

LISTE DES ABREVIATIONS

ASR	:	A naérobie S ulfito- R éductrice
CNRE	:	C entre N ational de R echerches sur l' E nvironnement
CNRICT	:	C entre N ational de R echerches I ndustrielle et T echnologique
CSR	:	C lostridium S ulfito- R éductrice
DBO	:	D emande B iochimique en O xygène
DCO	:	D emande C himique en O xygène
E. coli	:	<i>Escherichia coli</i>
E1	:	Eau brute
E2	:	Eau traitée
ISO	:	I nternational O rganization for S tandardization
L.I.S.T.E	:	L icence de I ngénierie en S ciences et T echniques de l' E au
LME	:	L aboratoire de M icrobiologie de l' E nvironnement
MES	:	M atières E n S suspension
MEST	:	M atières E n S suspension T otales
ONE	:	O ffice N ational de l' E nvironnement
pH	:	p otentiel H ydrogène
SFA	:	S ulfate F erreux A mmونيacaal
TTC	:	T riphenyl T etrazolium C hloride
TSC	:	T ryptose S ulfite C yclosérine
UFC	:	U nité F ormant C olonie

LISTE DES PHOTOS ET SCHEMAS

Photo 1. Vue d'ensemble de la station de traitement de l'industrie textile	16
Photo 2. Les bassins d'aération de l'industrie	23
Schéma 1. Schéma du processus de traitement	17

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Récapitulation des résultats des analyses physico-chimiques avant et après traitement	í í	27
Tableau 2. Qualité microbiologique avant traitement	í í í í í í í í í í	30
Tableau 3. Qualité microbiologique après traitement	í í í í í í í í í ...í í í	30

GLOSSAIRE

Agar-agar : produit gélifiant utilisé en tant que milieu de culture en microbiologie.

Inoculation : action d'introduire un germe dans un organisme vivant par injection ou ensemencement d'un milieu de culture.

Particules grenues : particules riches en grains ou composées de minéraux visibles à l'œil nu.

Pouzzolane : roche éruptive naturelle constituée de scories volcaniques.

Rumen : cuve à fermentation permettant aux ruminants d'utiliser des fourrages et des autres aliments riches en celluloses

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	1
PARTIE 1: SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE.....	4
A. GÉNÉRALITÉS SUR LES EAUX USEES	4
1.1. Définition	4
1.2. Types d'eaux usées.....	4
1.3. Caractéristiques des eaux usées	5
1.4. Différents types de pollution de l'eau	7
1.5. Effets de la pollution de l'eau	8
B. TRAITEMENT DES EAUX USEES	9
1.6. Le traitement physico-chimique	9
1.7. Le traitement biologique	11
PARTIE 2 : MATÉRIELS ET MÉTHODES D'ÉTUDE	14
A. MATÉRIELS D'ÉTUDE	14
2.1. Matériels biologiques d'étude	14
2.2. Milieu d'étude	14
2.3. Réactifs utilisés pour le traitement physico-chimique	15
B. MÉTHODES D'ÉTUDE.....	16
2.4. Traitement physico-chimique	17
2.5. Traitement biologique	22
PARTIE 3 : RÉSULTATS ET INTERPRÉTATIONS.....	27
A. QUALITÉS PHYSICO-CHIMIQUES D'EAU AVANT ET APRÈS TRAITEMENT	27
3.1. Paramètres physiques	28
3.2. Paramètres chimiques.....	28
3.3. Paramètres biologiques.....	29
B. QUALITÉS MICROBIOLOGIQUES DE L'EAU AVANT ET APRÈS TRAITEMENT	29
3.4. Analyse avant traitement	29
3.5. Analyse après traitement.....	30
CONCLUSION GÉNÉRALE ET PERSPECTIVES.....	33
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	I
REFERENCES WEBOGRAPHIQUES	II
ANNEXES.....	1

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Prétendre retracer dans ce mémoire de l'efficacité des traitements physico-chimiques et biologiques des eaux usées relève d'une véritable gageure ou peut apparaître, presque à coup sûr, comme sans intérêt. Toutefois, d'emblée, nous devons reconnaître qu'elle est d'une importance biologique et économique capitale. L'eau est à la fois un aliment et une matière première industrielle, énergétique et agricole. Le degré de qualité exigible des eaux dépend évidemment de ses usages. Rappelons que l'essentiel des ressources planétaires est représenté par les eaux océaniques (97%), ces dernières mettent en cause les équilibres écologiques des milieux hydriques et sont affectées par les déchets issues des activités humaines très souvent mal gérées. Ces eaux plus ou moins convenablement traitées font courir des risques au milieu récepteur dont les capacités auto-épuratrices naturelles sont limitées.

Le traitement des eaux est important pour les sites industriels. Il leur permet de s'assurer que leur procédé de production ne porte pas atteinte à l'environnement et leur donne ainsi le droit d'exploiter en respectant les contraintes locales de rejets. Aussi avons-nous pensé qu'il est important de choisir les méthodes de traitement appropriées, d'identifier des pistes d'optimisation et d'exploiter et maintenir les installations en suivant les meilleures pratiques.

Ayant travaillé sur des échantillons d'eaux usées d'une industrie textile à Antananarivo qui dispose en son sein une station de traitement des eaux usées récemment construite; il est préférable de faire remarquer que les technologies relèvent du domaine des traitements physico-chimiques et microbiologiques. Comme l'industrie opère à ses débuts de traitement, la détermination de la qualité des effluents reste encore incertaine c'est la raison pour laquelle des évaluations et des analyses ont été faites.

A cet effet, il nous a été donné de constater que les traitements physico-chimiques sont loin d'être satisfaisants. Pour cette raison, nous sommes amenés à faire appel à un traitement microbiologique. L'objectif principal étant de mettre au point une approche de traitement de l'eau usée de l'industrie textile basée sur les performances des techniques couplant les traitements physico-chimiques et microbiologiques à dégrader les matières polluantes et à éliminer les germes pathogènes de cette eau usée.

