNEE UNIVERSITAIRE 2004-2005

ADMINISTRATION

DOYEN : MOUSSA TRAORE – PROFESSEUR

1^{er} ASSESSEUR : MASSA SANOGO – MAITRE DE CONFERENCES

2^{ème} ASSESSEUR : GANGALY DIALLO – MAITRE DE CONFERENCES AGREGE

**SECRETAIRE PRINCIPAL: YENIMEGUE ALBERT DEMBELE – MAITRE DE
CONFERENCES AGREGE**

**AGENT COMPTABLE: MADAME COULIBALY FATOUMATA TALL-
CONTROLEUR DES FINANCES**

LES PROFESSEURS HONORAIRES

Mr Alou BA	: Ophtalmologie
Mr Bocar SALL	: Orthopédie Traumatologie Secourisme
Mr Souleymane SANGARE	: Pneumo-phtisyologie
Mr Yaya FOFANA	: Hématologie
Mr Mamadou L. TRAORE	: Chirurgie générale
Mr Balla COULIBALY	: Pédiatrie
Mr Mamadou DEMBELE	: Chirurgie Générale
Mr Mamadou KOUMARE	: Pharmacognosie
Mr Mohamed TOURE	: Pédiatrie
Mr Ali Nouhoum DIALLO	: Médecine Interne
Mr Aly GUINDO	: Gastro-Entérologie

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

D.E.R. CHIRURGIE ET SPECIALITES CHIRURGICALES

1. PROFESSEURS

Mr Abdel Karim KOUMARE	: Chirurgie Générale
Mr Sambou SOUMARE	: Chirurgie Générale
Mr Abdou Alassane TOURE	: Orthopédie Traumatologie, Chef de D.E.R
Mr Kalilou OUATTARA	: Urologie
Mr Amadou DOLO	: Gynéco-obstétrique
Mr Alhousseini Ag MOHAMED	: O.R.L.

2. MAITRES DE CONFERENCES AGREGES

Mr Abdoulaye DIALLO	: Ophtalmologie
Mr Djibril SANGARE	: Chirurgie Générale
Mr Abdel Kader TRAORE dit DIOP	: Chirurgie Générale
Mr Abdoulaye DIALLO	: Anesthésie –Réanimation
Mr Gangaly DIALLO	: Chirurgie Viscérale
Mr Mamadou TRAORE	: Gynéco-obstétrique

3. MAITRES DE CONFERENCES

Mme SY Aïda SOW	: Gynéco-obstétrique
Mr Salif DIAKITE	: Gynéco-obstétrique

4. MAITRES ASSISTANTS

Mme DIALLO Fatimata S. DIABATE	: Gynéco-obstétrique
Mr Sadio YENA	: Chirurgie Générale et Thoracique
Mr Filifing SISSOKO	: Chirurgie Générale
Mr Issa DIARRA	: Gynéco-obstétrique
Mr Youssouf COULIBALY	: Anesthésie –Réanimation
Mr Samba Karim TIMBO	: Oto-Rhino-Laryngologie

5. ASSISTANTS CHEFS DE CLINIQUE

Mme Diénéba DOUMBIA	: Anesthésie –réanimation
Mr Mamadou L. DIOMBANA	: Stomatologie
Mr Sékou SIDIBE	: Orthopédie –Traumatologie
Mr Abdoulaye DIALLO	: Anesthésie –Réanimation
Mr Tiéman COULIBALY	: Orthopédie – Traumatologie
Mme TRAORE J. THOMAS	: Ophtalmologie
Mr Nouhoum ONGOIBA	: Anatomie et chirurgie Générale
Mr Zanafon OUATTARA	: Urologie
Mr Zimogo Zié SANOGO	: Chirurgie Générale
Mr Adama SANGARE	: Orthopédie –Traumatologie
Mme TOGOLA Fanta KONIPO	: Oto- Rhino- Laryngologie
Mr Sanoussi BAMANI	: Ophtalmologie
Mr Doulaye SACKO	: Ophtalmologie
Mr Ibrahim ALWATA	: Orthopédie –Traumatologie
Mr Lamine TRAORE	: Ophtalmologie
Mr Mady MAKALOU	: Orthopédie –Traumatologie
Mr Aly TEMBELY	: Urologie
Mr Niani MOUNKORO	: Gynéco- Obstétrique
Mr Tiemoko D. COULIBALY	: Odontologie
Mr Souleymane TOGORA	: Odontologie
Mr Mohamed KEITA	: Oto- Rhino- Laryngologie

D.E.R. DE SCIENCES FONDAMENTALES**1. PROFESSEURS**

Mr Daouda DIALLO	: Chimie Générale et Minérale
Mr Bréhima KOUMARE	: Bactériologie- Virologie (OMS)
Mr Siné BAYO	: Anatomie-Pathologie- Histo-embryologie
Mr Yéya T. TOURE	: Biologie (OMS)
Mr Amadou DIALLO	: Biologie
Mr Moussa HARAMA	: Chimie Organique
Mr Ogobara DOUMBO	: Parasitologie –Mycologie

2. MAITRES DE CONFERENCES AGREGES

Mr Yénimégué Albert DEMBELE	: Chimie Organique
Mr Anatole TOUNKARA	: Immunologie, Chef de D.E.R.
Mr Amadou TOURE	: Histo- embryologie
Mr Flabou BOUGOUDOGO	: Bactériologie- Virologie
Mr Amagana DOLO	: Parasitologie

3. MAITRES DE CONFERENCES

Mr Bakary M. CISSE	: Biologie
Mr Abdourahamane S. MAIGA	: Parasitologie
Mr Adama DIARRA	: Physiologie
Mr Mamadou KONE	: Physiologie
Mr Massa SANOGO	: Chimie Analytique

4. MAITRES ASSISTANTS

Mr Mahamadou CISSE	: Biologie
Mr Sékou F. M. TRAORE	: Entomologie médicale
Mr Abdoulaye DABO	: Malacologie, Biologie Animale
Mr Abdourahamane TOUNKARA	: Biochimie
Mr Ibrahim I. MAIGA	: Bactériologie-Virologie
Mr Moussa Issa DIARRA	: Biophysique
Mr Kaourou DOUCOURE	: Biologie
Mr Bouréma KOURIBA	: Immunologie
Mr Souleymane DIALLO	: Bactériologie-Virologie
Mr Cheik Bougadari TRAORE	: Anatomie-Pathologie
Mr Lassana DOUMBIA	: Chimie Organique

5. ASSISTANTS

Mr Mounirou BABY	: Hématologie
Mr Mahamadou A. THERA	: Parasitologie
Mr Mangara M. BAGAYOKO	: Entomologie Moléculaire Médicale
Mr Guimogo DOLO	: Entomologie Moléculaire Médicale
Mr Abdoulaye TOURE	: Entomologie Moléculaire Médicale
Mr Djibril SANGARE	: Entomologie Moléculaire Médicale
Mr Mouctar DIALLO	: Biologie-Parasitologie
Mr Bokary Y. SACKO	: Biochimie

D.E.R. DE MEDECINE ET SPECIALITES MEDICALES

1. PROFESSEURS

Mr Abdoulaye Ag RHALY	: Médecine Interne
Mr Mamadou K. TOURE	: Cardiologie
Mr Mahamane MAIGA	: Néphrologie
Mr Baba KOUMARE	: Psychiatrie, Chef de D.E.R.
Mr Moussa TRAORE	: Neurologie
Mr Issa TRAORE	: Radiologie
Mr Mamadou M. KEITA	: Pédiatrie
Mr Hamar A. TRAORE	: Médecine Interne
Mr Dapa Aly DIALLO	: Hématologie
Mr Moussa Y. MAIGA	: Gastro-Entérologie-Hépatologie

2. MAITRES DE CONFERENCES AGREGES

Mr Toumani SIDIBE	: Pédiatrie
Mr Bah KEITA	: Pneumo-Phtisiologie
Mr Boubakar DIALLO	: Cardiologie
Mr Somita KEITA	: Dermato-Leprologie
Mr Abdel Kader TRAORE	: Médecine Interne
Mr Siaka SIDIBE	: Radiologie
Mr Mamadou DEMBELE	: Médecine Interne

3. MAITRES ASSISTANTS

Mr Mamady KANE	: Radiologie
Mme Tatiana KEITA	: Pédiatrie
Mme TRAORE Mariam SYLLA	: Pédiatrie
Mr Adama D. KEITA	: Radiologie
Mme SIDIBE Assa TRAORE	: Endocrinologie
Mme Habibatou DIAWARA	: Dermatologie

4. ASSISTANTS CHEFS DE CLINIQUE

Mr Bou DIAKITE	: Psychiatrie
Mr Bougouzié SANOGO	: Gastro-Entérologie
Mr Saharé FONGORO	: Néphrologie
Mr Bakoroba COULIBALY	: Psychiatrie
Mr Kassoum SANOGO	: Cardiologie
Mr Seydou DIAKITE	: Cardiologie
Mr Mahamadou B. CISSE	: Pédiatrie
Mr Arouna TOGORA	: Psychiatrie
Mme DIARRA Assétou SOUCKO	: Médecine Interne
Mr Boubacar TOGO	: Pédiatrie
Mr Mahamadou TOURE	: Radiologie
Mr Idrissa CISSE	: Dermatologie
Mr Mamadou B. DIARRA	: Cardiologie
Mr Anselme KONATE	: Hépto-Gastro-Entérologie
Mr Moussa T. DIARRA	: Hépto-Gastro-Entérologie
Mr Souleymane DIALLO	: Pneumologie
Mr Souleymane COULIBALY	: Psychologie
Mr Daouda K. MINTA	: Maladies Infectieuses
Mr Soungalo DAO	: Maladies Infectieuses

D.E.R. DES SCIENCES PHARMACEUTIQUES

1. PROFESSEURS

Mr Boubacar Sidiki CISSE

: Toxicologie

Mr Gaoussou KANOUE

: Chimie Analytique, Chef de D.E.R.

2. MAITRES DE CONFERENCES AGREGES

Mr Ousmane DOUMBIA

: Pharmacie Chimique

Mr Drissa DIALLO

: Matières Médicales

3. MAITRES DE CONFERENCES

Mr Boukassoum HAIDARA

: Législation

Mr Elimane MARIKO

: Pharmacologie

4. MAITRES ASSISTANTS

Mr Benoît KOUMARE

: Chimie Analytique

Mr Alou KEITA

: Galénique

Mr Ababacar MAIGA

: Toxicologie

Mr Yaya KANE

: Galénique

5. ASSISTANTS

Mme Rokia SANOGO

: Pharmacognosie

Mr Saïbou MAIGA

: Législation

Mr Ousmane KOITA

: Parasitologie Moléculaire

Mr Boubacar TRAORE

: Immunologie-Pharmacologie

D.E.R. DE SANTE PUBLIQUE

1. PROFESSEUR

Mr Sidi Yaya SIMAGA

: Santé Publique, Chef de D.E.R.

2. MAITRES DE CONFERENCES AGREGES

Mr Moussa A. MAIGA

: Santé Publique

3. MAITRE DE CONFERENCES

Mr Sanoussi KONATE

: Santé Publique

4. MAITRES ASSISTANTS

Mr Bocar G. TOURE

: Santé Publique

Mr Adama DIAWARA

: Santé Publique

Mr Hamadoun SANGHO

: Santé Publique

Mr Massambou SACKO

: Santé Publique

Mr Alassane A. DICKO

: Santé Publique

5. ASSISTANTS

Mr Samba DIOP	: Anthropologie Médicale
Mr Seydou DOUMBIA	: Epidémiologie
Mr Oumar THIERO	: Biostatistique

6. CHARGES DE COURS ET ENSEIGNANTS VACATAIRES

Mr N'Golo DIARRA	: Botanique
Mr Bouba DIARRA	: Bactériologie
Mr Salikou SANOGO	: Physique
Mr Boubacar KANTE	: Galénique
Mr Souleymane GUINDO	: Gestion
Mme DEMBELE Sira DIARRA	: Mathématiques
Mr Modibo DIARRA	: Nutrition
Mme MAIGA Fatoumata SOKONA	: Hygiène du milieu
Mr Mahamadou TRAORE	: Génétique
Mr Yaya COULIBALY	: Législation

7. ENSEIGNANTS EN MISSION

Pr Doudou BA	: Bromatologie
Pr Babacar FAYE	: Pharmacodynamie
Pr Eric PICHARD	: Pathologie Infectieuse
Pr Mounirou CISS	: Hydrologie
Pr Amadou DIOP	: Biochimie



*DEDICACES ET
REMERCIEMENTS*

A DIEU LE TOUT PUISSANT

A travers ce travail je te glorifie pour ton Amour, ta Générosité, ta Miséricorde sans faille, ton Soutien dans les moments de tribulations et de solitude.

Merci car sans Toi ce travail n'existerait pas.

Au Prophète MOHAMED (PSL)

Ma prière est d'être toujours fidèle à ta parole pour être un modèle.

A mon pays le **NIGER**, ma chère patrie, je te suis dévouée.

Au peuple **Malien** pour toute son hospitalité, sa disponibilité, son humilité et sa tolérance à mon égard.

A mon PERE, COLONEL MOUSSA MOUMOUNI DJERMAKOYE

Ce travail te fait honneur et est le fruit d'énormes sacrifices consentis .Tu nous a toujours soutenus même dans les moments de découragements où nous étions sûrs de ne rien valoir. Tes paroles parfois dures mais réconfortantes nous ont toujours donné du courage pour matière à réflexion et surtout du courage pour tout reprendre.

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

A ma tendre Mère KADIDJATOU MOUSSA DIALLO

Les mots me manquent pour exprimer ce que je ressens, combien sont grands les sacrifices par toi consentis ? Quels sont leurs prix ? Certainement ils sont hors de ma portée, car je ne pourrai même en toute une vie payer ne serait-ce que le millième.

Tu es pour moi ici bas l'incarnation de l'amour, du pardon, de la tendresse et du courage.

Mon vœu le plus cher est que tu trouves dans cette thèse l'accomplissement de tous tes rêves, de tes sacrifices et de tes prières.

Que Dieu te bénisse. **MAMAN JE T'AIME.**

A Maman OUATTARA ADA DIALLO

Merci pour tous les soins prodigues depuis notre arrivée au Mali.

Merci pour l'accueil et l'amour que tu n'as cessé de me donner tout au long de mon séjour. Merci pour les encouragements.

Trouves en ce travail l'expression de ma gratitude, que Dieu tout Puissant t'accorde une longue vie.

A ma maman chérie Madame FOFANA Fanta KABA

A mes sœurs chéries

Fatim, Ami et Rokia OUATTARA à Bamako

Aissatou, Fati et Ramatou DJERMAKOYE à Niamey

Fatou et Mariame Fofana à Bouaké

Votre aide morale ; vos conseils très fraternels ne m'ont jamais fait défaut.

Je tiens ici à vous exprimer ma reconnaissance pour m'avoir entourée d'amour et d'affection, d'avoir toujours été là quand j'avais besoin de vous, de m'avoir toujours soutenu dans mes moments difficiles. Soyons unies pour toujours.

A mes chers frères

Hamadou, Moussa et Oumar OUATTARA à Bamako

Ibrahim, Abdoul-Hayé, Omar, Hamadou et Sidikou DJERMAKOYE à Niamey.

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

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

In Memorium

A mes grand-mères

Feu Hadjia Mouscoura KALIFA et feu Hadjia DOMO

Vous nous avez quittés trop tôt, sachez qu'ici bas vous êtes toujours présentes dans nos mémoires et dans notre amour.

A mon feu cousin Boubacar Sidiki DIALLO

Nous gardons de très bons souvenirs pour le peu de temps que nous avons eu à passer ensemble.

Que Dieu le Tout Puissant vous accueille dans son paradis. AMEN

A mes Tantes

Djebou, Fati, Hadiza, Saleye, Maria, Djije, Hawa, Mouna, Ramou, Fati ,Haoua et Ousseina.

A mes oncles

Issaka, Hamani, Oumarou, Madani, Hassane, Adamou

Feu Sounna, Ali, Idi, Seydou

A mes cousines

Fati Sounna, Poupette, Antou, Mina, Hadiza, Hawaou, Fati, Lili, Hamsatou, Ami, ..

A nièces et neveux

Majo, Aicha, Moussa, Mina, Ida, Tima, Abdoul-Mounir...

Merci pour tout

Remerciement

A la famille **OUATTARA** à Bamako

A la famille **DJERMAKOYE** et **DIALLO** à Niamey

A la famille **PONS** à Bamako, **Mimi PONS** **Merci**

A la famille **SISSOKO** à Bamako

A mes beaux frères Hamadou Bertie, Hama Bako, Hama Saidou**A une amie yolande**

Je ne pourrais jamais oublier les moments agréables que nous avons passés ensemble. Plus qu'une amie tu as été une sœur, une confidente, une complice.

Par ce travail je te témoigne mon amitié et mon affection.

A mes amis Arnaud, Herman ,Achille, Karim

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

Aux docteurs Mariane, Nafi , Salamatou et Didier

Vous n'avez jamais manqué de me soutenir, votre aide m'a été d'un grand apport durant tout mon cycle, soyez rassurées de ma profonde gratitude.

A mes filles : Nadege, Aicha, Mamou, Hadiza, Rekia, Rachida, Salima, Halima, Scheila, Fati, Kadi, Maimouna, Nina je vous adore mes bébés.

A mes amies : Ana, Sanata, Azoumi, Haoussa, Emmanuelle, Ramou, Aminata SISSOKO

A mes copines : Zara, Marie Sidi, Safia, Marlene, Sandrine, Houreratou, A mes promotionnaires : Sory, Aissata, Binta, Judith, Sandrine, Patricia, Mimi, Mustapha, Awami, Diawara, Djeneba, Kodjo, Abdoulaye, Mike, Jamila, Mao, Penda, Walou, Karine, Abba CISSE.

A mes amis : Thierry, Serge, Joel, Willy, Gilles, Maurice, Rene, Lamine, Cheik SOW, Zoria, Abou , Moussa Samaké.

Aux communautés : Nigérienne, Ivoirienne, Camerounaise, Gabonaise, Béninoise et Togolaise.

Sachons toujours garder notre amitié franche et sincère.

A Tonton Sadio SOUMARE , Monsieur Akagni EKINI et Docteur KOITA Ibrahima

Votre aide et soutien morale et financière m'ont permis d'affronter les dures épreuves durant mon cycle. Je vous en suis très reconnaissante.

A tout le personnel du Laboratoire Nationale de la Santé

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

A toute ma promotion

Nous avons passé des temps inoubliables ensemble.

Que Dieu nous réserve de très belles surprises dans notre vie.

A toutes les personnes dont je n'ai pas pu citer les noms mais qui ont participé à l'élaboration de ce travail.



*HOMMAGES AUX
MEMBRES
DU JURY*

A note Maître et Président du Jury

Professeur Amadou DIALLO

- **Professeur agrégé en Parasitologie**
- **Responsable des cours de Zoologie et Biologie animale à la Faculté de Médecine de Pharmacie et d'Odonto-Stomatologie (FMPOS)**
- **Vice Recteur de l'Université de Bamako**

Cher Maître c'est un plaisir que vous nous faites en acceptant de juger ce travail malgré vos multiples occupations.

Votre modestie, votre rigueur scientifique, votre grande pédagogie grâce laquelle vous transmettez vos connaissances et vos qualités de chercheur font de vous un des Maîtres les plus appréciés de la Faculté.

Veillez accepter cher Maître, nos sentiments d'estime de respect et de reconnaissance.

A notre Maître et Juge

Madame COULIBALY Salimata Diarra

- **Administrateur social à la retraite**
- **Présidente de l'Association des Consommateurs du Mali (ASCOMA)**

Nous vous sommes reconnaissants pour votre apport incommensurable dans l'amélioration de la qualité de ce travail. Nous vous prions de bien vouloir accepter l'expression de notre profonde gratitude et notre sincère admiration.

A notre Maître et Juge

Madame MAIGA Fatoumata SOKONA

- **Ingénieur de Génie Sanitaire spécialisée en sciences de l'environnement**
- **Responsable chargée du cour d'hygiène du milieu à la faculté de Médecine de Pharmacie et d'Odonto-Stomatologie (FMPOS)**

Vous nous faites un grand honneur en acceptant de juger ce travail.

Nous n'oublierons jamais votre disponibilité et l'accueil chaleureux que vous nous avez réservés.

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

Trouvez ici l'expression de notre admiration, de notre reconnaissance et de notre respect.

A notre Maître et Directeur de thèse

Professeur Gaoussou KANOUE

- **Professeur de Chimie Analytique**
- **Chef D.E.R. des sciences pharmaceutiques**
- **Directeur Général du Laboratoire Nationale de Santé (LNS)**

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

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

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

Permettez de vous témoigner notre reconnaissance la plus sincère.




SOMMAIRE

Sommaire

<u>Introduction</u>	4
<u>Première partie : Généralités sur la pollution des cours d'eau</u>	9 - 37
<u>Deuxième partie : Notre étude</u>	
I – Présentation du champ d'étude.....	39 - 54
II – Méthodologie	55 - 59
III – Résultats	69 - 90
IV – Commentaires et Discussions	91 -103
Conclusion/Recommandations	105-109
Bibliographie	110-113
Annexe	119

ABREVIATIONS

°C :	Degré Celsius
CEE :	Communauté Economique Européenne
CDN :	Conductivité
DBO :	Demande Biochimique en Oxygène
DCO :	Demande Chimique en Oxygène
DNACPN	Direction Nationale de l'Assainissement et du Contrôle de la Pollution et des Nuisances
MES :	Matières En Suspension
mg/L :	Milligramme par litre
mL :	Millilitre
OMS :	Organisation Mondiale de la Santé
TAMALI-SA :	Tannerie du Mali
STD :	Solides Totaux Dissous.
μS/cm :	Micro siemens par centimètre
W.A.T :	West African Tannery



Introduction
Objectifs

INTRODUCTION

Une eau saine est nécessaire à la vie, à l'hygiène, à la prévention des diarrhées et d'autres maladies d'origine hydrique. Elle constitue aussi le patrimoine d'une nation.