Ceci étant, toutes les analyses physico-chimiques et microbiologiques de l'échantillon d'eau prélevée ont été réalisées au sein du Laboratoire du Centre National de Recherches

Industrielle et Technologique (CNRIT) et du Laboratoire de Microbiologie de l'Environnement (LME) du Centre National de Recherches sur l'Environnement (CNRE)

Aussi, persuadées par le vif intérêt que présente à nos yeux un tel travail, sommes-nous amenés à nous pencher dans une première partie à faire un tour d'honneur sur la bibliographie ayant trait aux généralités sur la bibliographie d'où l'intitulé synthèse bibliographique. Les eaux usées ayant intérêt à être définies, il nous paraît ensuite nécessaire de parler de types d'eaux usées, de ses caractéristiques pour, enfin, dégager tant des différents types de pollution de l'eau que des effets de la susdite pollution.

Dans une deuxième partie, nous traiterons des matériels et méthodes physico-chimique et biologique proprement dites au cours desquels nous ne manquerons pas d'axer notre travail sur les matériels biologiques d'étude, voire le milieu d'étude lui même et les réactifs utilisés pour le traitement physico-chimique.

Enfin, avant de présenter notre conclusion, nous allons nous pencher dans une troisième partie aux résultats et interprétations dont, notamment, les qualités physico-chimiques d'eau avant et après traitement d'une part, avec les inséparables paramètres tant physiques, chimiques que biologiques, et les qualités microbiologiques de l'eau avant et après traitements qui se borneront aux analyses avant et après traitement d'une autre part.

Tout ce qui vient d'être dit nous amène donc à voir successivement trois parties :

- Partie 1 : Synthèse bibliographique
- Partie 2 : Matériels et méthodes d'étude
- Partie 3 : Résultats et interprétations

PARTIE 1

SYNTHESES BIBLIOGRAPHIQUES

PARTIE 1: SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

Selon toute logique, il nous semble qu'il serait préférable de commencer la présente étude en donnant la définition du terme même d'eaux usées afin de mieux appréhender la compréhension.

Il existe divers types d'eaux usées ayant leurs caractéristiques propres. Mais, il arrive que l'eau elle-même est sujette à la pollution avec des effets tant sur l'environnement que sur la santé.

Ainsi, nous examinerons successivement au cours de cette première partie cinq paragraphes concernant les généralités puis deux autres paragraphes renfermant le traitement des eaux usées.

A. GENERALITES SUR LES EAUX USEES

1.1. Définition

Les eaux usées, terme courant pour les uns, complexe pour les autres, demeurent présentes dans la nature ou nous évoluons. Elles s'entendent selon Larousse comme étant des eaux ayant fait l'objet d'une utilisation domestique ou industrielle. Mais comme toute science évolue, une étude récente nous fait savoir que les eaux usées ou eaux résiduaires sont des eaux renfermant différentes matières polluantes issues des activités humaines et industrielles et qui peuvent engendrer la pollution des eaux superficielles (9).

1.2. Types d'eaux usées

Toutes les activités humaines, qu'elles soient domestiques, industrielles, artisanales, agricoles... produisent des eaux usées. On distingue trois grandes catégories d'eaux usées :

1.2.1. Les eaux usées domestiques

Les eaux usées domestiques proviennent des différents usages domestiques de l'eau. Elles sont essentiellement porteuses de pollution organique. Elles se répartissent en eaux ménagères, qui ont pour origine les salles de bains et les cuisines, et sont généralement

chargées de détergents, de graisses, de solvants, de débris organiques et des eaux « vannes ». Les eaux de vannes sont constituées par des rejets des toilettes, chargés de diverses matières organiques azotées et de germes fécaux (13)

1.2.2. Les eaux usées industrielles

Elles sont très différentes des eaux usées domestiques. Leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. En plus des matières organiques, azotées ou phosphorées, elles peuvent également contenir des produits toxiques, des solvants, des métaux lourds, des micropolluants organiques, des hydrocarbures. Les eaux industrielles se caractérisent par une très grande diversité, suivant l'utilisation de l'eau dans les processus et l'activité de l'usine (2).

1.2.3. Les eaux pluviales et de ruissellement

Elles peuvent, elles aussi, constituer la cause de pollutions importantes des cours d'eau, notamment pendant les périodes orageuses. L'eau de pluie est chargée d'impuretés au contact de l'air, puis, en ruisselant, de résidus déposés sur les toits et les chaussées des villes (13). Elles engendrent de graves perturbations. (2).

1.3. Caractéristiques des eaux usées

La composition des eaux usées est extrêmement variable en fonction de leurs origines (industrielle, domestique, etc.). Elles peuvent contenir de nombreuses substances, sous forme solide ou dissoute, ainsi que de nombreux micro-organismes. Les trois principaux paramètres qui permettent de mesurer la pollution d'une eau sont les paramètres physico-chimiques, biologiques et microbiologiques.

1.3.1. Paramètres physico-chimiques

Les paramètres physico-chimiques sont tous les éléments physiques ou chimiques constitutifs de la structure naturelle de l'eau et que l'on doit éventuellement prendre en compte lors de son analyse.

- La température
- Le pH
- La conductivité
- La turbidité
- Les matières en suspension
- L'oxygène dissous

1.3.2. Paramètres biologiques

- DCO

La demande chimique en oxygène (DCO) est la concentration, exprimée en milligrammes par litre, d'oxygène équivalente à la quantité de dichromate consommée par les matières dissoutes et en suspension lorsqu'on traite un échantillon d'eau avec cet oxydant dans des conditions définies (dichromate de potassium en milieu acide en ébullition à reflux et en présence de catalyseur sulfate d'argent, pendant deux heures).

Elle représente la quantité d'oxygène cédée, par voie chimique, par un oxydant puissant pour oxyder les matières réductrices contenues dans l'effluent, la plupart des composés organiques et sels oxydables

-DBO5

La demande biochimique en oxygène (DBO) est la quantité d'oxygène, exprimée en milligramme, qui est consommée dans les conditions de l'essai, c'est-à-dire après incubation pendant 5 jours à 20°C et à l'obscurité ; par certaines matières présentes dans 1 litre d'eau, pour assurer leur dégradation par voie biologique.