L'eau est une préoccupation constante de toutes les époques et de tous les lieux. Assez souvent quand il y a excès dans le cas d'une inondation ou pénurie en période de sécheresse, l'eau devient une question de vie et de mort. Jadis on s'interrogeait sur la pureté microbiologique des eaux, de nos jours on s'inquiète non seulement de sa qualité microbiologique mais aussi de ses caractéristiques physico-chimiques.

L'eau est également indispensable pour les activités industrielles et commerciales. Le développement industriel et artisanal avec une utilisation excessive d'eau et de produits chimiques dans la fabrication et le traitement de produits finis, constitue une menace sérieuse pour la qualité de l'eau.

La plupart des industries évacuent leurs effluents dans les proches cours d'eaux, pensant les diluer ainsi. Or, comme un spécialiste l'a si bien dit sur Radio France Internationale « la solution de la pollution ne doit pas être la dilution, étant donné qu'il est plus facile de mettre un morceau de sucre dans une tasse de café que de l'en ressortir ».

Dans le même ordre d'idées, déplacer les déchets d'un lieu à un autre ne saurait résoudre le problème d'assainissement. Ces options ne sont que des alternatives provisoires qui ne font que transférer le problème. D'où la nécessité de lutter contre la pollution sous toutes ses formes notamment la pollution des eaux.

L'évacuation non contrôlée de ces déchets liquides par manque de stations d'épuration ou par des stations non opérationnelles, aboutit à la pollution des eaux de surface et des eaux souterraines, véritable danger pour la flore et la faune. Les rejets d'eaux usées constituent donc un élément fondamental en matière de pollution car lieu de nombreuses réactions chimiques et de la reproduction de nombreux vecteurs de maladie.

L'eau transporte les métaux lourds, les insère dans la chaîne alimentaire (poissons, etc..).

Même si ceux-ci sont le plus souvent présents à l'état de traces dans les rejets industriels et artisanaux, ils n'en restent pas moins très dangereux puisque leur toxicité se développe par bioaccumulation dans l'organisme.

L'inquiétude progresse et les contentieux se multiplient, les rejets industriels et artisanaux représentent eux-mêmes un danger de part leurs qualités physico-chimiques et microbiologiques mais aussi pour l'environnement qu'ils contaminent.

Au regard de tout ce qui précède l'assainissement en milieu urbain constitue un véritable problème de santé.

A Bamako à priori le constat est rassurant, l'eau distribuée au robinet est de bonne qualité bactériologique. Les programmes d'approvisionnement en eau dans les villes ont surtout visé à développer les points d'eau (forage, réseaux d'adduction d'eau) sans systématiquement tenir compte du développement des ressources en eau ni de la gestion des eaux usées qui y sont déversées.

Si l'on ne saurait trop insister sur la nécessité d'un approvisionnement suffisant en eau des citoyens, il faut aussi considérer que la pression démographique due à ces populations, l'industrialisation et les contraintes croissantes subies par l'environnement exigent que les politiques de l'eau soient envisagées dans l'optique d'un développement durable.

Les nappes aquifères peuvent s'épuiser et les écosystèmes peuvent être perturbés, il sera impossible de satisfaire les besoins en eau des grandes villes dans les années à venir; des mesures de protection contre la pollution doivent être appliquées en permanence pour que les distributions d'eau ne propagent pas les infections et ne soient pas responsables d'une exposition chronique à des substances nocives. Les rejets industriels et artisanaux sont soumis à des lois, même si la réglementation n'empêche ni les rejets délictueux qui doivent être poursuivis avec la plus extrême rigueur, ni les difficultés issues des petites entreprises du secteur informel.

Pour le Mali il s'agira de l'application des mesures législatives et réglementaires de la protection de l'eau et de l'environnement notamment :

- La loi N° 91-017/AN- RM du 27 Février 1991 fixant le régime des eaux ;
- La loi N° 91-047/AN- RM du 23 Février 1991 relative à la protection de l'environnement et du cadre de vie ;
- La loi N° 92-013/AN- RM du 17 Septembre 1992 portant institution d'un système national de normalisation et de contrôle de qualité
- Le décret N° 95-325/PRM du 14 septembre 1995 portant modalités d'application de la loi N° 91-047/AN -RM du 23 Février 1991 relative à la protection de l'environnement et du cadre de vie.

Notre étude prospective portera sur les eaux résiduaires des tanneries et des teintureries : caractéristiques bactériologiques, physico-chimiques et l'impact sur les eaux souterraines et les eaux de surface.

OBJECTIFS

Objectif général

Evaluer l'impact de la pollution artisanale et de la pollution industrielle sur les eaux de surface et les eaux souterraines.

Objectifs spécifiques

- Identifier les produits chimiques utilisés par les tanneries
- Identifier les colorants utilisés par les teintureries
- Déterminer les produits chimiques impliqués dans la pollution

*Généralités sur la pollution
des cours d'eau*

I – Définition d'eau usée

Une eau usée appelée encore eau résiduaire ou effluent est une eau qui a subi une détérioration après usage .La pollution des eaux dans son sens le plus large est définie comme « Tout changement défavorable des caractéristiques naturelles (biologiques ou physico-chimiques) dont les causes sont directement ou indirectement en relation avec les activités humaines ».[6]

L'aspect des eaux résiduaires fraîches est celui d'un liquide brun gris avec une odeur typique, mais faible .Durant leur transport, ces eaux se modifient d'autant plus vite que la température est élevée ; elles deviennent noires et dégagent une odeur d'œufs pourris, signe de la présence d'hydrogène sulfureux (H_2S), dangereux pour les égoutiers et corrosifs pour le béton et les aciers des égouts. Environ un tiers des matières contenues est en suspension, le reste est en solution.

II – Etude des caractéristiques physiques et chimiques de l'eau.

L'étude ne concerne que les caractéristiques physiques et chimiques qui ont été prises en compte au cours de notre travail.

II- 1 – Le pH

L'eau naturelle pure est neutre c'est à dire pH égal à 7.

Le pH d'une eau représente son acidité ou son alcalinité. Le pH des eaux naturelles est lié à la nature des terrains traversés. Dans la plupart des eaux naturelles, le pH dépend de l'équilibre calco –carbonique :



Les eaux très calcaires ont un pH élevé et celles provenant des terrains pauvres en calcaire ou siliceux ont un pH voisin de 7.

Le traitement de l'eau de boisson peut modifier sensiblement la concentration de l'ion hydrogène, de plus lorsque le pH est supérieur à 8, il y a diminution progressive de l'efficacité de la décontamination microbienne par le chlore. [5]

Le pH est un paramètre important pour définir le caractère agressif ou incrustant d'une eau. Il intervient dans ces phénomènes avec d'autres paramètres comme la dureté, l'alcalinité, la température...

Le pH est un indicateur de la qualité de l'eau.

II – 2 – La température

L'OMS donne une valeur guide concernant la température la limite acceptable est **25°C**. La température de l'eau n'a pas d'incidence directe sur la santé de l'homme.

Lorsqu'elle est élevée la température s'accompagne d'une modification de la densité, d'une réduction de la viscosité, d'une augmentation de la tension de vapeur saturante à la surface, d'une diminution de la solubilité des gaz.

L'augmentation de la température favorise aussi l'auto épuration et accroît la vitesse de sédimentation, ce qui peut présenter un intérêt dans les stations d'épuration. Les élévations de température peuvent être nuisibles pour les poissons, favoriser la mortalité de certaines espèces et le développement d'autres.

II- 3 – La Conductivité

La conductivité de l'eau est une mesure de sa capacité à conduire le courant électrique. La mesure de la conductivité permet d'apprécier rapidement mais très approximativement la minéralisation de l'eau et de suivre son évolution.

Le tableau I établit une relation entre le degré de la minéralisation et la conductivité selon la réglementation française

TABLEAU I: Rapport entre la conductivité et la minéralisation [5]

Conductivité	Minéralisation
0 – 100 $\mu\text{S/cm}$	Minéralisation très faible
100 – 200 $\mu\text{S/cm}$	Minéralisation faible
200 – 333 $\mu\text{S/cm}$	Minéralisation moyenne accentuée
333 – 666 $\mu\text{S/cm}$	Minéralisation accentuée
666 – 1 000 $\mu\text{S/cm}$	Minéralisation importante
> 1 000 $\mu\text{S/cm}$	Minéralisation élevée

II – 4 – Les Solides Totaux Dissous : STD

Ils sont constitués essentiellement par les produits minéraux dissous. Ces corps dissous ont pour origine :

- le lessivage naturel des roches de caractéristiques géologiques différentes ;
- l'apport des eaux usées des villes et unités industrielles.
- la sapidité (le goût et la saveur) de l'eau se présente comme suit :
 - excellente < 300mg/L
 - bonne 300 – 600mg/L
 - passable 600 – 900mg/L
 - mauvaise 900 – 1200mg/L

Selon les normes de rejet des treize (13) pays ; $1000 < \text{TDS} < 2000 \text{ mg/L}$
 (Australie, Belgique, Danemark, France, Grande Bretagne, Hollande, Hongrie,
 Italie, Pologne, Suisse, Canada, Inde, Egypte)

II – 5 – Les sulfates

La plupart des sulfates exceptés ceux du plomb et du baryum, sont hydrosolubles. Cette solubilité est considérée comme permanente bien que certains microorganismes peuvent les réduire en sulfure. Les principales sources de pollution sont :

- Les rejets industriels ;
- L'anhydride sulfureux atmosphérique (SO₂).

II – 6 – Les sulfures

Les sulfures y compris le sulfure d'hydrogène peuvent provenir soit d'eaux usées soit de pollutions industrielles (usines chimiques, papeteries ; tanneries etc.)

Dans les eaux bien aérées et oxygénées, les sulfures se transforment rapidement en sulfates.

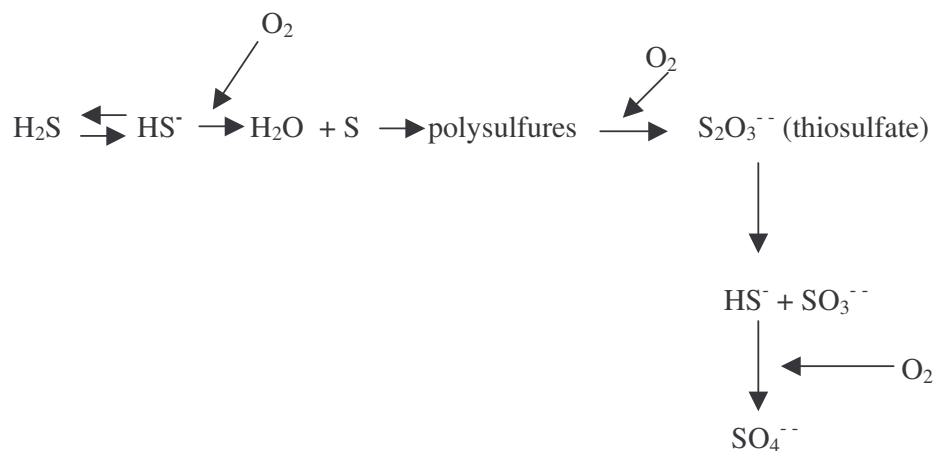


FIGURE N°1: Métabolisme du sulfure d'hydrogène (H₂S) [9]

Les sulfures se trouvent dans bon nombre d'aliments crus ou cuits, à des teneurs qui n'ont pas pu être complètement déterminées selon SEMEGA A.[17]

II – 7 – Le Chrome

Le chrome existe dans la nature sous forme de dérivés en état d'oxydation varié. Le chrome pur obtenu par électrolyse à partir d'iodure de chrome, est un métal de plus en plus utilisé en industrie. Ses dérivés ont de multiples applications chimiques et industrielles. Certains de ses dérivés peuvent entraîner des intoxications aiguës ou chroniques [12].

Les dérivés toxiques

La toxicité du chrome est dominée par son état d'oxydation. Les différents ions sous lesquels le chrome peut se présenter sont :

Valence II : CrO ; anhydride chromeux de type basique qui donne des sels dits chromeux instables.

Valence III : Cr_2O_3 dit sesquioxyde de chrome de type amphotère donnant avec les acides, les sels chromiques bleus et avec les bases, les sels chromiques jaunes

Valence IV : Cr_2O_4 dit peroxyde de chrome.

Valence VI : Cr_2O_6 ou CrO_3 dit anhydride chromique de type acide donnant avec l'eau et les bases : l'acide chromique, les chromates neutres et les bichromates qui sont les sels industriels les plus importants.

Valence VII : Cr_2O_7 dit anhydride perchromique de type acide donnant des dérivés très instables.

Seuls les dérivés de valences III et VI ont un impact sanitaire.

La présence du chrome est le plus souvent liée aux rejets industriels (ateliers de galvanoplastie, de tannage, etc..). Chez l'homme, quelques microgrammes de chrome sont considérés comme utiles pour l'équilibre du métabolisme du glucose, des protéines et des lipides mais ces mécanismes d'action ne sont pas encore totalement élucidés. [19]

Les rapports de l'organisation mondiale de la santé, indiquent que ce métal aurait un effet protecteur contre l'artériosclérose. Les quantités de chrome absorbées par jour varient très largement avec l'alimentation.

D'après les valeurs relevées, l'air des villes contient en moyenne $0,02\text{mg}/\text{m}^3$. Cependant dans les zones fortement industrialisées, des valeurs plus élevées ont été enregistrées. [12]

Le chrome est absorbé à la fois par l'appareil digestif et par l'appareil respiratoire. Les quantités absorbées diffèrent selon l'appareil et selon la valence du chrome. Les intoxications chromiques peuvent entraîner des altérations du tube digestif. Des risques cancérigènes ont été démontrés sur les embryons et les fœtus. Les effets toxiques du chrome trivalent n'ont pas encore été évalués ; son caractère indispensable à l'organisme reste à prouver. Cependant, le caractère toxique du chrome hexavalent est démontré. Le chrome se répartit inégalement et en faibles quantités dans les tissus et les muscles où sa concentration décroît avec l'âge sauf dans le tissu pulmonaire.

Les plus fortes accumulations chez l'homme, se trouvent dans la peau, le foie, les reins et les graisses. L'excrétion se fait essentiellement par les urines (80%) et un peu par les fèces. [12]

II – 8 – Les nitrates et nitrites

Les nitrites et les nitrates sont des composés intermédiaires du processus de nitrification ou de dénitrification. Ils sont associés du fait que la transformation de l'un en l'autre s'opère par des bactéries (nitrobacters) du sol et de l'eau. Les nitrates proviennent de l'oxydation complète de l'azote organique sous l'action de bactéries nitrifiantes et les nitrites de l'oxydation incomplète sous l'action des Nitrosomonas. Les nitrates et les nitrites proviennent généralement de :

- l'utilisation des engrais ;
- l'industrie chimique ;
- l'industrie alimentaire ;

La teneur en nitrates dans l'eau est généralement plus élevée (la valeur norme de l'OMS est de $50\text{mg}/\text{L}$) que celle des nitrites. Une forte concentration en nitrites indique une pollution d'origine organique.

L'intoxication par les nitrites se traduit chez l'homme par :

- une méthémoglobinémie ;

- la formation des nitrosamines.

Les nitrites oxydent l'hémoglobine qui a pour rôle dans l'organisme le transport du dioxygène O_2 , en méthémoglobine. Il y a méthémoglobinémie quand le taux de la méthémoglobine atteint 10% de l'hémoglobine. Elle devient mortelle dès que le taux est supérieur à 20%.

En milieu acide ($pH = 1$ et 5 ; pH stomacal normal) les nitrites réagissent avec les amines primaires, secondaires et tertiaires généralement d'origine alimentaire pour donner des nitrosamines réputées cancérigènes [12]. Les nitrates sont utilisés comme indicateur de pollution. Ils jouent le rôle de fertilisant pour les plantes qui assimilent l'azote sous la forme NO_3^- .

Associés aux phosphates, les nitrates favorisent la croissance parfois exagérée de la flore aquatique, pouvant ainsi entraîner une eutrophisation des fleuves et des lacs.

Nitrates, nitrites et phosphates sont les éléments nourriciers des algues perturbant indirectement la présence d'oxygène qui est consommée par ces derniers. Les nitrites par leur forme réduite sont plus dangereuses que les nitrates.

II – 9 – L'azote ammoniacal : (NH_4^+)

L'azote ammoniacal se présente sous la forme toxique NH_4^+ . Sa présence dans les eaux traduit habituellement un processus de dégradation incomplète de la matière organique NH_4^+ , l'azote ammoniacal se transforme assez rapidement en nitrites et nitrates par oxydation.

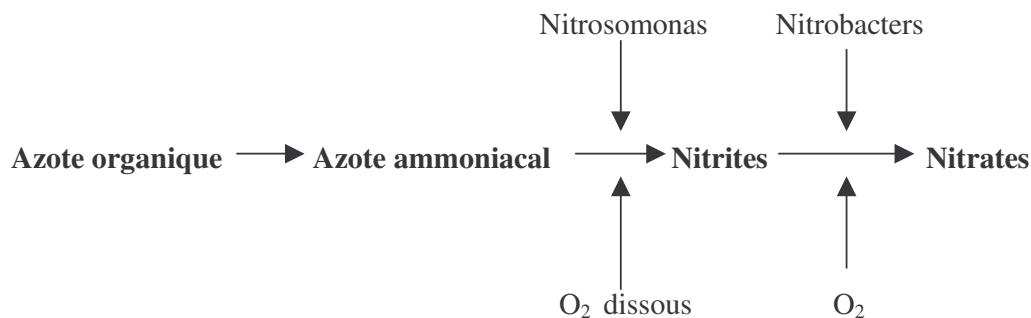


FIGURE II : Oxydation de l'azote ammoniacal

L'azote ammoniacal des eaux superficielles peut avoir pour origine :

- la matière végétale des cours d'eau ;
- la matière organique animale ou humaine ;
- les rejets industriels ;
- les engrais.

Sa présence est rapprochée des autres éléments azotés identifiés dans l'eau : nitrates et des résultats des examens bactériologiques. L'oxydation biologique de l'ammoniaque peut développer des zones aérobies dans certaines parties des réseaux de distribution, provoquant la corrosion des conduites.

L'ammoniaque présente l'inconvénient de nécessiter une augmentation de la consommation en chlore lors de la désinfection. En ce qui concerne la toxicité de l'azote pour la faune piscicole d'eau douce, il est reconnu que ce n'est pas NH_4^+ , mais NH_3 qui est toxique et la dose toxique dépend de la température et du pH. Elle peut être calculée à partir de la formule suivante :

$$|\text{NH}_3| = |\text{NH}_4^+| \times \frac{1}{1 + 10(10^{-\text{PH}} - 0,03t)} \quad ; \quad t = \text{température [16]}$$

II – 10 – Les matières en suspensions : MES

La teneur et la composition minérale et organique des matières en suspension dans les eaux sont très variables selon les cours d'eau. Elles sont fonction de la nature des terrains traversés et de la saison des rejets.

Elles caractérisent la teneur en gramme/litre des éléments non dissous de diverses granulométries transportées par l'eau. Ces matières peuvent être minérales et inertes ou plus ou moins actives vis à vis de l'oxygène.

Cependant des teneurs élevées peuvent empêcher la pénétration des rayons solaires, diminuer l'oxygène dissous et limiter alors le développement de la vie aquatique ; l'asphyxie des poissons, par colmatage des branchies.

D'une façon générale, les matières en suspension interviennent dans la composition de l'eau par leurs effets d'échanges d'ions ou d'absorption, aussi bien sur les éléments chimiques à l'état de traces que sur les micro-organismes.

En particulier, les argiles et les particules organiques ayant, une large surface d'absorption constituent un support idéal pour les ions, les molécules diverses et les agents biologiques. De ce fait, il peuvent constituer un vecteur pour la pénétration de ces produits dans l'organisme.

II - 11 – La Demande Biochimique en Oxygène : DBO

La DBO exprime la consommation naturelle d'oxygène en g/litre des corps contenus dans l'eau, dégradés par les bactéries du milieu par une oxydation. L'oxydation des composés organiques biodégradables par les microorganismes entraîne une consommation de dioxygène (O_2). La mesure de cette demande en oxygène permet d'évaluer le contenu d'une eau en matières organiques biodégradables, donc son degré de pollution ou sa qualité.

La DBO peut-être caractérisée par les besoins des bactéries épuratrices. Cette valeur est d'autant plus intéressante que beaucoup de stations d'épuration épurent par voie biologique. L'évolution de la DBO permet donc en principe de suivre l'efficacité du traitement.

La dégradation des composés glucidiques, lipidiques et protidiques se traduit dans un premier temps, par une décomposition des chaînes carbonées. Celle-ci commence immédiatement dure 20 jours et demande beaucoup de temps. Dans ces conditions il a été retenu conventionnellement d'exprimer la DBO en mg de dioxygène (O_2) consommé pendant 5 jours à 20°C (DBO_5). La DBO_5 indique l'influence probable des eaux usées sur les cours d'eau récepteurs, du point de vue de la réduction de leur teneur en oxygène.

Pour être complète, l'oxydation demande un temps de 21 à 28 jours ; on obtient alors les DBO_{21} et DBO_{28} .

Plusieurs facteurs influent sur la valeur de la DBO :

- Un pH hors de l'intervalle 6,5-8,5 ; la DBO mesurée ne correspond alors qu'à une fraction de la DBO réelle.

- La variation de température affecte tous les processus biologiques.
- Les micro-organismes doivent être en nombre assez suffisant.
- Un milieu pauvre en sels nutritifs (dérivés azotés et phosphatés) entraîne une baisse de la DBO .
- Les substances inhibitrices ont un effet toxique sur l'activité des micro-organismes.

La présence de métaux lourds comme le cuivre, le chrome, le cadmium même en quantité faible peut inhiber l'action des bactéries. La dégradation et la consommation de dioxygène se trouvent dans une relation du premier ordre :

$$DBO_t = DBO_{finale} (1 - 10^{-kt}) \quad (1)$$

Avec k = coefficient moyen du taux de réaction.

t = temps d'incubation ; en jours.

La réaction de la DBO se traduisant dans le flacon d'essai en deux phases avec des vitesses et des amplitudes différentes, la valeur du coefficient k dans l'équation (1) augmentera avec la quantité et la nature des matières organiques présentes dans l'eau usée. Le taux de réaction de la DBO est directement influencé par la température.

La DBO finale est légèrement affectée car l'oxydabilité augmente avec la température ; la relation découlant de la loi de Vant' hoff est : $K_t = K_{20} / \theta^{(t - 20)}$ où $\theta = 1,056$ (constante de Schreofner) (2) pour les températures entre 20° et 30°C.

Le processus d'oxydation représentée par l'équation (1) de la DBO, traduit l'oxydation des matières carbonées :



L'oxydation des matières azotées peut être représentée ainsi :



Dans ce cas, le coefficient de transformation est généralement moindre que celui des matières carbonées. Dans certaines conditions ces deux processus d'oxydation peuvent se produire simultanément.

La DBO finale est la somme des DBO finales des composés carbonés et azotés.

La directive des communautés européennes prévoit pour les eaux superficielles que pour un traitement physique simple et de décontamination microbienne, la valeur guide doit être inférieure à 3mg/L d'O₂, pour un traitement normal physique et chimique avec la décontamination microbienne la valeur guide doit être inférieure à 5mg/L O₂ et que si le traitement précédant est complété par un affinage, la valeur guide doit être 17mg/L d'O₂. Dans un milieu nettement pollué, de faibles valeurs de DBO₅ peuvent être liées à la présence d'éléments toxiques inhibiteurs.

II – 12 – La Demande Chimique en Oxygène : DCO

La DCO correspond à la teneur de l'ensemble des matières organiques que celles-ci aient un caractère biodégradable ou non.

Elle s'exprime par la quantité d'O₂ fournie par le bichromate de potassium et nécessaire à l'oxydation des substances organiques (protéines, glucides, lipides...) présentes dans les eaux résiduaires. Donc en un mot, c'est la demande chimique en oxygène mesurée en g/litre qui exprime la quantité totale d'oxygène nécessaire pour oxyder en présence de permanganate, les substances contenues dans l'eau notamment les éléments chimiques. On a toujours un DCO>DBO car les bactéries ne permettent pas d'oxyder les éléments organiques et chimiques les plus stables.

Cependant, d'une façon générale, les composés azotés ainsi que certains noyaux aromatiques et certaines chaînes aliphatiques peuvent échapper à l'oxydation.

Les différences obtenues par la DCO et la DBO constituent une indication de l'importance des matières organiques peu ou pas biodégradables. Dans le domaine des contrôles routiniers, la mesure de la DBO n'est pas un essai usuel en raison de la longue durée d'incubation nécessaire à l'obtention de résultats significatifs.

Pour des rejets de même origine, on a un coefficient k reliant DBO_5 à DCO avec $DCO = kDBO_5$

Il est donc important d'établir des relations entre DBO, DCO et COT (Carbone Organique Total) pour se faire une idée de la pollution organique.

Considérons d'abord une substance totalement biodégradable comme le glucose. La DBO finale s'établira à environ 90% de la demande théorique en oxygène. Environ 10% des matières organiques initiales finissent leur évolution sous forme d'un résidu cellulaire non biodégradable et ne sont pas mesurées dans la DBO. La DCO mesurera la Demande Théorique en Oxygène (DTO).

Par conséquent pour ces substances on a :

$$DCO = \frac{DBO_{\text{finale}}}{0,90} = \text{DTO (demande théorique en oxygène)}$$

De même il existe une relation entre DCO et COT. Le rapport stœchiométrique DCO/COT d'une eau usée se rapproche du rapport des poids moléculaires du carbone et de l'oxygène.

$$\text{Selon Eckenfelder : } \frac{DCO}{COT} = \frac{32}{12} = 2,66$$

De façon générale, le rapport varie de 1,75 à 6,65. Si ce rapport est supérieur à 1,75 mais inférieur à 6,65 on dit que les substances présentes sont non biodégradables de même,

$$\text{Si } \frac{\text{DBO}}{\text{DCO}} \geq 0,6 \text{ les substances sont dites biodégradables [13]}$$

La directive des communautés européennes prévoit une valeur guide de 30mg/L de dioxygène (Le traitement à appliquer est du type physico – chimique avec décontamination microbienne)

III – Classification des polluants

Selon leur origine, les polluants des eaux de surface se divisent en 3 grands groupes :

Les polluants biologiques ;

Les polluants chimiques ;

Et les polluants radioactifs.

III – 1 – Polluants biologiques

Ils sont constitués d'organismes libres et des agents pathogènes.

III – 1 – 1 – Les organismes libres

Parmi les organismes libres présents dans l'eau, ceux qui importent sont : le plancton et les macro-invertébrés. Les planctons, organismes vivant essentiellement en suspension dans l'eau, se composent de zoo-plancton et de phytoplancton.

Le zoo-plancton est composé de rotifères, cladocères, de copépodes, de vers, de larves de certains insectes aquatiques, tandis que le phytoplancton regroupe les champignons et les algues.

Les larves d'insectes, insectes aquatiques, les crustacées et les gastéropodes constituent la classe des macro-invertébrés. Les macro – invertébrés sont susceptibles de réduire l'efficacité des systèmes de traitement.

Les organismes formant le plancton jouent un rôle important sur la qualité de l'eau. Cependant, ils perturbent le traitement en formant un « bloom » planctonique. Ils produisent des substances toxiques et hébergent des germes pathogènes pour l'homme. Il s'avère que de plus en plus, des substances toxiques produits par certaines algues des réseaux de distribution peuvent avoir des répercussions néfastes sur la santé publique. [12]. La prolifération des algues dans les réseaux d'alimentation en eau peut altérer les qualités organoleptiques et empêcher le traitement en accroissant la demande en dichlore ce qui peut détruire la saveur et l'odeur.

Le développement anarchique des plantes aquatiques (Jacinthe d'eau) dans les cours d'eau entraîne une obstruction des voies de communication, gêne la pêche et constitue un abri et nourriture pour les vecteurs des maladies.

En Inde, aux Philippines et aux USA, des expériences ont montré une corrélation entre une forte concentration d'algues bleues et des épidémies de gastro-entérites chez l'homme. [12]

III – 1 – 2 – Les agents pathogènes

Ils comprennent : les virus, les bactéries, les parasites. Les plus courants sont liés au péril fécal.

III – 1 – 2 – 1 – Les virus

Les virus sont les plus préoccupants en matière de transmission par l'eau des maladies infectieuses. Ce sont essentiellement ceux qui se multiplient dans l'intestin ou entérovirus. Ils pénètrent essentiellement dans l'eau par les effluents des égouts ou la contamination directe par les matières fécales. Les entérovirus peuvent produire un large éventail de syndromes, notamment les éruptions cutanées, la fièvre, les gastro-entérites, la méningite, les affections respiratoires et les hépatites.

III – 1 – 2 – 2 – Les bactéries

▪ *Les coliformes*

Sous le terme de coliformes est regroupé un certain nombre d'espèces bactériennes Gram ⁻ appartenant en fait à la famille des Entérobacteriaceae et dont la caractéristique classique est la fermentation du lactose. Le groupe des coliformes pris dans son ensemble ne présente pas une bonne spécificité ; ce sont des bactéries que l'on trouve dans l'intestin, mais qu'on peut rencontrer aussi dans d'autres environnements.

▪ *Les streptocoques*

Dans la famille des Streptococcaceae bactéries Gram ⁺, catalase ⁻ aérobie-anaérobie facultatif, les streptocoques se distinguent par leur forme coccoïde, leur mode de groupement en paires ou en chaînettes et leur caractère homofermentaire.

Dans ce groupe, les streptocoques fécaux se caractérisent par leur appartenance au groupe sérologique D de LANCEFIELD et par le fait que leur habitat normal étant le tube digestif des animaux à sang chaud.

III – 1 – 2 – 3 – Les parasites

C'est surtout le milieu physique (retenue d'eau, canal etc.) et les caractéristiques physico-chimiques qui créent les conditions propices à la prolifération des vecteurs et hôtes intermédiaires des parasites. Parmi les parasites pathogènes pour l'homme et qui sont transmissibles par l'eau, les plus importants sont les protozoaires et les helminthes.

▪ ***Les protozoaires***

Parmi les protozoaires intestinaux pathogènes pour l'homme et transmissibles par l'eau de boisson, on peut citer : *Entamoeba histolytica*, *Giardia sp* et *Balantidium coli* qui respectivement, transmettent l'amibiase, la giardiase et la balantidiose. Tous ces protozoaires ont été associés à des manifestations épidémiques dues à l'eau de boisson. [7]

▪ ***Les helminthes***

Une grande diversité d'œufs et de larves d'helminthes a été décelée dans l'eau de boisson. Ils ne sont pas nécessairement véhiculés par l'eau. Les helminthes pouvant être véhiculés par l'eau de boisson sont : ***Les Trématodes*** (douves), ***les Cestodes*** (Ténias) et ***les Nématodes*** (vers ronds).

III – 2 – Les polluants chimiques

Ils comprennent les sels minéraux et les composés toxiques. Ce sont des polluants majeurs des cours d'eau par leur abondance et leurs effets biologiques.

III – 2 – 1 – Les sels minéraux

Les plus couramment rencontrés dans la pollution des eaux sont : les nitrates, les phosphates ; les sulfates ; les nitrites ; les carbonates etc...

Les principales sources mises en cause sont :

- les effluents industriels et urbains ;
- le lessivage des terres cultivées renfermant des engrais ;
- la nature des terrains traversés.

La conséquence la plus préoccupante de la pollution par les sels minéraux est le phénomène de l'eutrophisation. Le phénomène de l'eutrophisation se déroule en deux phases :

- au cours de la 1^{ère} phase ; les sels minéraux assurent une grande fertilité du milieu. Les phytoplanctons et les phanérogames se multiplient anarchiquement et les masses végétales mortes vont s'accumuler au fond de l'eau.
- la seconde phase apparaît avec les conséquences néfastes du phénomène. Ainsi les bactéries aérobies assurent la dégradation des matières organiques, il se crée une demande de dioxygène secondaire.

Dans ce cas on parle de pollution caractérisée par une désoxygénation des eaux, sauf dans les parties superficielles où la photosynthèse est active.

III – 2 – 2 – Les composés toxiques

Ils sont soit minéraux soit organiques ; en l'occurrence sulfates, nitrites, nitrates, chrome.

III – 2 – 2 – 1 – Les composés toxiques minéraux

Ce sont essentiellement :

- les métaux lourds (mercure, plomb, zinc, vanadium, chromeVI) ;
- les minéraux d'origine agricole (organochlorés, organophosphorés et organométalliques) ;
- les minéraux d'origine industrielle (cyanures, sulfure, etc.).

III – 2 – 2 – 2 – Les polluants organiques toxiques

Ce sont principalement les pesticides et les détergents.

▪ *Les pesticides*

On désigne généralement sous le nom de pesticides, tous produits utilisés pour lutter contre les organismes qui portent atteinte à la santé publique ou s'attaquant à tous les stades et de toutes les manières aux ressources végétales ou animales nécessaires à l'alimentation humaine, à l'industrie ou encore à la conservation de l'environnement. [19]

D'après leurs usages, les pesticides sont classés de la manière suivante : les insecticides, les fongicides, les nématocides, les rodenticides, les herbicides, les acaricides.

Suivant les caractéristiques chimiques, les pesticides peuvent être classés comme suit dans le cas de l'étude des problèmes d'eau :

- les composés organochlorés, que ce soient des insecticides tels que le dichloro-diphenyl-trichloréthane, lindane ou des herbicides (dérivés chlorés de phenoxyacide acide 2 – 4 dichlorophenoxyacide) ;
- les organophosphorés utilisés comme insecticides tels que le parathion, le malathion
- les composés organiques ou organométalliques dont les molécules comportent des groupements fonctionnels très variés comme les dérivés de l'urée, des triazines employés comme des herbicides, des carbamates et des dithiocarbamates utilisés comme insecticides ou fongicides.

Les sources de pollution sont :

- les industries fabricant les pesticides ;
- l'utilisation des pesticides en agriculture et santé publique ;
- le lessivage par les eaux de pluie des terrains traités

▪ *Les détergents*

On a l'habitude de désigner par détergent (du latin "détergere" : nettoyer), les produits susceptibles de permettre des opérations de nettoyage. Les détergents sont des composés tensioactifs synthétiques dont la présence dans les eaux est due aux rejets d'effluents urbains et industriels. Chaque tensioactif a deux parties : hydrophile et lipophile. Nous avons les surfactifs anioniques.

La plupart sont des produits de nettoyage surtout d'origine pétrolière (alkylsulfates, alkylsulfonates, alkylaurylsulfates) ; les surfactifs cationiques qui possèdent un ou plusieurs groupements fonctionnels une fois en solution aqueuse, fournissent des ions chargés positivement (chlorhydrates d'amines ou dérivés d'ammonium quaternaire) ;

les surfactifs non ioniques constitués par des molécules renfermant des groupements hydroxyles hydrophiles qui ne s'ionisent pas en solution et des groupements lipophiles. Enfin les surfactifs amphotères, ils s'ionisent en fonction du milieu avec les mêmes caractéristiques qu'un agent de surface anionique et cationique.

Les nuisances créées par l'utilisation des détergents sont :

- l'apparition de goût de savon ;
- la formation de mousses qui freinent le processus d'épuration naturelle ou artificielle, concentrent les impuretés et sont susceptibles de disséminer bactéries et virus
- le ralentissement du transfert et de la dissolution du dioxygène dans l'eau, même en absence de mousses, par création d'un film inter facial.

III – 3 – Les polluants radioactifs

Ces paramètres n'ont pas fait l'objet d'analyse par manque de matériels. Il existe plusieurs types de rayonnements :

- les rayons alpha ont un pouvoir de pénétration faible et sont arrêtés par la couche superficielle de la peau ;
- les rayons bêta traversent quelques centimètres de tissus ;
- les rayons gamma sont de nature plus énergétique.

Dans le biotope naturel, il existe une quantité de rayonnement d'origine cosmique ou terrestre. En effet il y a des radioéléments naturels dont l'uranium, le radium, le thorium de la croûte terrestre et des radioisotopes biogènes ^{40}K (potassium) ; ^{14}C (carbone).

Les sources de pollution sont essentiellement les installations nucléaires. La difficulté sur le plan écologique de la pollution radioactive est due au fait que le seul moyen de faire disparaître la radioactivité est de laisser l'élément se désintégrer spontanément. Les radioéléments sont classés en fonction de leur temps de désintégration et de leur capacité d'intégration à la matière vivante :

- les radionucléides à période brève sont moins offensifs car soit ils disparaissent vite (1 à 2 jours), soit ils libèrent de faibles quantités de radiations ;
- les radionucléides à période moyenne sont plus dangereux car ils ont le temps de s'accumuler dans l'organisme et la chaîne trophique, leur période de désintégration va d'une semaine à quelques années.
- les radioisotopes des constituants fondamentaux de la matière vivante. ^{14}C (Carbone) ; ^{32}P (Phosphore) ; ^{40}Ca (Calcium)) sont les plus redoutables parce qu'ils sont biogènes.
- certains éléments radioactifs présentent des similitudes avec les constituants fondamentaux de la matière vivante. Ce sont : ^{137}Cs (Césium) avec le potassium et ^{90}Sr (Strontium) avec le calcium. ^{90}Sr s'accumule dans l'os tandis que ^{137}Cs (Césium) s'accumule dans les muscles et à l'intérieur des cellules.

IV- LES SIGNES CARACTERISTIQUES DE LA POLLUTION

IV - 1 - Les Signes Caractéristiques physiques de la pollution

Ces signes sont les particules en suspension, les pellicules flottantes d'huiles et de substances similaires, les dépôts de particules de graisses. On reconnaît les eaux polluées par la turbidité, la température, l'odeur, la saveur, le pH, la teneur en oxygène dissous. Les substances insolubles contiennent quelques fois des substances organiques, celles-ci entrent en état de putréfaction en provoquant la formation de pellicules flottantes de boues. L'eau polluée n'est en général pas claire et est souvent marquée par une odeur nauséabonde.

\

IV - 2 – Les signes caractéristiques chimiques de la pollution

Les signes chimiques de la pollution sont la valeur de la demande biochimique en oxygène (DBO), la valeur de la demande chimique en oxygène (DCO), la teneur en azote ammoniacal, la concentration en substances toxiques et en substances radioactives.

IV - 3 – Les signes caractéristiques biologiques de la pollution :

Les signes biologiques sont le fait d'une eutrophisation caractérisée par un "bloom" aussi bien planctonique que les plantes et animaux supérieurs.

V – LES NORMES

V – 1 – Normes de qualité des eaux brutes

Généralement les eaux brutes utilisées pour la production d'eau de consommation humaine sont des eaux de surface ou eaux superficielles. L'eau brute doit obéir aux normes définies par la réglementation en vigueur.

Au Mali, il n'existe pas de normes de qualité des eaux brutes ; par contre des textes législatifs sont adoptés contre la pollution dont elles peuvent faire l'objet. Mais malheureusement ces mesures législatives qui existent ne sont pas appliquées intégralement. L'une des principales sources d'approvisionnement en eau potable du Mali est le fleuve Niger qui joue un grand rôle dans l'économie nationale. La protection du fleuve Niger est indispensable à l'amélioration de la santé publique ; donc l'adoption de normes s'impose.

Dans le cadre de notre étude, nous nous intéressons aux éléments physico-chimiques qui ont fait l'objet d'analyse. Nous donnons ci – dessous les normes françaises, qui peuvent être des références (extrait du décret du 3 janvier 1989 notifié par décrets du 10 avril 1990 et du 7 mars 1991 en France)

TABLEAU II : Qualité des eaux brutes utilisées pour la production d'eau destinée à la consommation humaine.

Paramètres	Limite acceptable
Température °C	25
PH	-
MES mg mg/L	-
TDS mg/L	-
Chrome mg/L	0,05
NH ₄ ⁺ mg/L	4
Sulfures mg/L	-
Sulfates mg/L	250
DCO mg/L	-
DBO ₅ mg/L	-
Nitrates mg/L	50

TABLEAU III : Qualité des eaux de surface.

(Extrait du décret du 3 janvier 1989 modifié par les décrets du 10 avril 1990 et du 7 mars)

Concentration en mg/L	Directive européenne	Application en droit français des directives européennes Q=charge polluante de rejet–valeur guide
Température	-	30°C
PH	-	5,5 – 8,5
MES	-	35 si Q>15kg/j si non 100
TDS	-	-
Chrome	0,05	si Q>5g/j
Ammonium	0,05	-
Sulfures	-	-
Sulfates	250	-
DCO	-	125 si Q>100kg/j si non 300
DBO ₅	-	30 si Q>30kg/j si non 100
Nitrates	50	-

V – 2 – Les Normes de rejet

V – 2 – 1 – Normes Maliennes

Des textes législatifs sont adoptés dans le cadre de la pollution des eaux, dont :

- la loi N°91 –017/AN – RM du 27 février 1991 fixant le régime des eaux.(confère annexe N°)

Elle stipule dans son article 21 que "sont interdits les déversements directs ou indirects des eaux usées dans les eaux du domaine public et qui sont susceptibles de porter atteinte au milieu naturel, à la santé publique à celle des animaux et des plantes, à la flore et à la faune aquatique".

- le décret N°95 – 325/P– RM du 14 septembre 1995 portant modalités d'application de la loi N°91047/AN – RM du 23 février 1991 précise dans ses articles 7, 8 et 9 que le déversement des ordures, de déchets toxiques, des eaux résiduaires industrielles sous quelque forme que ce soit est strictement interdit dans les cours d'eau, les caniveaux, les lacs, les étangs, sur les rives ou les proximités et dans les eaux destinées à la réalisation des nappes d'eaux souterraines.
- Le décret n°01-395/PRM du 6 septembre 2001 portant modalités de gestion des eaux usées et des gadoues.

Les eaux usées engendrées par des travaux artisanaux, industriels et miniers doivent être obligatoirement traitées avant déversement de façon à éviter la pollution des eaux de surface et des eaux souterraines. En ce qui concerne les normes de rejet, nous avons utilisé le projet de normes maliennes ci – dessous tirées des sources de la Direction Nationale de l'Assainissement du Contrôle de la Pollution et des Nuisances (DNACPN), mais ne sont pas encore en vigueur.