1.3.3. Paramètres microbiologiques

Les eaux usées contiennent de nombreux germes (champignons, amibes, protozoaires, bactéries, virus) dont certains sont pathogènes; le rejet des eaux usées dans le milieu naturel fait courir ainsi un risque pour la santé (13). Les bactéries sont couramment recherchées dans l'eau, principalement comme témoins de contamination fécale.

Les principaux microorganismes indicateurs de contamination fécale des eaux usées sont :

ÉL *Escherichia coli* qui a une haute spécificité diagnostique, sa présence dans une eau est signe de contamination par des excréta humains ou animaux.

ÉL *Streptocoques fécaux* sont des bactéries en chaînette. Ce sont des flores normales des matières fécales humaines et animales. Ils sont extrêmement résistants aux agents chlorés.

ÉL *Coliformes totaux et fécaux* présentent sous forme de bâtonnets, non sporulés, capables de croître en aérobie à 30°C.

Éles *Clostridium Sulfito-Réducteurs* (CSR) se présentent sous forme de point noir avec auréole noire, sa présence marque la contamination par des matières fécales humaines ou animales et /ou des matières organiques en voie de purification. (8)

1.4. Différentes types de pollution de l'eau

La pollution de l'eau est une modification néfaste des eaux causée par l'ajout de substances susceptibles d'en changer la qualité, l'aspect esthétique et son utilisation à des fins humaines. Plusieurs critères peuvent être utilisés, selon les besoins, pour classifier les pollutions. Il s'agit par exemple de l'origine des substances, qui renseigne globalement sur le mode de transfert, ou sur l'effet des pollutions ou encore sur le mode d'apport. (11)

L'origine de la pollution de l'eau est multiple. Les polluants sont notamment les microorganismes pathogènes, les matières organiques, les nutriments, les métaux lourds et les produits chimiques toxiques (4). Ces agents polluants peuvent être d'origine organique, physique, chimique ou biologique, et provoquer une gêne, une nuisance ou une contamination.

1.4.1. Pollution organique

Les matières organiques ont longtemps été les principaux polluants des milieux aquatiques. Elles proviennent des déchets domestiques (les ordures ménagères, les excréments), de l'agriculture (lisiers ou urines) ou de l'industrie (agroalimentaire, etc.).

1.4.2. Pollution microbienne

Elle est une autre forme de pollution organique. En effet, les déchets tels que les excréments contiennent des germes dits pathogènes comme les virus et les bactéries. Par ailleurs, certaines bactéries sont véhiculées par l'eau. Ces germes peuvent provoquer de graves maladies comme le choléra.

1.4.3. Pollution thermique

Elle correspond à l'augmentation ou à la diminution de la température de l'eau par rapport à la normale. Cette pollution affecte le milieu aquatique, sur les algues par exemple, on peut observer de fortes proliférations ou un taux de mortalité important. Ce type de pollution est lié particulièrement à l'industrie.

1.4.4. Pollution chimique

Elle est majoritairement caractérisée par la pollution azotée et phosphorée. Elle est généralement due aux activités agricoles et industrielles. Leur toxicité varie selon la nature de la substance et sa concentration.

1.5. Effets de la pollution de l'eau

La pollution de l'eau résulte de la contamination par les matières organiques et chimiques que l'on retrouve dans les déchets humains, animaliers et industriels. Ces derniers contiennent des chlorures et des nitrates qui contaminent la nappe phréatique ; par ailleurs, les eaux usées présentent un autre type de pollution bactériologique des plus nocives.

➤ Sur l'environnement

La pollution de l'eau est une altération qui rend son utilisation dangereuse et perturbe l'écosystème aquatique et souterrain. Elle se manifeste généralement par une pollution chimique ou par des virus ou des bactéries pathogènes ou non. La pollution chimique est provoquée par le rejet dans les rivières de matières organiques ou minérales. Par conséquent, cette pollution mène à :

- la formation de films et de mousses
- l'infiltration dans les terrains des matériaux indésirables : hydrocarbures, polymères
- l'empoisonnement de la faune et de la flore par les éléments toxiques
- la difficulté de dépollution dans les stations de traitement par voie biologique
- la radioactivité des eaux du fait du développement du déversement des résidus radioactifs dangereux.

Par ailleurs, les matières organiques, telles que les nitrates, essentielles à la vie aquatique en tant que nourriture, peuvent devenir un élément perturbateur quand leur quantité est en excès.

La prolifération des algues est due aux rejets excessifs des éléments nutritifs tels que le phosphate, l'azote, les substances carbonées, et d'autres éléments minéraux liés aux activités humaines.

➤ **Sur la santé**

La pollution de l'eau est devenue l'une des préoccupations majeures au sein de notre société mais aussi à travers le monde, en effet l'utilisation d'eau polluée peut nuire à la santé humaine.

Les risques sur la santé sont :

- les effets allergènes (provoquant des allergies) : rhinites, conjonctivites, asthmes.
- les virus et microbes qui rendent l'eau non potable et qui provoquent de nombreuses maladies : maladies diarrhéiques et maladies dermatologiques.

B. TRAITEMENT DES EAUX USEES

Rejetées dans la nature, les eaux usées sont soumises aux phénomènes naturels (physiques, chimiques et biologiques) qui se déroulent au sein du milieu. Au cours du temps, elles se débarrassent petit à petit des polluants qu'elles contiennent. En effet on observe aux milieux récepteurs :

- des dépôts de matières solides à la surface du sol où l'eau circule ou s'infiltre, ou sur les lits des plans d'eau (phénomène de sédimentation, filtration) ;
- l'absorption des matières organiques ou minérales par le sol et les plantes ;
- le processus biologique au niveau des milieux aquatiques ou la couche supérieure du sol, qui permet de dégrader les matières organiques (autoépuration) ;
- dégradation des matières organiques par le biais d'un processus biologique au niveau du milieu aquatique.

1.6. Le traitement physico-chimique

La présence dans l'eau de diverses substances solides constitue la plus importante et la plus apparente de la pollution.

Le traitement préliminaire est un traitement permettant la séparation de ces substances et de l'eau. Elle peut se faire selon deux principes différents, à savoir :

- filtration ou tamisage.
- action directe de la pesanteur par simple décantation en fonction de la grosseur et du poids spécifique des particules ou par flottation.

- Traitement physico-chimique

1.6.1. Le prétraitement

Les eaux brutes subissent à l'arrivée dans une station d'épuration un certain nombre d'opérations mécaniques ou physiques destinées à extraire le maximum d'éléments dont la nature et la dimension constitueraient une gêne pour un traitement ultérieur.

Les opérations de prétraitement sont les suivantes (une station de traitement peut comporter une ou plusieurs de ces opérations selon son importance et la qualité de l'eau brute) : le dégrillage, le dessablage, le dégraissage et déshuilage, le tamisage.

1.6.2. Traitement physico-chimique : Coagulation - Flocculation

La coagulation floculation est un procédé permettant, en deux temps, de s'affranchir de l'absence de vitesse de sédimentation au sein des colloïdes. De ce fait, cette technique permet de s'attaquer aux caractéristiques spécifiques des colloïdes notamment leur faible diamètre et leur charge électro-négative.

1.6.2.1. Coagulation

La coagulation s'effectue le plus souvent par addition de réactifs chimiques : sels métalliques (sels de cation trivalent Al^{3+} , Fe^{3+}) qui, par des mécanismes d'agrégation ou d'adsorption, annulent les forces répulsives ou agissent sur l'hydrophile des particules colloïdales.

1.6.2.2. Flocculation

La flocculation permet de s'attaquer au faible diamètre des colloïdes. Cependant, la masse des colloïdes reste toujours un problème au niveau de la sédimentation et c'est là que la flocculation entre en jeu. L'ajout de flocculant provoque une agglomération des colloïdes « déchargées » : elle résulte de diverses forces d'attraction entre particules mises en contact, d'abord par mouvement brownien jusqu'à l'obtention d'une grosseur de 0,1 μm environ, puis par agitation mécanique extérieure amenant les flocons à une taille suffisante lui permettant finalement de se décanter facilement.

Parfois on ajoute un produit chimique pour favoriser la flocculation (polymères cationique ou anionique).

1.6.3. Décantation

C'est une opération de séparation mécanique, sous l'action de la gravitation, de plusieurs phases non miscibles dont l'une au moins est liquide.

On distingue deux types de matières décantables :

- Les particules grenues qui sédimentent indépendamment les unes des autres, avec une vitesse de chute constante ;
- Les particules plus ou moins floculées qui résultent d'une agglomération naturelle ou provoquée des matières colloïdales en suspension.

1.6.4. Filtration

Le principe de la filtration consiste à faire passer le mélange solide liquide à travers un support filtrant. Les particules solides sont retenues par la surface du filtre et le liquide lui passe à travers. Si les matières en suspension à retenir ont une dimension supérieure à celle des pores, elles sont retenues à la surface du filtre, la filtration est dite en surface ou en gâteau ou encore en support. Dans le cas contraire, les matières sont retenues à l'intérieur de la masse poreuse, la filtration est dite en volume ou en profondeur ou encore sur lit filtrant.

1.7. Le traitement biologique

La bioremédiation est une option qui offre la possibilité de détruire ou de rendre moins toxique les polluants, en utilisant des activités biologiques naturelles. Les sites sont fréquemment contaminés par un mélange de composé organique très complexe comme par exemple les solvants industriels et à cela s'ajoute les polluants inorganiques comme les métaux lourds.

Dans les stations d'épuration, ce sont des microorganismes qui retirent des eaux usées les polluants les plus courants. Les polluants croissants nécessitent le développement de procédé capable d'éliminer les polluants spécifiques comme l'azote, le phosphore, les métaux lourds et les composés chlorés.

Après avoir étudiée au cours de cette première partie la synthèse bibliographique, nous allons maintenant nous consacrer à la mise en vigueur des matériels et méthodes d'étude, lesquels comprennent notamment en premier lieu les matériels biologiques d'étude et les

réactifs utilisés; puis, dans un second temps, nous examinerons les méthodes de traitement physico-chimique et biologique, ce qui fera l'objet de notre deuxième partie.

PARTIE 2

MATERIELS ET METHODES

D~~o~~ETUDE

PARTIE 2 : MATERIELS ET METHODES D'ETUDE

Il est indéniable que toute étude scientifique nécessite des matériels qui ont leur importance dans le cadre de leur utilisation. Par ailleurs, des méthodes déjà existantes et appropriées dans le cadre des traitements des eaux usées s'imposent à un point tel qu'il importe de les savoir.

Nous examinerons donc deux sections avec leurs subdivisions successives.

A. MATERIELS D'ETUDE

2.1. Matériels biologiques d'étude

2.1.1. Type d'eau étudiée

Dans le cadre de cette étude, l'eau qui a fait l'objet de traitement est constituée par de l'eau usée de l'industrie de confection et exportation de produits textiles TROPICKNITS Ltd située dans l'enceinte Galaxy Andraharo, Antananarivo, Madagascar (-18.878112 Est et 47.511588 Sud).

2.1.2. L'isolat utilisé

La souche *Entérobacter cloacae* utilisée pour le traitement de l'eau usée provient de la collection du Laboratoire de Microbiologie de l'Environnement (LME). Elle est isolée à partir de rumen prélevé dans l'abattoir d'Alasora.

2.2. Milieu d'étude

2.2.1. Milieu d'enrichissement

2.2.1.1. Bouillon nutritif

C'est un milieu nutritif liquide dépourvu d'agar. Ce milieu est utilisé pour revivifier la souche.

2.2.2. Milieu de rajeunissement de la souche Entérobactérie

2.2.2.1. Milieu Gélose nutritif

La gélose nutritive est un milieu habituellement employé pour la culture et l'isolement des microorganismes. Elle permet aussi de détecter la pureté des souches.

2.2.3. Milieux pour la recherche et dénombrement des germes dans l'eau usée

2.2.3.1. Milieu Gélose Lactosé au TTC et au Tergitol 7

C'est un milieu sélectif et différentiel qui permet la détection et l'énumération des coliformes et de *Escherichia coli* dans l'échantillon d'eau.

2.2.3.2. Milieu Enterococcus Agar

C'est un milieu solide sélectif permettant l'isolement et l'énumération de Streptocoques fécaux par la méthode de filtration par membrane.