TABLEAU IV : Les valeurs indicatives extrêmes et moyennes des normes de rejet de 13 pays : Australie, Belgique, Danemark, France, Grande Bretagne, Hollande, Hongrie, Italie, Pologne, Suisse, Canada, Inde, Egypte

Paramètres	Valeurs indicatives Extrêmes
Température °C	30 – 65
PH	5 – 10
Matières en suspension (MES) mg/L	20 – 100
Solides totaux dissous mg/L	< 1000 – 2000
Chrome mg/L	0,2 – 50
NH ⁺ ₄ mg/L	0,1 – 30
Sulfures mg/L	0 – 10
Sulfates mg/L	1500
Demande chimique en oxygène (DCO)mg/L	75 – 120
Demande biochimique en oxygène (DBO) mg/L	5 – 60

TABLEAU V : Projet de norme malienne de rejet des eaux usées : Paramètres et valeurs admissibles

N°	Paramètres	Valeurs limites admissibles
01	PH	6.5 – 9.5
02	Température (°C)	≤ 40
03	Couleur	Le déversement ne doit provoquer aucune couleur du milieu récepteur
04	Odeur	Le déversement ne doit pas provoquer de modification du milieu récepteur
05	Matières flottantes (> à 1 cm)	Absence
06	Matières décantables (mg/L)	<0,5 après 2 heures de décantation
07	Matières en suspension (mg/L)	≤ 30
08	Demande biochimique en oxygène pendant 5 jours DBO ₅ (mgO ₂ /L)	≤ 50
09	Demande chimique en oxygène DCO (mgO ₂ /L)	≤ 150
10	Oxygène dissous	> 6mg O ₂ /L

N°	Paramètres	Valeurs limites admissibles
11	Aluminium (mg/L)	≤ 1
12	Arsenic (mg/L)	≤ 0,5
13	Cadmium (mg/L)	≤ 0,02
14	Chrome III (mg/L)	≤ 2
15	Chrome VI (mg/L)	≤ 0,2
16	Fer (mg/L)	≤ 2
17	Manganèse (mg/L)	≤ 2
18	Mercure (mg/L)	≤ 0,005
19	Nickel (mg/L)	≤ 2
20	Plomb (mg/L)	≤ 0,2
21	Cuivre (mg/L)	≤ 0,1
22	Etain (mg/L)	≤ 10
23	Zinc (mg/L)	≤ 0,5
24	Cyanure (mg/L)	≤ 0,5
25	Chlore (mg/L)	≤ 0,2
26	Sulfures (mg/L)	≤ 1
27	Sulfites (mg/L)	≤ 1
28	Sulfates (mg/L)	≤ 1000
29	Chlorures (mg/L)	≤ 1200
30	Fluorures (mg/L)	≤ 6
31	Phosphore (mg/L)	≤ 10
32	Azote ammoniacal (NH₄mg/L)	≤ 15
33	Nitrates (mg/L)	≤ 30
34	Nitrites (mg/L)	≤ 0,6
35	Huiles et graisses (animales + végétales (mg/L)	≤ 20
36	Huiles minérales (mg/L)	≤ 5
37	Phénols (mg/L)	≤ 0,5
38	Solvants aromatiques (mg/L)	≤ 0,2
39	Solvants azotés (mg/L)	≤ 0,1
40	Solvants chlorés (mg/L)	≤ 1
41	Surfactifs (mg/L)	≤ 2

N°	Paramètres	Valeurs limites admissibles
42	Pesticides organochlorés (mg/L)	≤ 0,05
43	Pesticides organophosphorés (mg/L)	≤ 0,1
44	Coliformes totaux (MNP/100 mL)	≤ 20.000
45	Coliformes fécaux (MNP/100 mL)	≤ 12.000
46	Streptocoques fécaux (MNP/100mL)	≤ 2000
47	Salmonelles par 100 mL	Aucune
48	Clostridium par 100 mL	Aucune
49	Conductivité µS/cm	≤ 2500

Par souci de comparaison nous avons aussi fait recours aux valeurs indicatives extrêmes des normes de rejet des treize (13) pays suivants : Australie, Belgique, Danemark, France, Grande Bretagne, Hollande, Hongrie, Italie, Pologne, Suisse, Canada, Inde et Egypte.



Notre étude

I- PRESENTATION DU CHAMP D'ETUDE

I-1 Les Tanneries

Le cuir est un produit dérivé des activités d'abattoir pouvant être transformé en produit fini très varié. Pour chaque produit fini, le procédé de tannage peut être différent et la quantité de déchets peut énormément varier. Nous assistons à une extension des activités de tannage au chrome dans les pays sahéliens à forte dominance éleveurs comme le Mali, parce que c'est le procédé le plus répandu pour le tannage à grande échelle, car il agit rapidement et produit un cuir doté des propriétés physiques et chimiques désirées. La création des industries de transformation des cuirs et peaux appelées Tanneries, va entraîner le tannage de la peau et du cuir par des produits chimiques de plus en plus concentrés, élaborés et prêts à l'emploi tels que le baychrome, mais dont la toxicité est irrévocable. Les produits naturels traditionnellement utilisés, les dérivés des plantes ont disparu (les tannins végétaux).

Les opérations auxquelles sont soumis les peaux et les cuirs sont des sources de pollution. En plus des produits chimiques utilisés elles nécessitent des quantités importantes d'eau : pour une tonne de peaux 1500 litres d'eau pour la première étape le pré-tannage, 2200 litres d'eau pour la deuxième étape le tannage... Les eaux résiduaires qui en résultent sont déversées dans le fleuve. Les fortes concentrations des eaux résiduaires en sel et de sulfure d'hydrogène affectent la qualité de l'eau et peuvent lui donner un mauvais goût, une odeur désagréable et une diminution de l'oxygène dissout.

Les corps en suspension (chaux, poils, déchets d'écharnage...) rendent l'eau de surface turbide, s'installent parfois au fond et créent des conditions défavorables à la vie aquatique. Les eaux usées des tanneries minérales déversées auront des effets pervers sur la productivité du sol et peuvent le rendre stérile.

Il est possible de traiter les eaux usées efficacement avant de les déverser dans le fleuve .Les deux tanneries à Bamako : TAMALI-SA et WEST AFRICAN TANNERY possèdent chacune une station d'épuration.

Notre étude a pour but d'évaluer le degré de pollution tout en mesurant l'efficacité de ces stations d'épuration.

I-1-1 Présentation de West African Tannery SA (W. A. T)

West African Tannery SA est située dans la zone industrielle (côté Sud) face à Balingué II. Il a été créé le 20 juillet 1993 par l'Arrêté N°93/4189 du 16 juillet 1993 en République du Mali, sous l'appellation Tannerie de l'Afrique de l'Ouest (T.A.O), elle a pour activités, le tannage des peaux (ovins et caprins) et l'exportation des cuirs.

L'usine fonctionne 24 heures sur 24 heures réparties entre trois (3) groupes soit huit (8) heures de travail par jour pour chacun des groupes.

➤ Structure des locaux

L'administration est assistée de 6 sections dirigées par des chefs de section :

- section des produits chimiques ;
- section peaux brutes ;
- section I et II qui s'occupent des opérations de prêtannage et de tannage
- section III qui s'occupe des opérations de postannage ;
- la section maintenance ;

En plus des bâtiments abritant la direction, West African Tannery (W.A.T) comprend :

- un atelier de maintenance ;
- une salle de peaux brutes ;
- une salle de produits chimiques ;
- un hall dans lequel se déroulent toutes les opérations de transformation de la peau brute en cuir ;
- un atelier de séchage.

➤ **Le réseau d'alimentation en eau**

West African Tannery dispose de deux réseaux d'alimentation en eau :

- un réseau d'eau potable ou réseau extérieur alimenté par l'EDM (Energie du Mali) ;
- le réseau d'eau souterraine ou réseau interne alimenté par deux forages implantés dans l'enceinte de l'usine. Ce réseau interne est uniquement utilisé pour la fourniture d'eau nécessaire aux opérations de traitement des peaux.

➤ **Le système d'évacuation des eaux usées à W.A.T**

✓ **Les eaux vannes**

Ce sont les eaux provenant des douches et toilettes. Ces eaux sont évacuées dans une fosse septique. Cette fosse une fois remplie, est aspirée par les camions et déversée ensuite dans des espaces vides en dehors de la ville ou sur des terres cultivables.

✓ **Eaux usées industrielles**

Les eaux usées provenant des procédés de transformation de la peau en cuir sont collectées dans un réservoir d'homogénéisation situé au flanc du hall. Ce réservoir est représenté par un bassin de 380 cm sur 320 cm et de profondeur 250 cm, il est divisé en deux compartiments communicants, muni d'une pompe immergée qui fonctionnait automatiquement suivant le niveau de l'eau usée. Cette pompe était au moment de nos travaux de recherche en panne. Ce réservoir communique avec la station à l'aide d'un drain souterrain.

La station de traitement des eaux usées se compose de :

- **Le décanteur** : Il sert de filtre pour les eaux usées industrielles. Il est constitué d'un grand vase métallique muni de palettes et d'une pompe.

La pompe aspire l'effluent dans le décanteur dont les palettes retiennent les matières organiques en suspension : poils ; résidus de peau et de chair.

- **Le bassin de floculation** : Il permet la prise en masse d'éléments présents dans l'eau résiduaire. Dans ce bassin de 1670 cm sur 1250 cm avec une profondeur de 3m, l'effluent est traité avec de la chaux éteinte $[Ca(OH)_2]$. La boue se dépose au fond du bassin et le surnageant coule vers les bassins de maturation.
- **Les bassins de maturation** : Constitués de trois bassins disposés à la chaîne et de même dimension ;565 cm sur 350 cm et 300 cm profondeur 3m, ils permettent l'aération des eaux.
- **Le système filtrant** :
Il est composé de deux bassins filtres de dimensions respectives :
 - filtre I : 425 cm sur 300 cm, pour une profondeur de 3m
 - filtre II : 300 cm sur 150 cm pour profondeur de 3m.

C'est un système contigu aux bassins de maturation et permettant l'épuration bactériologique des eaux avant le rejet dans le fleuve.

Le Filtre 1 comprend :

Une première colonne de décantation;

Un compartiment de pierres poreuses ;

Un compartiment de charbon ;

Un compartiment de moellons

Et une deuxième colonne de décantation;

Le Filtre 2 comprend :

Une première colonne de décantation;

Un compartiment de sable ;

et une deuxième colonne de décantation ;

- **Regard de contrôle**

Après filtration, l'eau est évacuée dans un petit bassin ou regard de contrôle grâce à une canalisation. Après le regard de contrôle, l'eau est rejetée dans le fleuve par l'intermédiaire d'un drain souterrain.

Il est à noter que les déchets solides constitués essentiellement de poils, de chair, de morceaux de cuir et de peaux issus de la transformation de la peau en cuir sont ramassés et déposés dans un "coin "de la cour de l'usine et leur évacuation est assurée par la voirie deux fois par semaine.

I-1-2 Présentation de TAMALI – SA

TAMALI – SA est située dans la zone industrielle (côté Sud) contiguë à l'abattoir frigorifique et en face du dépôt de carburant de Schell–Mali- SA. Créée en 1970 comme unité industrielle d'Etat, TAMALI – SA fut cogérée à partir de 1985 par le Mali et la Chine. A partir de 1992 TAMALI – SA a été privatisée et l'administration actuelle en place depuis 2 000 comprend :

- un P.D .G,
- un chef de production ;
- un chef d'atelier et de classement ;
- et un chef d'atelier maintenance.

➤ **Structure des locaux** : TAMALI- SA comprend :

- un bâtiment abritant la direction ;
- une salle de réception et de conservation de peau brute ;
- une salle de produits chimiques ;
- un atelier de maintenance ;
- deux ateliers de transformation de la peau

➤ **Réseau d'alimentation en eau**

TAMALI SA : dispose de deux réseaux d'alimentation en eau :

- un réseau d'eau potable ou réseau externe alimenté par l'EDM. (Energie du Mali)
- un réseau d'eau non potable pour les travaux de transformation de la peau, alimenté par les eaux du fleuve Niger à l'aide d'un château d'eau.

➤ **Le système d'évacuation des eaux usées**

✓ **Les eaux vannes**

Ces eaux usées provenant des douches et des toilettes sont évacuées dans des fosses septiques qui sont évacuées par les camions et déversées ensuite dans des espaces vides en dehors de la ville .

✓ **Les eaux usées industrielles :**

Les eaux usées industrielles provenant du processus de transformation de la peau en cuir sont écoulées vers la station de traitement qui se compose comme suit :

- **Un collecteur** : c'est un bassin d'homogénéisation dans lequel les effluents provenant des deux ateliers de transformation de la peau sont collectés. Il est équipé de deux pompes servant à aspirer les effluents des deux ateliers et de deux grilles, un à l'entrée et l'autre à la sortie d'ouverture de mailles respectifs 2cm^2 et 1cm^2 .
- **L'entonnoir** : Edifice de 300 cm de largeur 150 cm et longueur et 200 cm de profondeur, il permet un drainage des effluents du collecteur grâce à une pompe .Dans l'entonnoir, l'effluent ne subit aucun traitement, il coule directement dans le bassin de floculation et de décantation.
- **Le bassin de floculation et de décantation**

D'une profondeur de 80cm, il mesure 1550 cm de longueur sur 1200 cm de largeur; un mur ralentisseur muni de trous d'écoulement le divise en deux compartiments. Il assure la prise en masse des éléments en suspension dans les effluents .A l'entrée du bassin sont placés des sacs de sulfate d'aluminium. $[\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3]$ Au fond du bassin se forment des particules solides (flocs) et l'effluent passe à travers le ralentisseur avec une vitesse assez faible et entre dans le bassin de filtration par un creux situé à 60cm du fond.

▪ **Le bassin de filtration :**

Il a les mêmes dimensions que le bassin de floculation et contient deux couches, l'une de charbon et l'autre de gravier de 20cm d'épaisseur chacune. Il constitue une première barrière d'épuration. L'effluent filtré coule dans le bassin de traitement à partir d'un trou situé à 45cm du fond.

▪ **Le bassin de traitement :**

Il a les mêmes grandeurs que les deux précédents. Il est utilisé pour l'épuration bactériologique des eaux. Le traitement des eaux se fait à ce niveau avec de l'eau de javel avant d'être acheminé vers le fleuve.

I-1-3 Les procédés technologiques de transformation de la peau en cuir à W.A.T et à TAMALI -SA.

W.A.T. et TAMALI -SA sont fournies en peaux (ovins, caprins et bovins) :

- Principalement par le Mali à travers des commerçants grossistes de peaux. Ces grossistes sont approvisionnés à leur tour par des chevillards de façon individuelle ou collective.
- Secondairement par la Mauritanie et le Niger. A la réception, les peaux sont classées suivant la provenance, l'espèce animale et la qualité.

Le prix des peaux varie selon l'espèce animale et la qualité :

- La peau fraîche de bovin est vendue à 3 500F CFA l'unité ;
- La peau fraîche d'ovin est vendue à 1000F CFA l'unité ;
- La peau fraîche de caprin est vendue à 800F CFA l'unité ;
- Les peaux sèches d'ovins et de caprins sont respectivement vendues à 500 Francs et 350 Francs l'unité.

W.A.T et TAMALI - SA utilisent les mêmes procédés de transformation de la peau en cuir. Ils utilisent les mêmes produits chimiques.

Le traitement des peaux en cuir fini fait intervenir une série d'opérations à la chaîne impliquant plusieurs processus physiques et chimiques.

➤ Les opérations de pré-tannage

✓ Le découpage

Après réception, tri et collecte, les peaux sont débarrassées des extrémités pour faciliter l'écharnage.

✓ Trempage

Il consiste à mettre la peau déshydratée (peau séchée) pour conservation dans un volume d'eau connue à 30°C et pouvoir éliminer le sang, les protéines solubles. Les produits utilisés à cette étape sont constitués par le Tanacide à 0,25% et le Tansel à 0,22%. La durée moyenne est de douze (12) heures environ.

Pour les peaux fraîches le processus commence au niveau de l'ajout de Tansel LP qui est un détergent (savon).

✓ Epilage

C'est l'élimination du poil et de l'épiderme suivi d'un défibrage de la peau. Pour cette étape, cent(100) à cent cinquante (150) Kg de sulfure de sodium et cinquante(50) à soixante (60) Kg de chaux éteinte sont utilisés.

✓ Echarnage

Il consiste à éliminer le tissu sous cutané les graisses et les chairs adhérant encore à la peau. Cette opération s'effectue grâce à l'action mécanique d'un cylindre à lame coupante. A ce niveau on n'utilise ni eau ni produits chimiques.

✓ Déchaulage –confitage

Le déchaulage est une opération qui consiste à éliminer la chaux. Le confitage encore appelé traitement enzymatique de la peau lors de la fabrication du cuir, est destiné à parfaire l'élimination des résidus de façon à donner à la peau une structure perméable. Divers produits sont utilisés à cette étape : peroxyde d'hydrogène, sulfate d'ammoniaque, Rindex, sel marin, Tansel

➤ **Les opérations de Tannage**

✓ **Picklage / Tannage**

Le picklage est l'acidification de la peau afin de permettre la pénétration de la matière tannante. Le tannage est la stabilisation du collagène par blocage des sites actifs hydrophiles. A ce niveau, l'acide formique (0,4%) est utilisé pour le picklage. Pour le tannage, le Baychrome A (3%), le Salcromo (3%) et le bicarbonate de sodium à 0,5% sont utilisés.

Les processus de trempage et d'épilage se font dans les moulinettes. Par contre le déchausage/ confitage et le picklage / tannage se déroulent dans les tonneaux. A la fin du picklage / tannage, on obtient un cuir coloré en bleu encore appelé "Wet-blue".

➤ **Les opérations de post – tannage**

✓ **Essorage**

C'est une opération mécanique qui consiste à extraire l'eau du cuir en bleu à l'aide d'uneessoreuse;

✓ **Dérayure :**

Elle consiste à donner au cuir coloré en bleu l'épaisseur voulue à l'aide d'un cylindre à lames coupantes.

➤ **La finition** : (A West African Tannery).

✓ **Teinture :**

C'est une opération de fabrication du cuir au cours de laquelle on lui confère la teinte désirée par traitement avec des matières colorantes naturelles ou synthétiques. A W.A.T on fait du cuir noir, jaune, vert et du naturel.

✓ **L'Assouplissage**

Il se fait à l'aide d'un cylindre qui tire la peau trempée dans une huile émulsifiante.

✓ **Le découpage**

Il se fait manuellement à l'aide de ciseaux, il consiste à donner au cuir la forme souhaitée.

✓ **Classement et emballage**

Le cuir est classé du 1^{er} au 6^{ème} choix puis emballé.

I-2 Les Teintureries

Les textiles de l'Afrique noire se caractérisent par une grande variété de matériaux, le plus souvent tissés, et par des couleurs chaleureuses. Ils jouent un rôle important dans la vie des différentes sociétés, ne se limitant pas à la seule fonction vestimentaire. La qualité, la dimension et l'ornementation des vêtements révèlent le rang de celui qui les porte. On connaît très mal le passé lointain des différents textiles africains. Actuellement, les plus anciens textiles connus en Afrique noire, ont été découverts en pays Dogon, au Mali. Ils sont vieux d'un millénaire.

Les industries textiles sont caractérisées par leur très grande diversité tant au niveau des matières premières utilisées qu'au niveau des procédés appliqués. De ce fait, les répercussions sur l'environnement sont diverses en passant de la teinturerie à la confection.

Dans les activités de la filature, du tissage et de la confection où l'on n'utilise pas d'eau, les incidences sur l'environnement se situent au niveau de l'air et des déchets solides. Par contre dans les activités d'ennoblissement du textile (désencollage, teinturerie, impression etc.) la quantité d'eau usée est très importante et la pollution de l'air par les agents chimiques volatils peut être non négligeable.

Depuis les années 1975, en plus des textiles du pays Dogon, le tissu <Bazin> a sérieusement influencé l'habillement des populations de la sous Région Ouest Africaine

La teinturerie constituait une source de revenus pour de nombreuses femmes surtout les ménagères. Ainsi pour satisfaire aux besoins des couleurs, la teinturerie s'est installée et très vite a pris de l'ampleur.

Selon une enquête préliminaire informelle conduite par la DNACPN, le nombre de teinturières dans le District de Bamako peut être estimé à environ 300. Dans les banlieues de Bamako leur nombre est aussi important.

Chacune d'elles emploie en moyenne 4 à 6 personnes qui travaillent au moins 2 jours par semaine. Une teinturière utilise environ 1200 litres d'eau par jour soit 1,2 mètre cube (m³) d'eau de teinture. On aura $1,2 \times 2 \times 300 = 720 \text{ m}^3$ d'eau de teinture par semaine.

Ces eaux résiduaires chargées de colorants, d'Hydrosulfite de sodium sont évacuées sans traitement soit directement dans le fleuve par l'intermédiaire de collecteurs principaux, soit déversées sur les voies publiques.

Ainsi elles contribuent d'une part à la dégradation de la qualité de l'eau du fleuve, de la nappe phréatique, et d'autre part à la pollution de l'atmosphère lorsque les eaux usées se dessèchent et se transforment en poussières.

➤ Procédé de transformation du Bazin

✓ Blanchissage

C'est une opération qui s'effectue avant la teinture. Il consiste à tremper le Bazin dans une eau bouillante contenant un produit chimique **l'Hydrosulfite de Sodium Na₂O₄S₂**.

✓ Teinture

Elle s'opère en trempant le Bazin préalablement blanchi dans un mélange de colorants et de l'eau contenus dans un grand bac posé sur du feu de bois. Les colorants sont choisis selon la coloration désirée.

✓ Amidonnage

Cette opération consiste à immerger le Bazin dans un mélange d'eau bouillante avec de l'amidon. Ce dernier est obtenu à partir du manioc séché et pilé. Il donne un aspect brillant au Bazin après lissage.

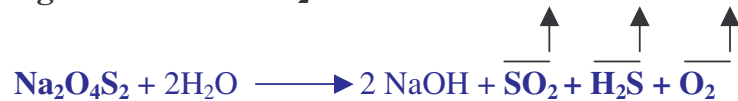
✓ **Lissage**

Après un séchage au soleil, le Bazin est < tapé > vigoureusement à l'aide d'un bout de bois taillé à la forme de fuseau.

➤ **Les produits chimiques utilisés**

✓ **L'Hydosulfite de sodium : Na₂O₄S₂**

C'est un composé chimique dangereusement réactif et inflammable .IL devient spontanément combustible au contact de la vapeur d'eau. La réaction avec l'eau donne deux gaz toxiques **le dioxyde de soufre : SO₂ et le dihydrogène de soufre :H₂S.**



Aspect: solide poudreux ou en cristaux blancs ou jaunâtre à odeur de soufre

Propriétés toxicologiques :

L'absorption par les voies digestives entraîne des nausées des troubles gastriques tels que des vomissements et des diarrhées. Par les voies respiratoires, on note de la toux et difficultés de respiration. On note aussi une irritation des yeux et de la peau.

✓ **Les colorants**

Nous avons deux sortes de colorants : les colorants naturels et les colorants synthétiques. Les colorants synthétiques sont les plus utilisés par les teinturières à Bamako ; mais nous n'avons pu obtenir des renseignements satisfaisants sur leur nom scientifique car ils sont importés sans dénomination officielle, la plupart dans des emballages non originaux. Les vendeurs sont obligés de diluer un peu de poudre pour avoir une idée de la coloration.

Généralités sur les colorants synthétiques

Le premier colorant de synthèse a été découvert par Sir William Henry Perkin en 1856. Il s'agissait de **la Mauvéine**, obtenue à partir du goudron de houille par action de l'Acide Sulfurique H_2SO_4 en présence de Bichromate de Potassium, elle teint la soie en violet.

En 1859, le français Verguin réalisa, à partir de la toluidine, la synthèse de **la fuchsine** ou *rouge magenta* qui servira de base pour l'obtention d'autres colorants.

En 1860 les colorants dits < azoïques > furent découverts en Grande Bretagne. Ils évincèrent rapidement les colorants à l'aniline, dont la résistance à la lumière était faible.

En 1868 l'industrie BASF (Badische Anilin und Soda Fabrik) connut un essor considérable dans la fabrication de colorant. Carl Graebe et Carl Libermann effectuent la synthèse de **l'Alizarine** (rouge vif) principal colorant de la Garance (*Rubia tinctorum*). Ce nouveau produit obtenu a un meilleur coût que son équivalent naturel est plus résistant à la lumière, au lavage et au chlore.

L'année 1883 fut marquée par l'accomplissement de la synthèse de **l'Indigo** qui était auparavant extrait des feuilles des plantes comme l'Indigotier et Isatis, par Adolf Von Baeyer. En 1910 les producteurs d'Indigotiers (*Indigofera*) aux Indes et à Java, ne pouvaient plus lutter contre cette concurrence.

Les colorants absorbent sélectivement certaines radiations du spectre de la lumière blanche, qui apporte aux électrons l'énergie nécessaire pour passer d'un niveau d'énergie à un autre. La couleur observée est complémentaire de celle de la lumière absorbée, cette absorption est due à la composition chimique ainsi qu'à la structure atomique des corps. Elle nous a conduit à l'introduction de la théorie du pouvoir colorant en 1876 par O.N.Witt.

Cette théorie doit son origine à l'observation suivant laquelle les composés colorés se décolorent quand ils réagissent avec l'hydrogène en le fixant. Comme cette hydrogénation se produit dans les régions de la molécule du colorant qui présentent une liaison multiple, Witt déduit que toute molécule colorée doit renfermer des groupes d'atomes insaturés responsables de la couleur, les groupes chromophores. Il s'agit des dérivés éthyléniques, carbonyles, nitrosés ou nitrés.

En plus des groupes insaturés, les corps colorés doivent renfermer également des groupes salifiables qui permettent leur fixation sur les substrats. Les groupes auxochromes qui sont des groupes basiques ou acides capables de modifier la couleur du colorant.

En 1897, R.K.Nietzi en se fondant sur l'observation de la coloration des quinones, suggère que les colorants doivent renfermer un noyau quinoïde. Dans cette même période la notion de groupe chromophore est remplacée par celle d'atome chromophore, insaturé responsable de l'absorption sélective de la lumière. Ceci a permis d'effectuer une classification chimique des colorants.

Selon le groupe chromophore on classe d'abord **les nitrosés**, synthétisés par action de l'acide nitreux HNO_2 sur les phénols, **les nitrés** formés par l'action de l'acide nitreux sur les phénols de couleur jaune ou orangée et **les stilbéniques** (1,2-diphényléthylène) qui sont de teinte jaune ou orangée. Ensuite **les azoïques** obtenus par diazotation des amines aromatiques primaires, cette réaction est suivie de copulation sur une amine ou sur un phénol. Les azoïques forment une gamme étendue de nuance du jaune au bleu, au vert et même au noir ainsi nous avons les pyrazoloniques qui résultent de la copulation de sels de diazonium sur les dérivés de la pyrazolone et les thiazoliques ; jaune à rouge, qui eux naissent de l'action du soufre sur des amines aromatiques.

Les triphénylméthaniques résultent de l'oxydation simultanée de trois amines aromatiques : ce sont des colorants remarquables par leur éclat, ils se fixent facilement sur la laine.

Les xanthéniques rouges ou violets sont dotés d'une grande pureté de nuances et ont un grand pouvoir colorant .

Enfin **les quinoléiniques** ce sont les colorants jaunes, ils comportent le noyau quinoléine. Ce groupe comporte les indophénoliques, obtenus par oxydation de paradiamines ou paraminophénols et d'une amine primaire, les oxaziniques résultant de la cyclisation des précédents, les thiaziniques fabriqués par oxydation de diamines aromatiques en présence de H_2S ont des teintes qui vont du rouge au bleu ; les acridiniques jaunes, oranges ou bruns dérivent de l'acridine et les anthraquinoniques en plus de leurs dérivés hydroxyles (alizarine, purpurine) ont des nuances variées, dépendant du composé métallique utilisé. L'indigo est un colorant de cuve donnant une teinture bleue foncée : les indigoïdes donnent des teintes variées.

II- METHODOLOGIE D'ETUDE

II-1 Lieux de Prélèvement

L'étude a concernée les deux tanneries à Bamako, il s agit de W.A.Tet TAMALI et des Teinturerie par commune. Au cours de notre étude, nous avons choisi pour chaque tannerie :

- Sept (7) points de prélèvement désignés par les lettres A, B, C, D, E , F et G sur les schémas des stations de traitement

- Trois (3) points au niveau du fleuve (amont, point de rejet et aval).

- Quatre (4) points dans les bassins de chaque station de traitement : le collecteur, le bassin de floculation, le bassin de filtration et le regard de contrôle. Les points de prélèvement en amont et en aval sont situés à 100m du point de rejet.

Pour les teintureries nous avons fait environ 9 prélèvements d'eau souterraine aux alentours des teintureries et trois (3) prélèvements au niveau du fleuve pour les teinturières opérant au niveau du fleuve par Commune.

En Août, il n'était pas aisé d'atteindre la profondeur et la distance de la berge requises par les techniques de prélèvement à cause du courant fort. L'embout du canal destiné à évacuer l'effluent des tanneries dans le fleuve était submergé.

II-2 - Prélèvement des échantillons

Nous avons prélevé les échantillons dans des récipients en verre; L'échantillon non analysé est stocké à froid et réchauffé à la température ambiante pour besoin d'analyse.

II -2 - 1 - Eaux usées

Dans les bassins, les prélèvements ont été effectués aux points indiqués sur les schémas à l'aide d'une puisette. Les échantillons sont conservés dans des bidons de un litre et demi préalablement lavés.

II – 2 – 2- Eau du fleuve Niger

Les prélèvements ont été effectués avec les mêmes moyens et précautions d'hygiène que les eaux usées. Les échantillons ont été prélevés à une profondeur d'environ 40cm et à un (1) mètre de la berge pour éviter les phénomènes d'hyponomos. Tous les prélèvements (eaux usées ou eau du fleuve) sont faits à la fréquence d'une fois par mois et par point. Le transport des échantillons a été assuré en voiture dans une glacière. A chaque mission de prélèvements, nous présentions un ordre de mission signé à l'arrivée et au départ de chaque usine par l'autorité en place.

II – 2 – 3 - Eau de puits

Les prélèvements ont été effectués à l'aide des mêmes puisettes utilisées par les femmes après plusieurs plongeurs destinés à brasser l'eau. Les échantillons sont ensuite conservés dans des flacons préalablement lavés.

II – 2 - 4 – Les Lieux d'analyse

Les analyses ont lieu immédiatement après prélèvement au Laboratoire National de la Santé (L.N.S) et au laboratoire de qualité des Eaux (L.Q.E.) de la Direction Nationale de l'hydraulique à cause du nombre d'échantillons. Chacun de ces deux laboratoires étant qualifié dans l'analyse des eaux (usées ou de consommation).

Les caractéristiques physico-chimiques ont été déterminées d'une part en fonction de leur pouvoir indicateur de pollution et d'autre part en fonction des techniques utilisées et des réactifs disponibles dans chaque laboratoire.

II - 3 – Méthodes analytiques utilisées

II - 3 -1 – Les méthodes de détermination des caractéristiques Physiques

II - 3 – 1 – 1 – La température

Elle a été mesurée à l'aide d'un thermomètre au 1/10 de degré, trempé dans l'échantillon pendant cinq (5) minutes. Nous avons mesuré la température au lieu de prélèvement (in situ).

II -3 – 1 – 2 – Le pH

Nous avons utilisé un pH mètre muni d'un électrode préalablement étalonné avec des solutions tampon pH = 4 puis pH = 7. La méthode a consisté à plonger l'électrode dans l'échantillon contenu dans un bêcher dans lequel le barreau d'un agitateur magnétique homogénéise l'échantillon. Après stabilisation de l'affichage sur le cadran du pH mètre, nous avons noté le pH.

II -3 – 1 – 3 – Détermination de la Conductivité et des Solides Totaux Dissous

✓ La Conductivité (CND)

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

La conductivité d'une solution est affectée par la température de la solution. Donc il est nécessaire de lier les mesures de conductivité à une température de référence : 25°C pour l'appareil HACH que nous avons utilisé pour notre étude.

L'unité principale de mesure de la conductivité est le Siemens. Dans les solutions aqueuses on utilise fréquemment le millisiemens/centimètre (mS/cm) ou le microsiemens /centimètre ($\mu\text{S/cm}$).

✓ Les solides totaux dissous

Alors que la mesure de la conductivité exprime la capacité des ions d'une solution à conduire le courant électrique, la mesure des solides totaux dissous (TDS) exprime la concentration en gramme/Litre des divers ions. La sonde de conductivité ne sélectionne pas pour les ions mais mesure la somme totale des concentrations des composants inorganiques de la solution. Le conductimètre HACH du modèle 44 600 conductimètre/TDS utilise le facteur TDS de 0,5 ; cela veut dire que la valeur TDS représente $\frac{1}{2}$ de la valeur de la conductivité.

II -3 - 1 - 4 - Les matières en suspension (M.E.S)

Pour la détermination des matières en suspension (M.E.S) nous avons utilisé la méthode par filtration sur disque filtrant. Il repose sur la séparation des matières en suspension de l'échantillon d'eau.

Le filtre est séché à 105° puis pesé après refroidissement. Le taux des matières en suspension (MES), exprimé en milligramme par litre (mg/L) est donné par l'expression :

$$\text{MES} = \frac{(M_1 - M_0) 1000}{V}$$

Où

V : Le volume en millilitres d'échantillon utilisé ;

M_0 : La masse en milligrammes du disque filtrant avant utilisation ;

M_1 : La masse en milligrammes du disque filtrant après utilisation.

II -3 - 2- Méthode de détermination des caractéristiques chimiques

✓ Méthodes spectrophotométriques

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

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

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

➤ *Préparation du spectrophotomètre DR/2010*

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

➤ *Préparation de l'échantillon*

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

- échantillon à analyser sans réactif ;
- eau déminéralisée ;

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

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

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

➤ *Réglage du zéro de concentration*

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

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

➤ *Mesure de l'échantillon préparé*

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

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

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

Au cours de notre étude, les paramètres chimiques déterminés au spectrophotomètre DR/2010HACH sont :

- les sulfates, les sulfures, le chrome, les nitrites, les nitrates, la demande chimique en oxygène (DCO)

○ **Dosage des sulfates**

Les ions sulfates réagissent avec le baryum du réactif sulfaver 5 et produit un précipité de sulfate de baryum insoluble. La quantité de turbidité formée est proportionnelle à la concentration en sulfates. Le réactif contient aussi un agent stabilisant pour maintenir le précipité en suspension.

Mode opératoire

- remplir la cuve colorimétrique avec 25 ml d'échantillon
- ajouter le contenu du réactif sulfaver 4
- laisser pendant une période de réaction de 5 minutes
- remplir une autre cuve (blanc) avec 25 ml d'échantillon
- placer le blanc dans le puits de mesure. Fermer le capot
- l'affichage indique Réglage à zéro en pressant zéro
- placer l'échantillon préparé dans le puits de mesure, fermer le capot
- presser Read, l'affichage indique lecture puis quelques secondes plus tard le résultat en mg\L de sulfate (SO_4^{2-})

○ **Dosage de nitrites**

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

Nous avons :

- prélevé les échantillons dans des flacons propres en verre ou en plastiques
- stocké à une température inférieure à 4° C.

Mode opératoire

- entrer le numéro de programme mémorisé pour les nitrates
- régler la longueur d'onde
- remplir une cuve 25 ml d'échantillon
- l'affichage indique Régler la longueur d'onde
- ajouter le contenu d'une gélule de réactif Nitriver 3 à la cuve. Agiter pour dissoudre
- presser " Shift Timer " (période de réaction 20 minutes)
- en présence des nitrites une coloration rose se développe
- placer une autre cuve (blanc) dans le puits de mesure. Fermer le capot
- presser zéro l'affichage indique Réglage à zéro
- placer la cuve (échantillon préparé) dans le puits de mesure. Fermer le capot

- *l'affichage indique lecture puis le résultat en mg/L NO_2^- en pressant la touche Read*

- **Dosage des nitrates**

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

Nous avons toujours procédé à l'analyse immédiatement après le prélèvement. Les cas pour lesquels nous avons été empêchés, nous avons stocké à 4°C les échantillons dans des flacons propres en verre ou en plastique au maximum pendant 48 heures pour plus de précautions, nous l'acidifions avec 2ml d'acide sulfurique (H_2SO_4) concentré par litre d'échantillon.

Mode opératoire

- *remplir une cuve avec 25 ml d'échantillon*
- *ajouter le contenu d'une gélule de Nitraver 5 dans la cuve contenant l'échantillon préparé*
- *agiter vigoureusement la cuve pendant une minute puis laisser pendant 5 minutes. En présence de nitrate une coloration ambre se développe*
- *remplir une autre cuve avec 25 ml d'échantillon(le blanc)*
- *placer le blanc dans le puits de mesure, fermer le capot*
- *presser zéro, l'affichage indique Réglage à zéro*
- *placer l'échantillon préparé dans le puits de mesure*
- *presser Read l'affichage indique lecture puis le résultat en mg/L de NO_3^- s'affiche.*

○ **Dosage du chrome hexavalent (Cr⁶⁺)**

Le chrome trivalent dans l'échantillon est oxydé sous la forme hexavalente par l'ion hypobromite en milieu alcalin, l'échantillon est acidifié ensuite.

La concentration totale de chrome est déterminée par le 1,5-phenylcarbohydrazide. Ce réactif réagit pour donner une coloration violette en présence de chrome.

Nous avons prélevé les échantillons dans des récipients en verre ou en plastique lavés à l'acide. Pour conserver les échantillons, nous avons ajusté le pH à 2 avec de l'acide nitrique (environ 2ml/L). Les échantillons ainsi préparés peuvent être stockés au moins 6 mois à la température ordinaire et en faisant l'analyse, nous ajustons le pH à 4 avec l'hydroxyde de sodium 5 ml/L.

Mode opératoire

- *Remplir une cuve avec 25 ml d'échantillon ;*
 - *ajouter le contenu d'un sachet de sachet de réactif chromium1 (échantillon préparé) ; agiter pour mélanger ;*
 - *placer l'échantillon préparé dans un bain marie bouillant pendant 5 minutes ;*
 - *retirer l'échantillon préparé, refroidir la cuve a 25⁰C sous l'eau du robinet ;*
 - *ajouter le contenu d'un sachet de réactif chromium 2, agiter pour mélanger ;*
 - *ajouter un réactif acide puis agiter*
 - *ajouter le contenu d'un sachet de chromaver 3, agiter pour mélanger ;*
 - *laisser pendant 5 minutes ; en présence de chrome une coloration violette se développe ;*
 - *remplir une cuve avec 25 ml d'échantillon blanc, le placer dans le puits de mesure ;*
 - *réglage à zéro en pressant la touche zéro ;*
 - *placer l'échantillon préparé dans le puits de mesure ;*
- presser la touche Read ; l'affichage indique lecture pour le résultat en mg/L de chrome.*

○ **Dosage de la demande chimique en oxygène (DCO)**

Méthode de gestion par réacteur

La demande chimique en oxygène en mg/L est définie comme la quantité d'oxygène en mg d'O₂ consommée par litre d'échantillon.

Pour déterminer la demande chimique en oxygène ; l'échantillon est chauffé deux heures avec un oxydant puissant, le dichromate de potassium.

Les composés organiques oxydables réduisent l'ion dichromate (Cr⁶⁺) en ion chrome Cr³⁺ vert. Le réactif de la DCO contient en plus du dichromate de potassium des sels d'argent et de mercure. L'argent est un catalyseur et le sel de mercure est utilisé pour précipiter les ions chlorures.

Mode opératoire

Nous avons :

- *prélevé les échantillons dans des flacons en verre ;*
- *homogénéisé les échantillons contenant des solides*
- *analysé les échantillons aussitôt ;*
- *traité à l'acide sulfurique l'échantillon non analysé (2ml H₂SO₄ /L) pour obtenir un pH voisin de 2, le stocker réfrigéré à 4° en attendant les autres analyses.*
- *le blanc a été utilisé plusieurs fois pour les mesures utilisant la même eau.*
- *dès que l'appareil affichait "over gamme" nous procédions à la dilution soit au 1/10 ou au 1/100 selon le cas.*

○ **Détermination de la demande biochimique en oxygène (DBO₅)**

L'appareil utilisé pour la mesure de DBO₅ est appareil Oxitop^RWTW. La mesure de la DBO avec le système Oxitop_RWTW est basée sur le principe de la pression. La mesure est faite par des sondes de pression électroniques résistantes. Presser S jusqu'à ce que les valeurs journalières mesurées s'affichent. Passer au jour suivant en pressant à nouveau la touche S pendant que la valeur mesurée s'affiche (5secondes). Un défilé rapide se fait en pressant la touche S de manière répétitive.

Pour la mesure de la DBO, le pH doit être compris entre 6,5 - 7,5. Avec le tableau ci – dessous, on convertit la valeur mesurée affichée (digits) en valeur de DBO (Digits x Facteur = DBO₅mg/L).

TABLEAU VI : Table de conversion

Plage de mesure DBO ₅ (mg/L)	Volume de l'échantillon (ml)	Facteur
0 – 40	432	1
0 – 80	365	2
0 – 200	250	5
0 – 400	146	10
0 – 800	97	20
0 – 2000	43,5	50
0 – 4000	22,7	100

○ **Dosage des chlorures**

Méthode de Mohr

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge caractéristique du chromate d'argent. Pour une prise d'essai de 100ml, la teneur en chlorures exprimée en mg/L de Cl⁻ est calculée avec l'expression :

$[Cl] = V \times m \times 100$; avec m = masse molaire du chlore et V= volume de la solution titrante.

II -3 – 3 – Méthode de détermination des caractéristiques **bactériologiques**

○ **Recherche et dénombrements des coliformes totaux et fécaux**

Le principe consiste à cultiver des coliformes sur un milieu sélectif : le Désoxycholate. Les opérations préliminaires consistent à :

- préparer la gélose Désoxycholate lactose 1⁰/₀₀
- laver, désinfecter ou stériliser tous les outils nécessaires.

Mode opératoire

- *marquer les boîtes de pétri SM (suspension mère), CT (Coliformes Totaux), CF (Coliformes Fécaux) ;*
- *transférer 1 ml de la dilution 10⁻¹ dans la boîte CF*
- *transférer 1 ml de la dilution 10⁻² dans la boîte CT*
- *ajouter dans chaque boîte de pétri environ 12 ml de gélose*
- *fermer la boîte et mélanger la gélose à l'inoculum en faisant des mouvements rotatifs en forme de huit sur la paillasse*
- *laisser solidifier sous la hotte ;*
- *couler à nouveau 4 ml de milieu de façon à former une 2^{ème} couche, puis laisser solidifier*
- *pour le dénombrement des coliformes totaux, placer les boîtes SM et CT à l'étuve à 37° C pendant 24 heures ; les colonies apparaissent rouge violette d'un diamètre d'environ 0,5mm*
- *pour le dénombrement des coliformes fécaux, placer les boîtes SM et CT à l'étuve à 44° C pendant 24 heures ; les colonies apparaissent rouge violette d'un diamètre d'au moins 1 mm*
- *identifier par la coloration Gram (cf. MO-CG-01)*

Calcul

Le nombre de coliformes par gramme d'échantillon est égal au nombre obtenu au comptage multiplié par 50 et 500 respectivement pour les totaux et fécaux.

○ **Recherche et dénombrement des germes aérobies mésophiles**

Le principe consiste à ensemencer l'inoculum sur un milieu gélose PCA et de l'incuber pendant 72 heures à 37° C .