2.2.3.3. Milieu TSC (Tryptose Sulfite Cycloserine Agar)

C'est un milieu sélectif et différentiel pour le dénombrement et identification présomptive de *Clostridium perfringens*.

La composition de chaque milieu est donnée dans l'annexe 1.

2.3. Réactifs utilisés pour le traitement physico-chimique

Les réactifs utilisés lors de ce traitement sont :

- Sulfate d'Alumine $Al_2 SO_4$
- Chaux $Ca (OH)_2$
- Polymère : colle floc

B. METHODES D'ETUDE

La photo ci-dessous montre l'ensemble de la station de traitement :



Photo 1. Vue d'ensemble de la station de traitement

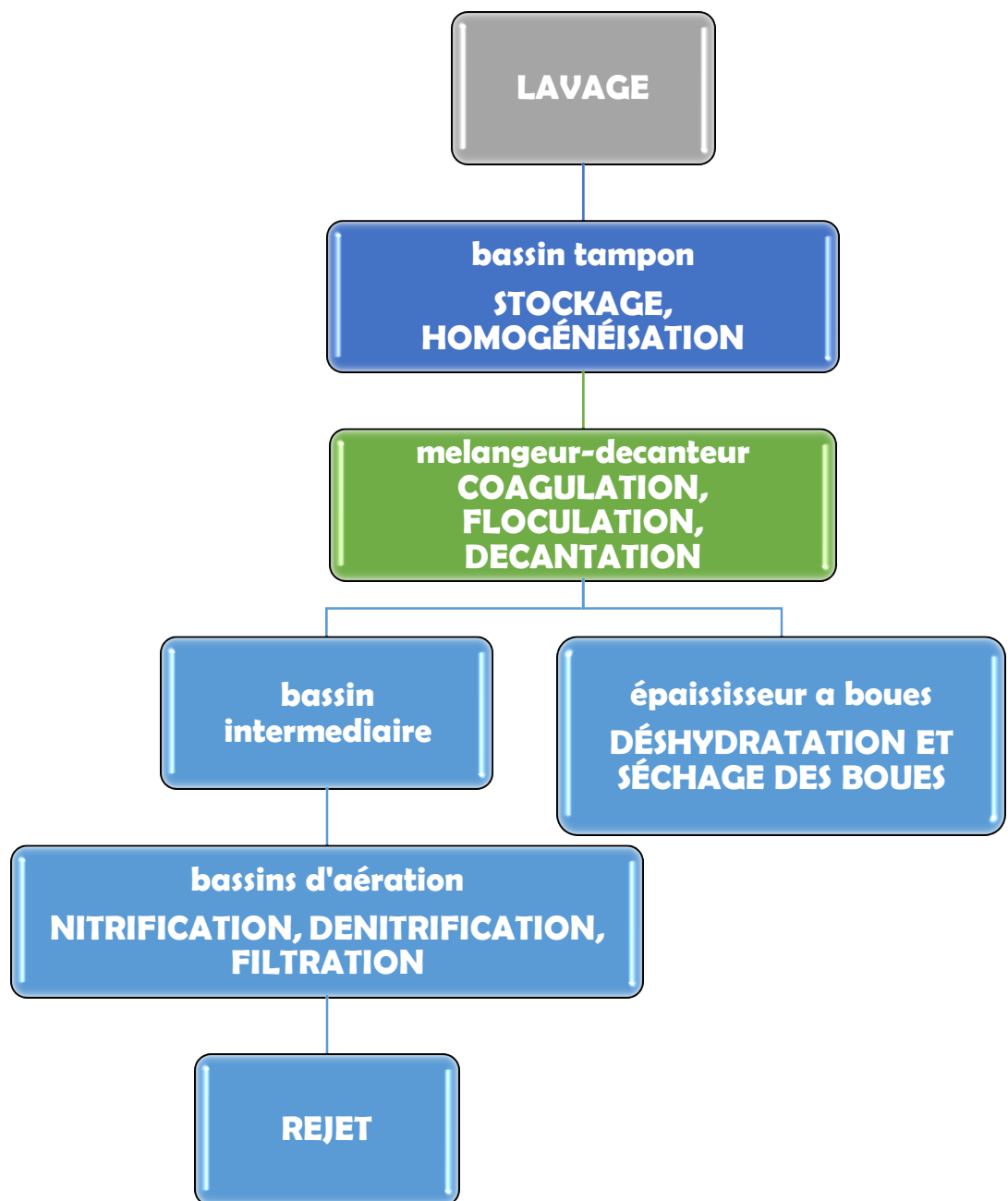


Schéma 1. Schéma du processus de traitement

2.4. Traitement physico-chimique

Il s'agit d'un traitement préliminaire par coagulation et floculation

2.4.1. Processus de traitement

A la sortie de l'unité de lavage, l'eau est conduite dans un canal déversé pour être stocker dans le bassin tampon ayant une capacité de 24m^3 .

Ensuite, elle est pompée vers le mélangeur-décanteur de $1,5\text{m}^3$ de volume où l'on ajoute les réactifs :

- le sulfate d'alumine qui assure la coagulation
- la chaux qui est responsable de la floculation
- la colle floc qui améliore la qualité des floccs (plus volumineux, plus lourds, plus cohérents).

Après un temps de décantation de 30 minutes, une partie de l'eau constituée de boues est soutirée vers l'épauissiseur à boues et l'autre partie est déversée dans le bassin intermédiaire.

2.4.2. Méthodologie de suivi de la qualité de l'eau

Quelques semaines après la mise en marche de la station de traitement, des analyses des qualités physico-chimiques de l'eau ont été effectuées aux laboratoires. En faisant des comparaisons avec l'eau usée à traiter au départ, les résultats de ces analyses ont permis d'évaluer l'évolution du traitement ainsi que la performance de la technique utilisée.

2.4.3. Choix des paramètres à analyser

Le choix des paramètres à analyser a été basé sur les directives de l'ONE en matière de classification et de qualité des eaux. Ces paramètres permettant de qualifier l'eau sont classés en trois catégories:

- les paramètres physiques : la couleur, l'odeur, la température, le pH, la conductivité électrique, les matières en suspension totale (MEST).
- les paramètres chimiques : le taux de nitrate, de nitrite, de chlorure et de phosphate
- les paramètres biologiques : la demande biochimique en oxygène (DBO) et la demande chimique en oxygène (DCO).