Les opérations préliminaires sont :

- préparer le milieu PCA, l'eau peptonée tamponnée ou tryptone sel ;
- répartir le tryptone sel dans les tubes (9 mL)
- autoclaver les milieux préparés ;
- laver, désinfecter ou stériliser tous les outils nécessaires.

Mode opératoire

- *marquer sur les boîtes de pétri SM 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} ;*
- *transférer 10 ml de la SM dans un tube vide et stérile (dilution 1/5)*
- *transférer 1 ml du tube de la SM dans un tube de tryptone sel ;*
- *fermer et agiter, c'est la dilution 10^{-1}*
- *transférer 1 ml de cette dilution 10^{-1} dans un tube de tryptone sel ;*
- *fermer et agiter, c'est la dilution 10^{-1}*
- *transférer 1 ml de la dilution 10^{-2} dans un tube de tryptone sel ; fermer et agiter : c'est la dilution 10^{-3}*
- *transférer 1 ml de cette dilution 10^{-3} dans cette solution de tryptone sel ;*
- *fermer et agiter : c'est la dilution 10^{-4}*
- *mettre 1 ml de chaque dilution dans les boîtes correspondantes, en commençant par la dernière dilution (10^{-4} et finir par la première 10^{-1})*
- *mettre 0,1 ml de SM dans la bote correspondante ;*
- *transférer dans chaque boîte de pétri environ 15 ml de PCA ;*
- *fermer et mélanger le PCA à l'inoculum en faisant des mouvements rotatifs en forme de huit sur la paillasse ;*
- *laisser le mélange se solidifier sous la hotte ;*
- *placer les boîtes retournées (couvercles en bas) dans l'étuve à 37°C pendant 72 heures*
- *retenir pour le comptage les boîtes contenant environ de 30 à 300 colonies*

Calcul

Boite SM : le nombre de germe par gramme d'échantillon est égal au nombre obtenu au comptage multiplié par 5.

Boite de dilution : le nombre de germes par gramme est égal au nombre obtenu au comptage multiplié par 5 et par le facteur de dilution ($10^1, 10^2, 10^3, 10^4, \dots$)

○ **Recherche des Streptocoques Fécaux**

Les techniques d'analyses sont comparables à celles décrites pour les coliformes avec également la possibilité de réaliser en milieu liquide ou milieu solide.

Dans le cas des eaux il est prescrit de faire successivement un test présomptif en milieu de Rothe et un test confirmatif en milieu Litsky.

Mode opératoire

- Chaque tube contenant 10 ml de milieu de Rothe, dont l'agent sélectif est l'Azothhydrate de sodium, sont inoculés par 1 ml de la suspension mère ou des dilutions décimales. La solution mère est en outre inoculée à raison de 10 ml dans 10 ml de milieu à concentration double ; dans le cas des eaux on préconise d'inoculer cinq (5) tubes par dilution.

Les tubes sont incubés à 37°C pendant 24 heures à 48 heures.

- A la lecture les tubes présentant un trouble microbien sont considérés comme positifs et sont soumis au test confirmatif.

Ce test confirmatif se réalise en milieu de Litsky dont les agents sélectifs sont l'Azothhydrate de sodium et l'ethyl-violet, on agite les tubes de Rothe positifs ; on y prélève une öse bouclée et on transfère sur le milieu Litsky qu'on incube à 37°C pendant 24 heures à 48 heures.

- La présence des streptocoques fécaux se manifeste par l'apparition d'un trouble microbien dans tout le milieu et éventuellement par la formation d'une pastille violette dans le fond du tube (dans ce dernier cas, le trouble du milieu peut être très léger).

III- RESULTATS

Nous avons déterminé les caractéristiques physico-chimiques des eaux usées de chacune des deux usines : TAMALI et W.A.T et de l'eau du fleuve Niger afin d'apprécier leur qualité, les caractéristiques physico-chimiques des eaux usées traitées par les stations d'épuration.

1- Caractéristiques physico-chimiques des échantillons d'eau usée traités par les stations d'épuration .

1 - 1 Caractéristiques physico-chimiques des échantillons d'eau usée traités par la station d'épuration de W.A.T d'avril à août 2004

Les prélèvements ont été faits aux points suivants :

- collecteur ;
- bassin de floculation ;
- bassin de filtration ;
- regard de contrôle.

Les résultats des analyses des prélèvements mensuels sont reportés dans les tableaux suivants :

TABLEAU VII : Caractéristiques physico – chimiques des échantillons dans les bassins de la station d'épuration de West African Tannery (W. A.T) au mois d'avril 2004.

Paramètres	Collecteur	Sortie Bassin de floculation	Sortie Bassin de filtration	Regard de contrôle	Point de rejet	En amont du point de rejet	En aval du point de rejet
PH	8	8	8	8	9	6	6
CND ($\mu\text{S/cm}$)	28 800	2 740	16 100	2 680	1 340	650	320
MES (mg/L)	6 720	1 260	9 490	1 134	943	350	480
Sulfates (mg/L)	1 450	1 345	1 674	1 090	1 020	470	740
Nitrates (mg/L)	815	612	736	106	96	13	61
Nitrites (mg/L)	0	0	0	0	0	0	0
NH_4^+ (mg/L)	1 253	645	1 073	512	145	23	65
Chrome VI (mg/L)	0,45	0,28	0,35	0,25	0,19	0,09	0,10
Chlorure (mg/L)	1 314	665	1 096	609	584	235	450
DCO (mg/L)	345	262	284	194	176	120	135
DBO ₅ (mg/L)	241	131	170	77,6	123	64	81

Au mois d'avril, le pH dans toutes les unités du système d'épuration est supérieur à 7 avec un maximum de 9 noté au point de rejet. Les polluants chimiques voient leurs valeurs baissées tout au long de l'épuration ; mais on note des valeurs à la sortie du bassin de filtration supérieures à celles déterminées à la sortie du bassin de floculation. La demande chimique en oxygène DCO baisse tout au long de l'épuration en passant de 345 mg/L dans le collecteur à 176 mg/L au point de rejet. En amont et en aval du point de rejet la baisse de la DCO est encore enregistrée.

La DBO connaît des valeurs en baisse ; avec 241 mg/L évalué dans le collecteur et 123 mg/L mesurée au point de rejet. Il est noté qu'en aval du point de rejet la valeur de 81mg/L mesurée est élevée en comparaison de celle de 64mg/L mesurée en amont. Elle reste toutefois inférieure à la valeur mesurée au point de rejet.

TABLEAU VIII : Caractéristiques physico – chimiques des prélèvements dans les bassins de la station d'épuration de West African Tannery (W.A.T) au mois de mai 2004.

Paramètres	Collecteur	Sortie Bassin de floculation	Sortie Bassin de filtration	Regard de contrôle	Point de rejet	En amont du point de rejet	En aval du point de rejet
Ph	9	8	9	8	9	6	6
CND ($\mu\text{S/cm}$)	14 300	14 120	29 500	580	10 340	616	84,5
MES (mg/L)	2 400	1 120	1 350	1 050	285	35	66
Sulfates (mg/L)	1 600	326	950	260	184	103	153
Nitrates (mg/L)	160	83	120	105	103	83	94
Nitrites (mg/L)	0,17	0,10	0,14	0,20	0,03	0	0,02
NH_4^+ (mg/L)	102	85	95	90	23	10	24
Chrome VI (mg/L)	0,34	0,15	0,19	0,30	0,30	0,10	0,14
Chlorure (mg/L)	742	432	527	647	520	173	240
DCO (mg/L)	620	345	540	658	452	245	315
DBO ₅ (mg/L)	434	207	323	397	316	171	220

Les valeurs de pH dans les différents bassins oscillent entre 6 et 9 avec la valeur la plus faible mesurée en amont et en aval du point de rejet. La teneur des polluants chimiques baisse dans les eaux résiduares mais on note une élévation de leurs teneurs à la sortie du bassin de filtration. La DCO est plus forte au point du regard de contrôle ; dans le collecteur elle est estimée à 620 mg/L puis elle passe à 658mg/L au regard de contrôle. Elle baisse cependant au point de rejet et atteint une valeur de 452 mg/L. Sa valeur en aval du point de rejet 315mg/L est supérieure à celle retrouvée en amont du point de rejet 245mg/L. Le même constat est fait pour la DBO₅.

TABLEAU IX : Caractéristiques physico – chimiques des prélèvements dans les bassins de la station d'épuration de West African Tannery (W.A.T) au mois de juillet 2004.

Paramètres	Collecteur	Regard de contrôle	Point de rejet	En amont du point de rejet	En aval du point de rejet
PH	10	8	6	6	6
Température °c	30	32	30	28	28
CND (µS/cm)	4 930	3 750	2 600	1 740	2 100
MES (mg/L)	980	740	360	73	150
Sulfates (mg/L)	1 500	1 390	1 200	84	750
Nitrates (mg/L)	75,24	70,84	48,40	13,60	39,52
Nitrites (mg/L)	0,09	0,076	0,035	0,01	0,04
NH ₄ ⁺ (mg/L)	253	195	73	42	66
Chrome VI (mg/L)	0,315	0,306	0,381	0,09	0,28
Chlorure (mg/L)	1 645	1 601	1 320	940	1 050
DCO (mg/L)	1 648	1 386	1 308	560	760
DBO ₅ (mg/L)	1 153	970	876	378	456

Au cours du mois de Juillet, les valeurs du pH de 10 au niveau du collecteur, baisse progressivement du regard de contrôle 8 à 6 au point de rejet. La conductivité passe de 4930 µS/cm à 2600µS/cm au point de rejet, une réduction en amont 1740µS/cm et une légère augmentation en aval avec 2100µS/cm. La DCO et la DBO ne varient pas du collecteur au point de rejet.

TABLEAU X : Caractéristiques physico – chimiques des échantillons des bassins de la station d'épuration de West African Tannery (W.A.T) au mois d'août 2004.

Paramètres	Collecteur	Regard de contrôle	Point de rejet	En amont du point de rejet	En aval du point de rejet
PH	9	9	6	6	6
CND ($\mu\text{S/cm}$)	2 940	2 700	640	1 430	2 080
MES (mg/L)	340	293	246	110	197
Sulfates (mg/L)	1 320	1 240	1 094	620	780
Nitrates (mg/L)	84,8	56,64	49,15	17,63	23,15
Nitrites (mg/L)	0,94	0,810	0,715	0,317	0,413
NH_4^+ (mg/L)	40,63	25,5	17,43	8,46	11,12
Chrome VI (mg/L)	0,45	0,34	0,23	0,09	0,27
Chlorures (mg/L)	1 445	1 340	960	230	540
DCO (mg/L)	267	1 359	791	203	325
DBO ₅ (mg/L)	173	951,3	600	150	188

La valeur du pH ne change pas du collecteur au regard de contrôle, elle diminue au pt de rejet et se stabilise. Une réduction des teneurs en polluants chimiques est observée en passant du collecteur au point de rejet et en amont. Les valeurs en aval sont toujours plus importantes que celles en amont. Les valeurs des DBO et DCO changent par ordre très croissant du collecteur respectivement de 267mg/L et 173mg/L au regard de contrôle à 1359mg/L et 951,3mg/L puis ensuite décroissent du point de rejet en aval.

TABLEAU XI : Caractéristiques physico-chimiques des échantillons dans les bassins de la station d'épuration de TAMALI – SA au mois d'avril 2004.

Paramètres	Collecteur	Sortie Bassin de floculation	Sortie Bassin de filtration	Regard de contrôle	Point de rejet	En amont du point de rejet	En aval du point de rejet
PH	9	8	8	8	6	6	6
Température °C	32	30	31	29	28	27	27
CND (µS/cm)	9 300	7 420	3 156	2 740	2 850	1 780	2 050
MES (mg/L)	75,40	67,80	35,60	33,40	42,50	26,40	32,20
Sulfates (mg/L)	1 450	1 674	1 345	1 090	1 020	740	570
Nitrates (mg/L)	204	195	84	63	58	28	47
Nitrites (mg/L)	0,94	0,74	0,65	0,69	0,70	0,53	0,66
NH ₄ ⁺ (mg/L)	97	64	56	53	62	19	34
Chrome VI (mg/L)	1,45	0,93	0,45	0,32	0,32	0,15	0,34
Chlorure (mg/L)	1 950	1 740	1 360	1 305	1 450	750	1 340
DCO (mg/L)	245	192	164	160	144	97	130
DBO ₅ (mg/L)	122	115,3	98,4	120	86,4	67,9	76

La valeur du pH diminue au cours de l'épuration ; elle est égale à 9 dans le collecteur mais au niveau du point de rejet, elle est égale à 6. Les taux de polluants chimiques baissent au cours de l'épuration mais on note une augmentation du taux de sulfates à la sortie du bassin de filtration ; il passe de 1450 mg/L dans le collecteur à 1674 mg/L à la sortie du bassin de floculation. Les valeurs de la DBO₅ et de DCO sont décroissantes durant le temps d'épuration. En aval du point de rejet, ces valeurs sont élevées en comparaison de ceux mesurées en amont.

Cependant il faut noter que le taux de la DBO₅ 120mg/L mesuré au point de regard de contrôle est supérieur à celui mesuré à la sortie du bassin de filtration 98,4mg/L.

TABLEAU XII : Caractéristiques physico-chimiques des échantillons dans les bassins de la station d'épuration de TAMALI – SA au mois de mai 2004.

Paramètres	Collecteur	Sortie Bassin de floculation	Sortie Bassin de filtration	Regard de contrôle	Point de rejet	En amont du point de rejet	En aval du point de rejet
PH	10	9	8	8	8	6	6
CND ($\mu\text{S/cm}$)	40 500	14 800	14 750	13 950	11200	8100	9520
MES (mg/L)	53,50	42,70	35,80	69,50	11,50	4,20	6,43
Sulfates (mg/L)	1 750	1 650	1 534	1 300	1 120	120	350
Nitrates (mg/L)	132	250	79	53,4	48,7	26,4	32,7
Nitrites (mg/L)	0,83	0,75	0,66	0,66	0,60	0,30	0,45
NH_4^+ (mg/L)	163	147	104	104	95	23	42
Chrome VI (mg/L)	2,50	1,40	0,45	0,85	0,63	0,10	0,32
Chlorures (mg/L)	2 300	1 840	1 650	1 540	1 520	107	620
DCO (mg/L)	164	250	194	175	164	140	153
DBO ₅ (mg/L)	121	163	135	105	98	95,2	56

Le pH au mois de mai est élevé et équivaut à 10. Elle décroît progressivement et atteint une valeur de 8 au point de rejet .La concentration en polluants chimiques baissent après chaque étape du processus d'épuration. Néanmoins il faut noter que la concentration des nitrates a presque doublée du collecteur à la sortie du bassin de floculation en passant de 132mg/L à 250mg/L. La valeur de la DCO obtenue à la sortie du bassin de floculation est supérieure à celle obtenue à l'entrée du collecteur.

TABLEAU XIII : Caractéristiques physico-chimiques des échantillons dans les bassins de la station d'épuration de TAMALI – SA au mois de juillet 2004.

Paramètres	Collecteur	Regard de contrôle	Point de rejet	En amont du point de rejet	En aval du point de rejet
PH	10	9	6	6	6
CND ($\mu\text{S/cm}$)	3 480	3150	2 350	650	1 400
MES (mg/L)	172	169	43	15	26
Sulfates (mg/L)	1 400	1320	1 010	625	743
Nitrates (mg/L)	124	106	101	32	53
Nitrites (mg/L)	0,09	0,01	0,06	0,02	0,03
NH_4^+ (mg/L)	115	94	89	23	56
Chrome VI (mg/L)	1,36	1,03	1,02	0,08	0,54
Chlorures (mg/L)	1 640	1523	1 250	540	850
DCO (mg/L)	215	197	197	104	166
DBO ₅ (mg/L)	150	138	153	72,8	105

Le pH a très peu varié au cours de l'épuration mais elle chute en passant de 9 au regard du contrôle à 6 au point de rejet. Les concentrations des polluants chimiques mesurées entre le collecteur et le point de rejet ont très peu varié. Le même constat est fait pour la DCO. La DBO au point de rejet est élevée par rapport au regard de contrôle.

TABLEAU XIV : Caractéristiques physico-chimiques des échantillons dans les bassins de la station d'épuration de TAMALI – SA au mois d'août 2004.

Paramètres	Collecteur	Regard de contrôle	Point de rejet	En amont du point de rejet	En aval du point de rejet
PH	7	8	6	6	6
CND ($\mu\text{S/cm}$)	2 306	2803	1 590	946	1 460
	113	105	65	27	43
MES (mg/L)					
Sulfates (mg/L)	1 320	1270	746	301	540
Nitrates (mg/L)	74,36	73,61	26,40	23,56	32,47
Nitrites (mg/L)	0,07	0,66	0,05	0,02	0,08
NH₄⁺ (mg/L)	36,50	32,40	16,45	09,10	13,40
Chrome VI (mg/L)	0,24	0,22	0,09	0,03	0,07
Chlorures (mg/L)	340	285	197	23	56
DCO (mg/L)	581	317	282	72	87
DBO₅ (mg/L)	406	305	169	31	48

Le pH égal à 7 au collecteur est passé à 8 au regard de contrôle puis a chuté à 6 au point de rejet. Les proportions des polluants chimiques ont baissé entre le collecteur et le point de rejet, mais on note cependant que la concentration de Nitrites de 0,07mg/L au collecteur est passée à 0,66mg/L au regard de contrôle puis a chuté à 0,05mg/L au point de rejet. La DBO et la DCO ont considérablement baissé du collecteur au point de rejet.

TABLEAU XV : Comparaison de l'effluent de West African.Tannery (WAT) aux normes de rejet.

Paramètres	Avril	Mai	Juillet	Août	Novembre	Norme de Rejet (mg/L)
PH	8	8	8	9	6,44	6,5 – 9,5
MES (mg/L)	1134	1050	740	293	205	≤ 30
CND (µS/cm)	2680	14580	3750	2700	1281	≤ 2500
sulfates(mg/L)	1090	260	1390	1240	700	≤ 1000
Nitrates (mg/L)	106	105	70,84	56,64	44,4	≤ 30
NH ₄ ⁺ (mg/L)	512	90	195	125,5	-	≤ 15
Chrome VI (mg/L)	0,25	0,30	0,30	0,34	0,29	≤ 0,2
DCO (mg/L)	194	658	1385	1359	0	≤ 150
DBO ₅ (mg/L)	77,6	397	970	951	0	≤ 50

Le pH constant en Avril, Mai et Juillet augmente en Août et diminue en Novembre. Les teneurs en matières en suspension demeurent élevés d'Avril en Juillet baissent en Août et en Novembre. Les concentrations en Chrome hexavalent augmentent périodiquement on passe de 0,25 en Avril à 0,34 en Août et 0,29 en Novembre. Nous assistons à une augmentation de la DBO et de la DCO alors qu'elles étaient inexistantes en Novembre DCO égale 0 donc la DBO est aussi égale à 0. Tous les résultats des paramètres analysés de l'effluent de W.A.T.sont nettement supérieurs aux normes de rejet.

TABLEAU XVI : Comparaison des effluents de TAMALI – SA aux normes de rejet.

Paramètres	Avril	Mai	Juillet	Août	Novembre	Normes de Rejet (mg/l)
PH	8	8	9	9	6,21	6,5 – 9,5
CND $\mu\text{s/cm}$	2740	13950	3150	2803	3340	2500
MES. (mg/L)	33,40	69,50	169	105	113	≤ 30
sulfates(mg/L)	1090	1300	1320	1290	856	≤ 1000
Nitrates (mg/L)	63	53,4	106	73,61	48,4	≤ 30
NH_4^+ (mg/L)	53	100	94	32,40	-	≤ 15
Chrome VI (mg/L)	0,32	0,36	1,03	0,22	0,40	0,2
DCO (mg/L)	160	175	197	317	0	≤ 150
DBO ₅ (mg/L)	120	105	138	195	0	≤ 50
Nitrites (mg/L)	0,60	0,66	0,01	0,06	0,132	$\leq 0,6$
Chlorures (mg/L)	1360	1540	1523	285	-	≤ 1500

Les valeurs du pH en Août et Juillet sont supérieures à celles d'Avril, Mai et surtout en Novembre. L'effluent présente des valeurs élevées en MES de 33,40 en Avril nous obtenons en Juillet 169 mg/L. Le taux de chrome hexavalent important en Avril, Mai et Juillet baisse aux mois d'Août et Novembre. Les valeurs de la DBO et de la DCO augmentent progressivement d'Avril en Août et sont nulles en Novembre .Nous notons des teneurs très élevés en chlorures dans l'effluent de TAMALI en Juillet et Août.

Analyses Bactériologiques

En vue d'évaluer bactériologiquement la qualité de l'eau du fleuve et de celles des eaux usées des deux tanneries, nous avons fait des analyses bactériologiques dont les résultats sont portés dans les tableau ci après .

TABLEAU XVII : Caractéristiques bactériologiques dans les bassins de traitement de West African Tannery (WAT) en Mai 2004.

Paramètres	Collecteur	Sortie bassin de floculation	Sortie bassin de filtration	Regard de contrôle	Point de rejet	En Amont du point de rejet	En aval du point de rejet	Normes de rejet
Coliformes	450000	232000	203 000	203 000	180 000	13 000	23 000	≤ 12 000
Fécaux /100mL								
Coliformes	640000	327000	217 500	217 500	206 000	15 000	26 000	≤ 20 000
Totaux /100mL								
Germes aérobie	1600000	1100000	1052000	1052000	1017000	845 000	945 000	—
Mésophiles/100 mL								
Streptocoques Fécaux/100mL	+	+	+	+	+	+	+	≤ 2 000

Le nombre de coliformes totaux et fécaux est importante au niveau du collecteur et diminue de moitié à la sortie du bassin de floculation. Leur proportion baisse progressivement jusqu'au point de rejet .Ce nombre dépasse les normes de rejet. La proportion en germes aérobie mésophiles passe de 1600000 à 845000 au point de rejet.