2.4.4. Méthodologie d'analyse

2.4.4.1. Analyses des paramètres physico-chimiques

2.4.4.1.1. Paramètres physiques

2.4.4.1.1.1. Détermination des matières en suspension

La méthode de détermination des matières en suspension est basée sur la méthode par filtration sur disque en fibre de verres de porosité 12 µm. Cette filtration est suivie par un séchage dans une étuve à 105°C pendant deux heures et pesage du filtre. Les matières en suspension sont calculées selon la formule suivante :

$$M_{\text{MS}} = \frac{M_1 - M_0}{V}$$

Avec V : le volume en ml de la prise d'essai de l'échantillon ;

M_0 : la masse de la membrane en mg avant l'analyse ;

M_1 : la masse de la membrane en mg après analyse

2.4.4.1.1.2. Détermination de la conductivité électrique

La conductivité électrique est définie comme l'inverse de la résistance, mesurée dans des conditions spécifiées entre les faces opposées d'un cube unité (de dimensions déterminées) d'une solution aqueuse, elle peut être utilisée comme mesure de la concentration des solutés ionisables présents dans l'échantillon.

La mesure de la conductivité se fait en plongeant l'électrode dans l'eau à analyser et laissée pendant environ dix minutes. Les résultats sont lus sur l'écran du conductimètre.

2.4.4.1.1.3. Mesure du pH

Le pH mesure la concentration en ions d'hydrogène.

La mesure du pH est effectuée par la méthode électrométrique.

2.4.4.1.1.4. Mesure de la température

La température est mesurée in situ avec un thermomètre avec thermocouple.

2.4.4.1.2. Paramètres chimiques

2.4.4.1.2.1. Dosage des nitrates

La réaction entre les nitrates et l'acide sulfo-salicylique forme un composé coloré. Ce dernier est lu au spectrophotomètre à 415 nm.

L'échantillon de départ est laissé se décanter puis filtré sur papier filtre de 150 mm de diamètre. Pour chaque prise d'essai, 10 ml de l'échantillon est utilisé pour le dosage et parallèlement des essais à blanc utilisant l'eau distillée (même volume) ont été effectués. En supposant E_b l'unité de l'absorbance mesurée, l'absorbance due aux nitrates de la prise d'essai E_e est évaluée à l'aide de l'équation suivante:

$$E_e = E_f - E_b$$

Sur une courbe d'étalonnage, la masse de nitrate exprimée en milligramme, correspond à la valeur E_e de l'absorbance. La teneur en nitrate de l'échantillon, exprimée en milligramme par litre de l'échantillon sera ensuite lue directement sur ordinateur.

2.4.4.1.2.2. Dosage des ortho-phosphates

La mesure repose sur le dosage spectrométrique à la longueur d'onde 880 nm de la solution colorée en bleu, résultant de la réduction par l'acide ascorbique du complexe formé par le molybdate d'ammonium, le tartrate double d'antimoine et par le potassium en milieu acide.

Dans une fiole, 20 ml d'échantillon sont mélangés à 1 ml de la solution d'acide ascorbique et 4 ml du réactif combiné. Le mélange obtenu est laissé se reposer pendant environ 30 minutes avant la lecture de l'absorbance sous une longueur d'onde de 880 nm. La teneur en ortho-phosphate de l'échantillon est exprimée en milligramme par litre.

2.4.4.1.2.3. Dosage des nitrites

La diazotation de la sulfanilamide en milieu acide mélangée avec la N (1-Naphtyl) éthylène diamine donne un complexe coloré pourpre qui peut être mesuré par le dosage colorimétrique.

Dix (10) millilitres d'échantillon à analyser ont été introduits dans un bécher avec 2 à 3 gouttes de soude. Le contenu a été ensuite évaporé dans l'étuve à 85°C pendant deux heures. Une fois sortie, le bécher est laissé à la température ambiante pour le refroidissement. Pour humecter le fond du bécher, 2 ml d'acide sulfurique concentré ont été ajoutés et l'acide a été laissé réagir pendant 10 mn. Ensuite, 15 ml d'eau distillée et 15 ml de sulfanilamide ont été

versés dans le liquide ainsi obtenu. Le dosage du mélange sera effectué au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 543 nm avec une cuve de 5 cm.

2.4.4.1.3. Paramètres biologiques

2.4.4.1.3.1. Demande biochimique en oxygène (DBO)

La demande biochimique en oxygène est constituée par la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder les matières organiques dégradables par voie biologique (par les bactéries) dans chaque échantillon d'eau.

La mesure de la DBO s'effectue 2 fois, d'abord au plus tard 12 heures après le prélèvement de l'échantillon ensuite 5 jours après incubation à 20°C. Pour cela la méthode de dilution est utilisée, elle consiste à diluer l'échantillon dans une quantité d'eau telle qu'à l'issue de la mesure, le taux d'oxygène résiduel reste inférieur à 50% du taux initial.

Pour mieux étudier la DBO, 3 éléments sont tenus en compte : la préparation de l'eau de dilution, le choix du facteur de dilution et la préparation des flacons de mesure.

2.4.4.1.3.2. Demande chimique en oxygène (DCO)

Le principe de la méthode de mesure est de mettre en ébullition à reflux les échantillons à analyser, en milieu acide, en présence d'une quantité connue de dichromate de potassium, de sulfate d'argent jouant le rôle de catalyseur d'oxydation et de sulfate de mercure permettant de complexer les ions chlorures. La détermination de l'excès de bichromate est effectuée avec une solution titrée de sulfate de fer et d'ammonium.

Dans chaque fiole, 10 ml de l'échantillon ou d'eau distillée (pour le blanc) sont mélangés à 5 ml de dichromate de potassium et à 15 ml d'acide sulfurique. Le mélange est placé dans le thermoréacteur pendant 2 heures. Ensuite, les fioles sont retirées et laissées se refroidir. Enfin, chaque fiole est titrée avec une solution de sulfate ferreux ammoniacal jusqu'à la formation d'une coloration rouge brique.