TABLEAU XVIII : Caractéristiques bactériologiques dans les bassins de traitement de West Africain Tannery – (WAT) en Juillet 2004

Paramètres	Collecteur	Regard de Contrôle	Point de rejet	En amont du point de rejet	En aval du point de rejet	Normes de rejet
Coliformes	250000	250000	100000	20000	50 000	≤ 12 000
Fécaux /100ml						
Coliformes Totaux /100mL	2 720000	2 720000	220000	90 000	120000	≤ 20 000
Germes aérobies Mésophiles/100mL	8 880000	6 280000	5650000	320000	1360000	-
Streptocoques Fécaux/100mL	+	+	+	+	+	≤ 2 000

Les résultats sont restés presque inchangés du collecteur, au regard de contrôle et baissent au niveau du point de rejet; néanmoins ces valeurs sont énormes par rapport aux normes de rejet.

TABLEAU XIX : Caractéristiques bactériologiques dans les bassins de traitement de TAMALI – SA en mai 2004

Paramètres	Collecteur	Sortie bassin de flocculation	Sortie bassin de filtration	Regard de Contrôle	Point de rejet	En amont du point de rejet	En aval du point de rejet	Normes de rejet
Coliformes	300000	250000	300000	300000	40000	20000	23000	≤12000
Fécaux /100mL								
Coliformes Totaux /100mL	650000	600000	400000	400000	60000	40000	50000	≤20000
Germes aérobies Mésophiles/100mL	1 200000	1000000	950000	950000	220000	110000	140000	-
Streptocoques fécaux/100mL	+	+	+	+	+	+	+	≤ 2000

Nous remarquons que les caractéristiques bactériologiques diminuent du collecteur au point de rejet ; mais sont nettement supérieures aux normes de rejet.

TABLEAU XX : Caractéristiques bactériologiques dans les bassins de traitement de TAMALI – SA en Juillet 2004 (station de traitement non fonctionnelle).

Paramètres	Collecteur	Regard de Contrôle	Point de rejet	En amont du point de rejet	En aval du point de rejet	Normes de rejet
Coliformes						
Fécaux /100mL	290000	290 000	180000	10000	100000	≤ 12 000
Coliformes Totaux /100mL	1440000	1 440000	530000	20000	370000	≤ 20 000
Germes aérobies Mésophiles/100mL	3160000	3 160000	1660000	1000000	3480000	-
Streptocoques Fécaux/100mL	-	+	+	+	+	≤ 2 000

Nous avons les mêmes résultats au niveau du collecteur et au regard de contrôle ; ils changent au niveau du point de rejet et sont supérieurs aux normes de rejet.

Les résultats des prélèvements effectués au niveau des teintureries sont consignés dans les tableaux ci-après

TABLEAU XXI : Caractéristiques physico-chimiques des échantillons des Commune I et Commune IV

E₁ - E₂ - E₃- E₄ - E₅ - E₆ sont des eaux de puits.

E₇ - E₈ – E₉ sont respectivement en amont, point de rejet et en aval

Paramètres	pH	CDN (μ S/cm)	Sulfates (mg/L)	Nitrates (mg/L)	Nitrites (mg/L)	Chrome VI(mg/L)	NH ₄ ⁺ (mg/L)
E ₁	4,73	230	0,82	11,4	0,15	0,02	10
E ₂	3,82	360	0,02	3,96	0,16	0,2	15
E ₃	5,46	170	0,04	3,78	0,14	0,02	6
E ₄	6,65	1100	0,05	5,26	0,26	0,01	8
E ₅	5,80	1740	1,59	4,89	0,25	0,02	9,42
E ₆	6,46	760	0,5	5,26	0,26	0,02	12,11
E ₇	6,70	5250	0,76	13,30	0,36	0,2	24
E ₈	6,40	5050	0,60	14,86	0,56	0,2	17
E ₉	10,76	10460	0,85	14,92	0,66	0,5	16,10

Une variation du taux de pH au niveau des puits avec un taux très faible en E₂ : 3,82. Le taux de NH₄⁺ augmente en fonction du nombre de teintureries par quartier, dans les eaux souterraines et au niveau du fleuve avec 17mg/L en E₈. Le taux de chrome est peu élevé.

TABLEAU XXII : Caractéristiques physico-chimiques des prélèvements d'eau de puits en Commune II et Commune III

Paramètres	pH	CDN ($\mu\text{S/cm}$)	Sulfates (mg/L)	Nitrates (mg/L)	Nitrites (mg/L)	Chrome VI(mg/L)	NH_4^+ (mg/L)
E ₁	5,47	280	4	63,27	0,25	0,02	10
E ₂	6,35	960	100	20,68	0,15	0,01	13,5
E ₃	6,20	430	34	33	0,20	0,01	8
E ₄	5,79	350	15	26,4	0,37	0,3	26,7
E ₅	5,64	820	19	43,56	1,13	0,02	7,6
E ₆	5,80	870	21	44	1,16	0,01	9,78
E ₇	5,56	580	15	41,36	0,22	0,01	11,2
E ₈	6,18	1060	49	96,36	0,24	0,2	13,7
E ₉	6,17	1200	56	27,72	0,25	0,02	6,7
E ₁₀	6,16	990	52	29,04	0,57	0,1	9,8

Les teneurs sont élevés en Nitrates. Le taux de NH_4^+ a une moyenne de 9mg/L et on note une variation du taux de pH.

TABLEAU XXIII : Caractéristiques physico-chimiques des prélèvements des **Commune IV et en Commune V**
E₁ - E₂ - E₃ - E₄ - E₅ - E₆ - E₇ - E₈ - E₉ - E₁₀ sont des échantillons d'eau de puits
E₁₁ - E₁₂ - E₁₃ ont été prélevés au niveau du fleuve respectivement en amont, point de rejet et en aval.

Paramètres	pH	CDN (μ S/cm)	Sulfates (mg/L)	Nitrates (mg/L)	Nitrites (mg/L)	ChromeVI (mg/L)	NH ₄ ⁺ (mg/L)
E ₁	4,97	168	4	2,64	0,105	0,20	8
E ₂	4,70	392	7	6,60	0,185	0,04	7,6
E ₃	4,54	293	2	4,40	0,101	0,04	9,1
E ₄	6,43	300	37	1,76	0,215	0,07	5,6
E ₅	6,21	920	75	2,64	0,066	0,02	4,8
E ₆	3,50	185	8	5,72	0,224	0,21	13,47
E ₇	4,82	880	4	1,76	0,110	0,02	9,56
E ₈	6,67	440	3	3,08	0,211	0,03	16,13
E ₉	4,68	350	25	2,64	0,127	0,02	12,32
E ₁₀	4,37	150	34	1,76	0,083	0,02	12,45
E ₁₁	4,17	350	32	3,80	0,105	0,01	11,23
E ₁₂	6,12	3400	15	1,78	0,440	0,3	29,67
E ₁₃	7,05	6000	47	3,52	0,670	0,2	15,68

Les pH sont trop acide au niveau des puits jusqu'au 3,50. Les valeurs de NH₄⁺ sont élevés dans les puits elles sont plus importantes au niveau du fleuve. Le taux de chrome hexavalent est certes peu élevé au niveau des puits mais présentent des valeurs croissantes au niveau du fleuve.

TABLEAU XXIV : Résultats des analyses bactériologiques des échantillons de la Commune I et de la Commune VI

Paramètres	Coliformes fécaux/100mL	Coliformes totaux/100mL	Germes aérobies mésophiles/100mL	Streptocoques fécaux/100mL
E ₁	10	30	100	-
E ₂	0	1	100	-
E ₃	13	15	165	-
E ₄	7	10	80	-
E ₅	2	5	124	-
E ₆	220	320	640	-
E ₇	2000	3000	12000	+
E ₈	8000	10000	80000	+
E ₉	40000	50000	230000	+

Nous notons la présence de germes aérobies mésophiles dans les puits et dans le fleuve. Nous constatons des valeurs faibles de coliformes totaux, fécaux et de streptocoques fécaux au niveau des puits alors qu'elles sont importantes au niveau du fleuve.

TABLEAU XXV: Résultats des analyses bactériologiques des échantillons de la Commune II et de la Commune III

Paramètres	Coliformes fécaux/100mL	Coliformes totaux/100mL	Germes aérobies mésophiles/100mL	Streptocoques fécaux/100mL
E ₁	-	-	1800	-
E ₂	-	-	720	-
E ₃	-	-	860	-
E ₄	-	-	1900	-
E ₅	-	180	720	-
E ₆	-	-	1600	-
E ₇	1300	2300	6800	-
E ₈	1800	2500	32000	+
E ₉	-	-	1300	-
E ₁₀	-	-	900	-
E ₁₁	-	-	1400	-
E ₁₂	15000	20000	26000	+
E ₁₃	20000	80000	92000	+

On note surtout la présence effective de germes aérobies mésophiles dans les puits et l'eau du fleuve. Les coliformes fécaux, totaux et les streptocoques fécaux se retrouvent uniquement au niveau du fleuve.

TABLEAU XXVI : Résultats des analyses bactériologiques des échantillons prélevés en Commune IV et en Commune V

Paramètres	Coliformes fécaux/100mL	Coliformes totaux/100mL	Germes aérobies mésophiles/100mL	Streptocoques fécaux/100mL
E ₁	70	80	276	-
E ₂	67	78	92	-
E ₃	11	17	20	-
E ₄	31	32	42	-
E ₅	20	23	33	-
E ₆	3	5	44	-
E ₇	7	11	50	-
E ₈	11	16	45	-
E ₉	22	29	32	-
E ₁₀	20	49	65	-

Les germes aérobies mésophiles sont présentement massivement dans les eaux souterraines. Les coliformes totaux et fécaux sont à des teneurs non négligeables.

IV- Commentaires et Discussions

1 – les tanneries

1 – 2 – Normes

Nous nous sommes référés au projet de normes maliennes (tableaux N° V) et les normes des 13 pays cités auparavant (tableau N° IV) adopté par le Comité technique et qui a été conçu à partir des résultats d'analyse de nos laboratoires nationaux pour les tanneries :

- le Laboratoire National de la Santé (LNS) ;
- le Laboratoire de la Qualité des Eaux (LQE) ;

C'est dans ces deux laboratoires que nos travaux d'analyse se sont déroulés.

1 – 3 – Au sujet de l'eau du fleuve

A la lumière de notre étude, nous constatons que :

- L'eau est faiblement minéralisée en amont et en Aval des points de rejet de W.A.T et de TAMALI-SA. Par contre aux sources de pollution (points de rejet), la minéralisation est forte mais les valeurs les plus faibles ont été enregistrées pendant la crue, à cause du phénomène de dilution des eaux.
- Les MES matières en suspensions sont très abondantes dans tous les échantillons prélevés au fleuve.

A W.A.T aussi bien qu'à TAMALI-SA, les teneurs dépassent les indications du projet de normes Maliennes.

Elles causent une pollution esthétique par l'accumulation de particules flottantes, et par la turbidité due aux petites particules en suspension. L'effet perturbant pour le milieu est du aux dépôts qui peuvent gêner la reproduction du poisson ; d'autres part ces teneurs de MES empêchent :

la pénétration de la lumière et diminuent l'oxygène dissous. Ce qui entraîne du coup la limitation du développement aquatique et à long terme l'eutrophisation du fleuve.

- Les Taux de composés azotés (NH_4^+ ; NO_2^- ; NO_3^-) dépassent les valeurs normes à TAMALI-SA et W.A.T, seul les NO_2^- font exception à W.A.T. Ce qui met en évidence une pollution à la fois récente (présence de NH_4^+) et ancienne (présence de NO_3^-).

Les populations installées au voisinage des points de rejet (maraîchers, pêcheurs) sont exposées à la méthémoglobinémie (carence d'hémoglobines).

Associés aux phosphates, les nitrates favorisent la croissance parfois exagérée de la flore aquatique et peuvent entraîner une eutrophisation du fleuve.

- Les sulfates dépassent en teneur les normes de rejet au point de pollution à W.A.T et à TAMALI-SA ; de même en amont et en aval les teneurs obtenues dépassent la valeur indicative de 400 mg/L de l'OMS dans l'eau de boisson.
- A W.A.T et à TAMALI-SA, les teneurs de chrome VI sont en deçà des prescriptions du projet de normes maliennes dans tous les échantillons prélevés en amont. Par contre aux points de rejet et en aval, nous obtenons respectivement dans 100 % et 75 % des échantillons analysés des teneurs supérieures aux normes.
- Les valeurs de DBO_5 et de DCO à W.A.T. et à TAMALI-S.A sont supérieures à celles indiquées par le projet de normes maliennes. Cela est un témoignage éloquent de l'état de pollution organique constatée dans l'eau du fleuve Niger due au déversement des eaux usées (industrielles, et urbaines) et des eaux de pluies (entraînant divers déchets)
- W.A.T représente des teneurs de chlorures qui sont inférieures à la norme.

A TAMALI-S.A. c'est seulement au point de rejet que 50 % des échantillons donnent une teneur de chlorures supérieure à la norme et tous les autres en contiennent moins.

1 – 4 – Au sujet des eaux usées

1 – 4 – 1 – A W.A.T.

• **Comparaison des caractéristiques physico-chimiques des échantillons prélevés dans : le collecteur, le bassin de floculation et le bassin de filtration.**

Il ressort des résultats d'analyse portés dans les tableaux N° VII , VIII, IX, X ce qui suit :

- le pH est constant en Avril et en Mai, il diminue d'une unité entre le collecteur et le bassin de floculation et augmente d'une unité entre le bassin de floculation et le filtre. Ce qui dénote le caractère basique de ces eaux usées ;
- la Conductivité et les Matières en Suspension diminuent en teneur régulièrement entre le collecteur et le bassin de filtration. Par contre pendant que nous notons une diminution de teneur des autres paramètres analysés entre le collecteur et le bassin de floculation, nous constatons une augmentation de teneur des mêmes paramètres entre la sortie du bassin de floculation et celle du bassin de filtration.

Ces résultats dénotent que la floculation joue un léger rôle pendant que les filtres sont non performants (filtre colmaté). Ce phénomène prouve que, les sulfures et les nitrites s'oxydent respectivement en sulfates et en nitrates et accentuent du coup l'état de pollution mis en exergue par la DCO et la DBO₅.

- en Juillet et Août la station est restée non fonctionnelle pour raison de panne du décanteur. Les eaux résiduaires étaient directement rejetées dans le fleuve par le biais du regard de contrôle.

Comparaison des caractéristiques physico-chimiques des échantillons prélevés dans le collecteur et le regard de contrôle aux normes de rejet.

Au regard des résultats d'analyse portés dans les tableaux VII ; VIII ; IX et X nous constatons ce qui suit :

- le pH diminue d'une (1) unité en Mai, de deux (2) unités en juillet et est resté constant en Avril et en Août. Les valeurs obtenues prouvent le caractère basique des échantillons. Cependant le pH reste dans les normes.

- d'Avril à Août, tous les paramètres analysés diminuent en teneur et de façon considérable entre le collecteur et le regard de contrôle ; cependant la CND, les MES, les nitrates, les NH_4^+ , le chrome VI, la DCO et la DBO donnent dans le regard de contrôle des teneurs largement supérieures aux normes de rejet.

Les Nitrites et les Chlorures restent en deçà des normes respectivement dans 75 % et 50 % des échantillons.

Les teneurs obtenues dans le regard de contrôle de W.A.T ne nous surprennent guère à cause des négligences notoires suivantes :

- l'effluent se déverse directement du collecteur dans le regard de contrôle par le biais d'un conduit à ciel ouvert en contournant la station de traitement.

- Les rapports $\text{DBO}_5 / \text{DCO}$ donnent d'Avril à Août les valeurs respectives ci après 0,47 ; 0,60 ; 0,72 et 0,69. Cela dénote que c'est en Avril que l'effluent rejeté par W.A.T. était non biodégradable.

Ces résultats mettent en évidence d'une part l'état de pollution très avancé de l'effluent rejeté par W.A.T. et d'autre part l'inefficacité de la station de traitement des eaux usées de W.A.T.

Par ailleurs nos valeurs maximales en chrome VI. DBO_5 et en DCO sont largement inférieures à celles obtenues par Aïssata SEMEGA en 2000 à la FMPOS (Faculté de Médecine, de Pharmacie et d'Odonto-Stomatologie).

1 – 4 – 2 – A TAMALI – SA

- **Comparaison des caractéristiques physico-chimiques des échantillons prélevés dans le collecteur, le bassin de floculation et bassin de filtration.**

Au regard des résultats d'analyse portés dans les tableaux XI ; XII ; XII et XIV nous constatons ce qui suit :

- le pH n'a diminué que d'une (1) unité pendant tout le temps qu'a duré l'étude ;
- les teneurs des paramètres diminuent régulièrement entre le collecteur et le filtre à l'exception de celles des sulfates en Avril, la DBO₅ et la DCO en Mai ;
- les diminutions de teneur entre le collecteur et le bassin de floculation d'une part, le bassin de floculation et le bassin de filtration d'autre part sont relativement faibles, nous notons cependant un léger rôle joué par la floculation et la filtration ;
- en Juillet et en Août la station de traitement était non fonctionnelle pour raison de panne. Les eaux résiduaires étaient directement rejetées dans le fleuve par le biais du regard de contrôle.

- **Comparaison des caractéristiques physico-chimiques des échantillons prélevés dans le collecteur et le regard de contrôle aux normes de rejet.**

Il ressort des résultats d'analyse portés dans les tableaux XV et XVI ce qui suit :

- la diminution du pH passe d'un minimum de 0,8 en Août à un maximum de 2,4 en Juillet ;
- tous les autres paramètres analysés diminuent en teneur entre le collecteur et le regard de contrôle ;
- cependant à l'exception des nitrites et du chrome VI, en août toutes les teneurs des paramètres sont largement supérieures aux normes de rejet du Mali et de celles des treize pays ;
- la diminution de teneur des paramètres en Juillet et Août est due à la dilution de l'effluent à partir du regard de contrôle par le trop plein du château d'eau. Les rapports DBO_5 / DCO sont d'Avril à Août respectivement 0,75 ; 0,63 ; 0,71 et 0,62.

Ce qui dénote que les constituants de l'effluent rejeté par TAMALI - SA pendant notre période d'étude étaient biodégradables.

Ces résultats mettent en relief d'une part l'état de pollution très inquiétant de l'effluent rejeté et d'autre part l'inefficacité de station de traitement de la TAMALI-SA.

Par ailleurs les teneurs maximales auxquelles nous sommes parvenues : notamment en chrome VI (1,03 mg/L) en sulfate (1 320 mg/L) en CND (13 950 μ S/cm) sont supérieures à celles obtenues par Amasserou NIANALY en 1987 à l'ENsup (Ecole Normale supérieure) soit 0,1 mg/L en chrome VI, 150 mg/L en sulfate et 500 μ S/cm en CND aux mêmes mois et lieux de prélèvement.

TABLEAU XXVII : Comparaison des teneurs de chrome hexavalent dans les échantillons de Baychrome prélevés à W.A.T. et à TAMALI – SA.

Les échantillons ont été analysés au DR2010 et au Spectrophotomètre UV à la même longueur d'onde $\lambda=540\text{nm}$. Les résultats sont portés dans le tableau ci-dessous :

L'échantillon – 1 nous avons 0,5g de Baychrome dans 50mL d'eau distillée

L'échantillon – 2 nous avons 0,4g de Baychrome dans 40mL d'eau distillée

Echantillons	Tanneries WAT		Tanneries TAMALI	
	DR2010	Spectro-UV	DR2010	Spectro-UV
1	0,59	0,384	0,25	0,279
2	0,59	0,384	0,25	0,279

Il ressort de cette comparaison que la W.A.T et la TAMALI-S.A sont toutes deux des unités industrielles polluantes à un degré plus élevé chez W.A.T.

En tenant compte des débits et les charges polluantes des deux industries nous obtenons :

- W.A.T. a un débit de déversement de 0,86 L/s soit 74 304 L/j qui correspond à une charge polluante de 74,304 kg/j.
- TAMALI-S.A. a un débit de déversement de 0,63 L/s soit 54 432 L/j qui correspond à une charge polluante de 54,432 kg/j.

Manifestement W.A.T. est plus polluante que TAMALI-S.A.

1 – 4 – 3 – Au sujet des analyses bactériologiques

A W.A.T aussi bien qu'à TAMALI-S.A, nous avons en mai et en juillet obtenu dans les bassins de traitement et dans l'eau du fleuve Niger des teneurs très élevées en coliformes fécaux et totaux ; en germes aérobies mésophiles et en streptocoques fécaux.

En partant du collecteur au regard de contrôle à W.A.T. ou à TAMALI-S.A, nous notons une diminution de teneur des paramètres analysés en mai.

Par contre en juillet où les stations de traitement ne fonctionnaient pas, la diminution de teneur n'est constatée qu'au niveau du fleuve. Nous pouvons alors en déduire que le traitement bactériologique a été d'un impact salutaire en mai.

Mais force est de reconnaître que malgré les traitements réalisés en mai, les teneurs des paramètres trouvés dans les effluents au rejet sont largement supérieures aux normes maliennes, il en est de même qu'en juillet.

Ces résultats sont très éloquentes pour dire que les riverains (pêcheurs et maraîchers) et mêmes leurs clients sont exposés à des maladies d'origine hydrique causées par les bactéries d'où la nécessité d'un traitement bactériologique efficace.

Il ressort de ces résultats que les traitements bactériologiques de W.A.T. et de TAMALI-S.A. sont purement inefficaces.

Nous avons remarqué aussi que le point de rejet de l'Abattoir frigorifique de Bamako se situe entre les deux points de rejet de TAMALI et W.A.T.

- Les études physico-chimiques et bactériologiques des eaux usées des stations de traitement de W.A.T et de TAMALI - S.A ainsi que celles des eaux du fleuve Niger au point de rejet et environs

nous permettent de faire les remarques ci-après :

- Les éléments constitutifs des échantillons analysés ne sont pas en concentration constante pour un même point de prélèvement.

C'est pourquoi il nous a paru opportun de diversifier les points et les périodes de prélèvement à W.A.T. à TAMALI-S.A. et au fleuve.

- Nous avons pu mettre en évidence dans les eaux usées des différents points de prélèvement un excès en teneur de composés organiques azotés : azote ammoniacal (NH_4^+), nitrates (NO_3^-) et parfois de nitrite (NO_2^-). Ceci dénote l'existence d'une pollution organique d'où l'eutrophisation du fleuve.
- La légère basicité de la plupart de ces eaux usées est à lier à leurs teneurs élevées en composés organiques azotés.
- Les teneurs très élevées de nitrates sont indicatrices de pollution. Associés aux phosphates, les nitrates sont la cause d'un « bloom » végétal pouvant ainsi entraîner une eutrophisation du fleuve.
- Les teneurs et les compositions minérales et organiques obtenues de matières en suspension (MES) empêchent la pénétration des rayons solaires, diminuent le dioxygène dissous et limitent ainsi le développement de la vie aquatique.
- Les teneurs élevées de chrome VI, reconnu comme toxique et cancérigène sont inquiétantes.
- Au sujet des analyses bactériologiques, les teneurs des paramètres analysés prouvent à suffisance que l'eau du fleuve aux points de rejet, en amont et en aval est polluée.
- Ce qui compromet dangereusement la santé des riverains : maraîchers et pêcheurs de la zone infestée.

- Les teneurs obtenues des paramètres analysés dans les échantillons prélevés aux différents points des stations de traitement de W.A.T et de TAMALI dénotent éloquemment l'inefficacité des traitements effectués dans les deux unités industrielles.

A partir de ces différentes remarques, nous pouvons ainsi affirmer que :

1. l'impact négatif des deux rejets industriels sur la qualité de l'eau du fleuve est une réalité.
2. les stations de traitement des eaux usées des deux industries sont non performantes.

Au cours de nos prélèvements nous avons remarqué que les terres aux alentours des points de rejets étaient désertes et nous avons pu constater des poissons morts à ces niveaux précis.

5 – Les teintureries

5 –1 – Au sujet des eaux de puits

L'interprétation a été faite en fonction du tableau N⁰1 : les normes de la qualité des eaux brutes destinées à la consommation humaine.

Nous constatons que :

- le pH est trop acide jusqu'à 3,50 en Commune IV cela est dû à une dissolution de gaz carbonique,

Il convient d'expliquer aussi que la plupart des puits étaient à proximité de fosses septiques. Les effets indésirables éventuels sont le goût désagréable et les risques de corrosion.

- des variations considérables de la teneur en matières organiques, nitrites, ammoniacale, ainsi que la teneur en nitrates doivent attirer l'attention sur la possibilité d'une pollution.
- La présence de nitrites indique une pollution en cours dans le puits. Ce taux élevé de NH_4^+ peut aussi s'expliquer par la présence de colorants à base d'Azote mais nous ne pouvons l'affirmer.

- Les valeurs de chrome hexavalent sont certes peu élevées pour une eau destinée à la consommation mais elles ne doivent pas être négligées.
- La présence des coliformes totaux indique une contamination fécale.
- On note une absence de streptocoques fécaux qui sont des bactéries plus résistantes que les coliformes.
- La DBO et la DCO étaient nulles.

5 – 2 – Au sujet de l'eau du fleuve

- Le pH est plus élevé par rapport à ceux des eaux souterraines.
- L'eau est minéralisée au niveau des points de rejet.
- Les taux des composés azotés surtout le NH_4^+ dépassent les normes, ce qui met en évidence une pollution.
- pour les analyses bactériologiques, les teneurs indiquent une pollution fécale.

Après l'analyse des eaux souterraines et des eaux de surface aux alentours des teintureries dans les six Communes de Bamako, nous pouvons conclure que :

- les teintureries des Communes IV et V sont les plus polluantes. En effet l'acidité de la nappe phréatique procure un caractère agressif ou incrustant à l'eau. La plupart de ces eaux ne sont pas utilisées dans la consommation humaine, mais destinées à certains travaux ménagers tels que : la vaisselle, la lessive et comme eau de bain qui ne sont pas sans dangers pour la santé des populations.
- avec la teneur considérable en composés azotés, la question est de savoir si les colorants importés au Mali ne sont pas des colorants azoïques.

- le taux de chrome hexavalent reconnu toxique et cancérigène a atteint des valeurs considérables.
- les valeurs les plus élevées en bactériologie sont celles des Communes I et VI.
- les teneurs en nitrites sont importantes dans les Communes II et III.
- la pollution de l'air est réelle et importante: cette pollution doit être considérée tant au niveau de l'atmosphère de travail qu'au niveau de l'air rejeté à l'extérieur.
- pour les rejets solides, il faut déterminer la nature physico-chimique des rejets qu'ils soient sous forme de fibres ou de tissus.
- les eaux de teinture doivent subir un traitement préalable avant d'être évacuées ou déversées.

Au cours de notre étude nous avons remarqué que bon nombre de teinturières avaient des problèmes respiratoires, ceux-ci seraient probablement dus à l'absorption des gaz toxiques H_2S et SO_2 provenant de l'hydrolyse de l'hydrosulfite de sodium, produit de base de la teinture.

6 – Etude comparative des tanneries et des teintureriers

Après une étude prospective des deux types d'unités à savoir les tanneries (industries) et les teintureriers (PME artisanales) nous remarquons que :

- le taux de chrome hexavalent est plus élevé au niveau des tanneries qu'au niveau des teintureriers ;
- le taux de composés azotés est plus considérable dans les tanneries qu'au niveau des teintureriers ;
- la teneur en MES est beaucoup plus croissante au niveau des tanneries tandis qu'elle a été quasiment nulle au niveau des teintureriers ;

- la DBO et la DCO qui permettent d'une part de définir l'état de la pollution et d'autre part l'inefficacité des stations de traitement, présentent des valeurs significatives au niveau des tanneries et des valeurs nulles dans les teintureries .Cette situation serait due aux produits chimiques qu'elles utilisent. C'est le même problème qui se pose avec les examens bactériologiques ; reste à savoir si ces produits ne freinent pas le développement des bactéries. Donc nous pouvons dire que les colorants sont des composés chimiques non biodégradables.
- une diminution du pH au niveau des eaux souterraines aux environs aussi bien des tanneries que des teintureries ; nous assistons donc à une acidification de ces eaux.
- une infiltration abondante d'eaux usées au niveau des teintureries en témoigne les eaux colorées en noir et moussantes des puits. Tout ceci met en doute le pouvoir épuratoire du sol car la capacité d'auto épuration diminue au niveau du fleuve (au mois de novembre, la W.A.T. était fermée pour non paiement d'impôts mais nous avons eu des teneurs assez importantes pour les différents paramètres analysés)

Au regard des points évoqués ci haut, nous pouvons dire que les tanneries et les teintureries toutes deux polluent.

Du fait de leur multiplicité et leur installation anarchique à travers les quartiers et au regard des paramètres analysés les teintureries par leurs eaux usées sont plus dangereuses pour les populations voisines.



Conclusion
Recommandations

CONCLUSION

L'interaction entre l'accroissement de la population urbaine et la dégradation de l'environnement est au cœur de la crise de la santé urbaine.

Au cours de notre étude sur les eaux résiduaires des tanneries et des teintureriers de la ville de Bamako durant une période de 12 mois d' Avril 2004 à Avril 2005 avec un échantillonnage de 102 prélèvements nous notons que :

Les tanneries et les teintureriers emploient énormément d'eau pour leurs activités et avec l'utilisation des produits chimiques dans l'industrie une exigence s'impose quant à la mise en place des moyens de lutte nécessaires pour réduire l'exposition aiguë et à long terme à des substances dangereuses pour la santé et des quantités importantes d'eaux résiduaires. Les risques sont très étendus et concernent les personnes qui participent à la production du cuir, de la peau et du Bazin teint, sans oublier les populations exposées à des déversements de ces effluents.

Malgré la présence des stations d'épuration, beaucoup reste à faire non seulement pour améliorer leur équipement, mais aussi pour assurer le contrôle des effluents surtout dans le cas des teintureriers.

La dilution des effluents représente un traitement dérisoire, elle ne peut être une solution durable et en conséquent elle entraîne la dégradation de la nappe aquifère.

Dans la plupart des quartiers, les systèmes d'évacuation des eaux usées sont moins développés que les installations d'approvisionnement en eau potable.

L'amélioration de la santé ne peut être obtenue sans un cadre de vie meilleur, un environnement sain.

Pour cela les autorités locales doivent participer à l'élaboration de la politique en matière de lutte contre la pollution en encourageant la participation communautaire et la mise en place des infrastructures nécessaires à la diminution de la pollution, surtout d'origine hydrique.

Les mesures de protection contre la pollution doivent être appliquées en permanence pour que les distributions d'eau ne propagent pas des infections et ne soient responsables d'une exposition chronique à des substances nocives. Les habitants doivent être associés à la protection et à la conservation des réserves d'eau et veiller à leur bonne utilisation.

Pour prévenir et traiter la pollution de l'environnement, il faut être capable :

- D'identifier et d'évaluer les risques ;
- D'établir des normes et réglementations ;
- De concevoir et d'exercer des contrôles ;
- De surveiller les situations difficiles et de faire appliquer les normes.

L'enjeu stratégique que constitue l'eau doit être au cœur des politiques de développement et d'aménagement du territoire.

Le constat est alarmant malgré les efforts consentis par les gouvernements et les autorités de l'eau pour sa protection, l'objectif reste inaccessible ; il faut réajuster les stratégies pour sécuriser l'eau.

Pour cela l'Etat Malien doit mettre tout en œuvre pour que la station d'épuration qui est en construction soit fonctionnelle dans un délai minimum.

Recommandations

Au regard des résultats de l'étude, nous formulons les recommandations suivantes :

1- Aux Responsables de la West African Tannery (W.A.T)

- Respecter le plan conceptuel et procéder ainsi à la réparation: des pompes collectrices, du décanteur et reprendre les filtres
- Prendre les dispositions nécessaires pour éviter le colmatage des filtres et l'obstruction des bassins de filtration par :
 - le déversement régulier de coagulants dans le bassin de floculation-décantation ;
 - le curage des bassins ;
 - l'incinération des déchets (poils, morceaux de peaux et emballages de produits chimiques) ;
- Appliquer les textes législatifs et réglementaires en vigueur.

2- Aux Responsables de la TAMALI-SA.

- Respecter le plan conceptuel et mettre en place des grilles au niveau des collecteurs, réparer les pompes collectrices et reconstruire les bassins
- Prendre les dispositions nécessaires pour éviter l'obstruction des bassins en y déversant régulièrement des coagulants ;
- Désinfecter l'effluent avant son rejet ;
- Nettoyer la cour et incinérer les déchets ;
- Procéder à la séparation du système de traitement des effluents industriels et de celui des eaux vannes ;
- Appliquer les textes législatifs et réglementaires en vigueur.

3 – Aux jardiniers et riverains

- Eviter l'utilisation des eaux résiduaires des tanneries pour l'arrosage de vos cultures maraîchères car elles sont polluées et peuvent s'avérer très toxiques pour les êtres vivants.

4 – Aux teinturières

- Collecter et traiter vos eaux résiduaires ;
- Porter la tenue adaptée à votre travail

5 – Aux Autorités du pays

- Homologuer les normes de rejet des eaux usées ;
- Adopter une véritable politique de développement durable et un système de management de l'environnement ;
- Sensibiliser les teinturières sur la toxicité des produits chimiques qu'elles utilisent ;
- Procéder au regroupement géographique des teintureries par Commune pour une meilleure gestion de leurs effluents ;
- Répertorier, identifier et capitaliser les informations relatives à la provenance et aux noms scientifiques ou commerciaux des colorants importés;
- Veiller à L'application stricte des mesures réglementaires déjà adoptées pour la protection des cours d'eaux.
- Sensibiliser les industriels et les populations sur les impacts négatifs des produits chimiques utilisés sur la santé et l'environnement.
- Contraindre les industriels à l'installation obligatoire de systèmes performants de traitement de leurs rejets.
- Exiger une étude d'impact sur l'environnement avant toute création d'usine.

- Renforcer le plateau technique des laboratoires pour assurer un contrôle régulier des effluents industriels ;
 - Assurer le financement des études portant sur la pollution des cours d'eau, et le contrôle de qualité des rejets industriels et urbains.



Bibliographie

BIBLIOGRAPHIE

1 - ALOY M.A -VULLIERMET B.

Tannerie et pollution, centre technique : Cuir, chaussure maroquinerie.
Rue herman Frenkel – 69367 Lyon.Cedex 07- France 1992.

2 - AMIGUES J.P -BONNIEUX F. -LE GOFF P.H -POINT P.

Valorisation des usages de l'eau P.U.F
France 1979

3 - COLAS René

La pollution des eaux P.U.F, France 1977 <que sais-je ?>

4- DEJOUX C.

<Pollution des eaux continentales africaines >
Editions ORSTOM -France 1998

5 - DIALLO Bréhima

Analyse et contrôle de la pollution des eaux du fleuve Niger par les rejets liquides urbains et industriels du district de Bamako
Mémoire DER de Biologie :Ensup Bamako 1996

6 - DICTIONNAIRE LAROUSSE 2004

7 - F.VALIRON- J.MONGELLAZ

Manuel d'assainissement spécifique pour les pays à faible revenu
Techniques vivantes
Agence de Cooperation Culturelle et Technique 1991
ISBN : 92.9028.108.4

8 - KEITA Kalifa

Etude de l'impact de certains rejets domestiques de la rive gauche sur la qualité de l'eau du fleuve Niger pendant l'étiage

Mémoire DER- ISFRA Bamako2002

9 - LAWERS R

Toxicologie industrielle et intoxication professionnelle

Paris 693 pages

10 - NYANGALY Amasserou

Evaluation de la pollution des eaux résiduelles industrielles:

Application à cinq (5) unités industrielles de Bamako

Mémoire de chimie ENSup – 41 pages Bamako 1987

11 - OMS

Collecte d'évaluation des eaux usées des collectivités

Genève 1976

12 – OMS

Directives de la qualité de l'eau de boisson

Volume 2 : critères d'hygiène et documentation à l'appui

Genève 1986

13 - OMS

Directives de qualités de l'eau de boisson

Volume 3 : contrôle de qualité des eaux destinées à l'approvisionnement de petites collectivités. Genève 1986

14 - PROTECTION DE LA NATURE

Convention de Washington, textes communautaires et internationaux
Edition septembre 1990

15 - RECUEIL DES NORMES FRANÇAISES

Eaux- méthodes d'essais, 4^{ème} Edition AFNOR

16 - RODIER J.

L'analyse de l'eau
Eaux naturelles - eaux résiduelles - eaux de mer
7^e Edition Dunod 1984

17 - SEMEGA Aissata

Etude de la qualité des eaux usées de la Tannerie de l'Afrique de l'Ouest
Thèse de pharmacie, FMPOS, Bamako 2000

18 - SEMEGUEM.S

Etude de quelques aspects de la pollution du fleuve Niger à Bamako
Evolution saisonnière de la qualité des eaux 99 pages
Thèse de pharmacie, FMPOS, Bamako 1999.

19 - SIDIBE M.

Etude de quelques aspects physico-chimiques de la pollution du fleuve Niger à
Bamako et à Koulikoro
Thèse de pharmacie, ENMP, Bamako- 1992

20 - TANGARA Natié

Etude qualitative et quantitative des paramètres physico-chimiques de l'eau du fleuve
Niger à Bamako
Mémoire Ensup DER de chimie

21 - TOURE A .N.

Impact des rejets liquides des tanneries et de l'abattoir sur l'eau du fleuve Niger
Mémoire de biologie, Ensup , Bamako 1996

22 - TOURE S.M.

Etude de quelques aspects des problèmes de la pollution de l'environnement et des risques d'exposition aux produits dans certaines unités industrielles de la zone industrielle du district de Bamako
Thèse de pharmacie, ENMP, Bamako 1986



Annexes

Nom : MOUSSA MOUMOUNI DJERMAKOYE

Prénom : Hamsatou

Titre de thèse :

Les eaux résiduaires des tanneries et des teintureries caractéristiques physico-chimiques, bactériologiques et impact sur les eaux souterraines et les eaux de surfaces.

Année universitaire : 2004-2005

Ville de soutenance : Bamako

Le pays d'origine : NIGER

Lieu de dépôt : Bibliothèque de la faculté de Médecine, de Pharmacie et
d'Odonto-Stomatologie

Secteur d'intérêt : *Eau et Assainissement*

Les eaux résiduaires artisanales et industrielles sont déversées sans traitement adéquat.

Résumé

Objectifs

Les objectifs étaient :

- Identifier les produits chimiques utilisés par les tanneries
- Identifier les colorants utilisés par les teintureries
- Déterminer les produits chimiques impliqués dans la pollution

Méthodologie

Les prélèvements ont été effectués au niveau du fleuve Niger (eau du Fleuve), dans les deux (2) tanneries de Bamako (eaux usées) et au niveau des teintureries de Bamako (eaux souterraines)

Au cours des 12 mois de notre étude nous avons analysé 102 prélèvements d'eau, nous avons noté que les tanneries et les teintureries emploient énormément d'eaux pour leurs activités, et des produits chimiques. La dégradation de ces eaux est quasi générale.

75% des prélèvements analysés ont ramené des résultats supérieurs au projet de normes Maliennes (base de notre étude) de la Direction Nationale de l'Assainissement du Contrôle de la pollution et des Nuisances.

Le pH a diminué d'un (1) degré tout au long de notre étude. Cependant le pH reste dans les normes.

D'Avril à Août, tous les paramètres analysés diminuent en teneur et de façon considérable entre le collecteur et le regard de contrôle la conductivité de 28800 $\mu\text{s}/\text{cm}$ passe à 2780 $\mu\text{s}/\text{cm}$; les sulfates passent de 1450mg/L à 1134 mg/l; cependant la CND, les MES, les nitrates, les NH_4^+ , le chrome VI, la DCO et la DBO donnent au niveau du point de rejet des teneurs largement supérieures aux normes de rejet nous avons pour la conductivité CND une valeur égale à 14580 $\mu\text{s}/\text{cm}$ alors que le projet de norme propose 2500 $\mu\text{s}/\text{cm}$, les nitrates 70,84mg/L alors que cette valeur doit être < 30mg/L, le chrome étant le paramètre le plus recherché atteint les valeurs suivantes 0,30 ; 0,29 ; 0,40 ; 1,03 mg/L , les normes proposent une valeur égale à 0,2 donc 80% des échantillons possédaient des teneurs en chrome supérieures aux normes. Le taux de NH_4^+ était à 512mg/L ; 253mg/L et 195mg/L par rapport à la norme fixée à une valeur inférieure ou égale à 15mg/L ; les nitrates 70,84 ; 105 ; 106 mg/L , ces valeurs doivent être inférieures ou égales à 30mg/L.

Les matières en suspension sont aussi à des valeurs supérieures aux normes nous avons eu 1134mg/L, 1050mg/L pourtant les normes donnent un taux inférieur ou égal à 30mg/L.

Les taux de DBO et de DCO dans les deux tanneries dépassent les normes 150mg/L pour la DCO et 50mg/L pour la DBO nos analyses ont abouti à ces valeurs suivantes 1359mg/L ; 1385mg/L de DCO et 970mg/L et 951mg/L de DBO . Les rapports $\text{DBO}_5 / \text{DCO}$ donnent d'avril à août les valeurs respectives ci après 0,47 ; 0,60 ; 0,72 et 0,69. Cela dénote que c'est en avril que l'effluent rejeté par W.A.T. était non biodégradable.

La DBO et la DCO qui permettent d'une part de définir l'état de la pollution et d'autre part l'inefficacité des stations de traitement, présentent des valeurs nulles dans les teintureries . Cette situation serait due aux produits chimiques qu'elles utilisent. C'est le même problème qui se pose avec les examens bactériologiques ; reste à savoir si ces produits ne freinent pas le développement des bactéries. Donc nous pouvons dire que les colorants sont des composés chimiques non biodégradables.

Le taux de NH_4^+ donne des valeurs considérables après analyse d'eau souterraine aux alentours des teintureries avec un maximum de 13,47mg/L et un minimum de 5,6 mg/L les normes proposent 4mg/L pour une brute destinée à la consommation.

Le pH des eaux de puits autour des teintureries sont trop acide nous avons eu des teneurs comme 3,50 ; 4,54 ; 4,70 dans les six (6) communes.

En conclusion nous pouvons dire sur les 100 échantillons analysés 75% ne répondaient pas aux normes.

Au sujet des analyses bactériologiques les teneurs des paramètres analysés prouvent que les eaux sont très polluées ,avec des teneurs en coliformes totaux et fécaux nettement supérieures aux normes jusqu' à 370000 pour 10ml d'eau.

Malgré la présence des stations d'épuration beaucoup reste à faire pour non seulement, améliorer la technologie en place, mais aussi pour gérer les effluents dans le cas des tanneries à Bamako.

Du fait de leur multiplicité et leur installation anarchique les teintureries par leurs eaux usées sont plus dangereuses pour les populations voisines.

SERMENT DE GALIEN

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

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

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

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

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

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

Que je sois couvert d'opprobre et méprisé de mes confrères si j'y manque !

Je le jure !