Le taux de DCO se calcule par la formule suivante :

$$DCO = \frac{(V_0 - V) \cdot N \cdot 8000}{V_0} \cdot \frac{100}{V_1}$$

Avec T : Titre du sulfate ferreux ammoniacal (SFA)

V_c : volume versé de SFA pour le témoin chaud

V_e : volume versé de SFA pour l'échantillon

V_0 : volume de l'échantillon

d : dilution préalable de l'échantillon.

2.5. Traitement biologique

Il s'agit d'un traitement aérobie à biomasse libre. L'eau usée a été traitée en utilisant la souche d'*Entérobacter cloacae*.

2.5.1. Revivification de la souche

La souche est revivifiée dans 9 ml de bouillon nutritif puis incubée à 37°C pendant 18 à 24 heures. La turbidité du bouillon nutritif indique le développement de souches cultivées.

2.5.2. Rajeunissement de la souche

A partir des cultures préparées précédemment, la souche est repiquée. Une anse de cette culture estensemencée en stries sur une boîte de Pétri contenant du milieu gélose nutritif solide. La culture est incubée dans une étuve à 37°C pendant 24 heures afin d'obtenir des colonies jeunes et isolées.

2.5.3. Préparation de l'inoculum

2.5.3.1. Préculture

A partir des jeunes colonies de la souche d'*Entérobacter cloacae*, des nappes de colonie sont prélevées à l'aide d'une anse stérile et diluées dans 34 l d'eau distillée stérile puis incubées à 37°C pendant 24 heures. La turbidité est ensuite mesurée au spectrophotomètre de manière à obtenir une densité optique égale à 0,125 à la longueur d'onde 550 nm qui correspond à 10^6 UFC/ml.

2.5.3.2. Propagation

La culture est menée avec un volume réactionnel de 306 l,ensemencée avec une préculture de 24 heures. L'inoculation de culture est faite à 10% volume/volume

2.5.4. Description du procédé de traitement

Le bassin intermédiaire délimite la fin du traitement physico-chimique et le début du traitement microbiologique.

En effet, l'eau est pompée vers les trois bassins d'aération ayant pour volume respectif $3,4\text{m}^3$ et contenant chacun des matériaux poreux (pouzzolanes) servant de support pour les *Entérobacter cloacae*.

Dans le premier bassin, l'eau entre dans une phase de nitrification où elle est soumise à une aération abondante. Ensuite elle passe dans le deuxième bassin où elle subit une dénitrification avec une aération moyenne. Et enfin elle passe dans le troisième bassin où elle re-subit une dénitrification et une filtration.

On pratique l'aération de ces bassins par insufflation d'air comprimé.

Les micro-organismes ont été versés dans le deuxième bassin afin de faciliter leur adaptation et leur multiplication.

Ci-dessous la photo indiquant les bassins d'aération :

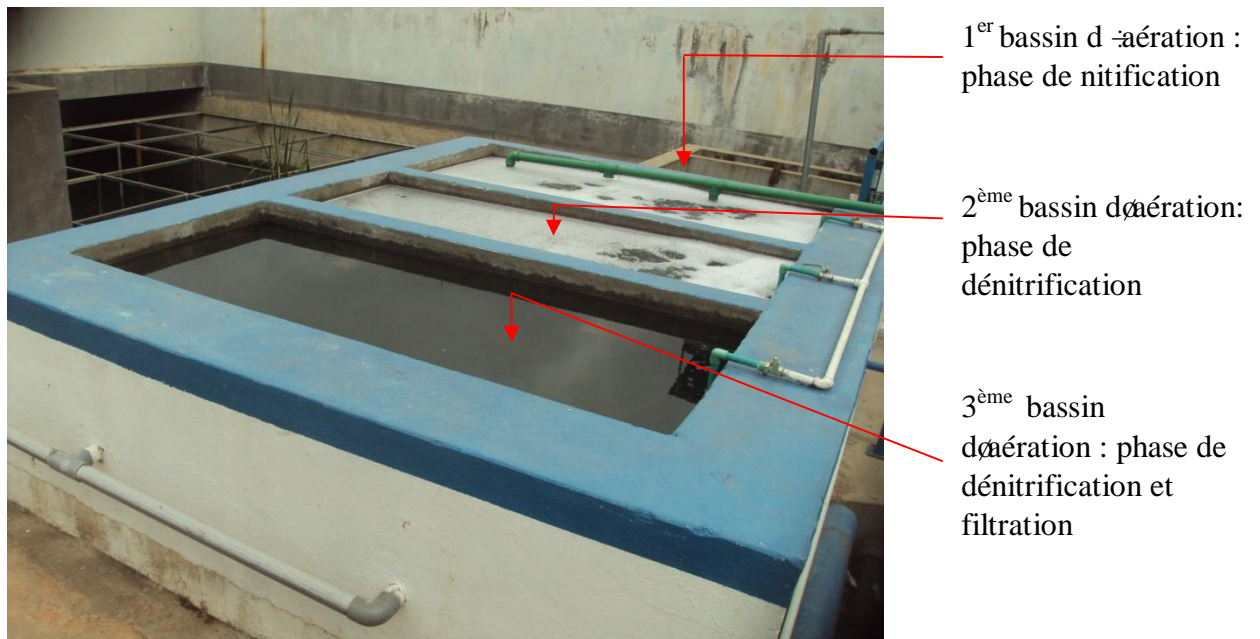


Photo 2. Les bassins d'aération de l'industrie

2.5.5. Analyses des paramètres bactériologiques

2.5.5.1. Préparation d'échantillon d'eau usée à analyser

Le prélèvement d'échantillon d'eau a été effectué à l'aide d'un flacon stérile d'un litre, l'échantillon est ensuite transporté au laboratoire en le maintenant à +4°C dans une glacière munie de plaques eutectiques. Cent (100) millilitres d'eau à analyser ou 100 ml de ses dilutions décimales sont filtrées à travers une membrane stérile de porosité 0,45 µm et de diamètre 47 mm. La dilution consiste à mélanger des quantités exactes de l'échantillon et de l'eau distillée stérile jusqu'à l'obtention d'une concentration adéquate pour le dénombrement des germes. Les dilutions utilisées (généralement de 10⁻¹ à 10⁻³) changent d'un germe à un autre et pour chaque dilution, trois répétitions ont été effectuées.

2.5.5.2. Recherche et dénombrement des bactéries étudiées

2.5.5.2.1. Recherche et dénombrement des *Streptocoques fécaux* (ISO 7899 - 2 : 2000)

La membrane est placée sur un milieu m-Enterococcus Agar préalablement coulé et solidifié. Les cultures sont ensuite incubées à 37°C pendant 48 heures. Après incubation, les colonies de couleur violette ou rose sont dénombrées. Le test de confirmation a été réalisé en étudiant l'aspect microscopique (cocci Gram positif, sphérique ou ovoïde, formant des chaînettes) et le caractère biochimique (catalase négative).

2.5.5.2.2. Recherche et dénombrement de coliformes fécaux (ISO 9308-1)

La membrane est déposée dans une boîte de Pétri contenant un milieu gélosé Lactosé au TTC et au Tergitol 7. Après 18 à 24 heures d'incubation à 37°C, les colonies caractéristiques de coloration jaune à orangée, avec présence d'un halo jaune dans la masse du milieu sous la membrane sont dénombrées.

2.5.5.2.3. Recherche et dénombrement d'*Escherichia coli* (ISO 9308-1)

Le genre *Escherichia* fait partie des coliformes fécaux, et est le seul qui soit sans équivoque toujours d'origine fécale. Après filtration de l'échantillon, la membrane est placée sur le milieu gélosé Lactosée au TTC et au Tergitol 7. Ceci permet aux colonies de Coliformes de se développer pendant un temps d'incubation de 18 à 24 heures à 37°C. Les colonies considérées comme lactose positif sont les colonies à l'envers de la membrane de couleur jaune. Les colonies typiques sont repiquées sur gélose TSC et incubées à 37°C pendant 24 heures et dans un bouillon tryptophane incubé à 44°C pendant 24 heures. Les colonies oxydase 6 et indole + sont considérées comme *Escherichia coli*.

2.5.5.2.4. Recherche et dénombrement des spores des bactéries Anaérobies Sulfito-Réductrices (NF T 90 415)

L'échantillon d'eau est chauffé à 80°C pendant 10 min et subi un choc thermique c'est-à-dire plongé dans de l'eau froide. L'échantillon (100 ml) est filtré à travers la membrane filtrante et est placé face supérieure tournée vers le fond d'une boîte de Pétri. Le milieu de culture TSC en surfusion est ensuite coulé et le dénombrement est réalisé après incubation à 37°C pendant 24 heures en anaérobiose. Les colonies caractéristiques sont de couleur noire.

2.5.6. Expression des résultats

Pour tout type de microorganismes et/ou de milieu de culture, les nombres de colonies supérieurs à 300 dans une boîte ont été considérés comme incomptables et n'ont pas été utilisés pour le calcul des résultats. Les résultats ont été exprimés en nombre de colonie par millilitre des échantillons selon la formule suivante :

$$N = \frac{C}{D}$$

N : nombre de colonie/ml (*N* entre $1,0.10^x$ et $9,9.10^x$)

C : nombre de colonies comptés sur la boîte

D : facteur de dilution

Ainsi, donc, après avoir examiné les matériels et méthodes d'étude, nous allons enfin nous occuper des résultats et interprétations des qualités physico-chimiques de l'eau avant et après traitement et des qualités microbiologiques de l'eau avant et après traitement.

PARTIE 3

RESULTATS ET INTERPRETATIONS

PARTIE 3 : RESULTATS ET INTERPRETATIONS

A .QUALITES PHYSICO-CHIMIQUES D'EAU AVANT ET APRES TRAITEMENT

Les qualités physico-chimiques des eaux ont été évaluées en considérant les paramètres physiques, chimiques et biologiques. L'approche adoptée consiste à analyser les échantillons d'eau avant et après le traitement. Le tableau montre les résultats récapitulatifs de la qualité physico-chimique des eaux issues de chaque traitement.

Tableau 1. Récapitulation des résultats des analyses physico-chimiques avant et après le traitement

Echantillon/ Traitement	pH (NFT 90-008)	Conductivité (µs/cm) (NF EN 27888)	MES (mg/l)	Couleur (mg de Pt/l)	Nitrate (mg/l) (T90-045 / ISO 7890-3)	Nitrite (mg/l) (NFT 90-012)	Phosphate (mg/l) (NFT 90-023)	Chlorure (mg/l) (NFT 90-014)	DBO₅ (mg/l) (NFT 90-103)	DCO (mg/l) (NFT 90-101)
E1	8,66	154	115	202	1,59	293,51	7,72	271,48	74	180
E2	7,75	925	48	67,33	0,66	0,0711	1,98	209,76	35,22	106,31
Norme d'eau de rejet	6<pH<9	<200	<60	<70	<20	<0,2	<10	<250	<50	<150

E1 : Eau brute

E2 : Eau traitée

Vu ces résultats, certains paramètres mesurés réagissent à l'effet du traitement, une amélioration qualitative est constatée. Tandis que pour d'autres paramètres, le traitement s'avère inefficace, les résultats des analyses tendent vers une qualité plus mauvaise des eaux après traitement.

3.1. Paramètres physiques

Pour les quatre paramètres physiques étudiés c'est-à-dire le pH, la conductivité, les matières insolubles et la couleur, des différences ont été remarquées entre l'eau brute et l'eau traitée (tableau 1.).

Pour le pH, par rapport à l'eau E1 ayant un pH de 8,6 ; une amélioration a été remarquée pour E2 dont la valeur du pH a été de 7,75.

Pour les matières en suspension, une amélioration significative de la quantité des matières insolubles a été constatée, la quantité a été réduite jusqu'à 48 mg/l. L'efficacité du traitement se voit à travers la diminution de l'intensité de couleur pour chaque échantillon d'eau issue du traitement.

Comparée à la couleur de l'eau E1, celle de E2 a été nettement plus claire.

Contrairement aux autres paramètres, une augmentation de la valeur de conductivité a été constatée pour l'échantillon E2. L'eau E2 a une valeur de conductivité six fois plus élevée que celle de l'eau brute E1. Ces résultats sont comparables aux études effectuées par Andrianony (1) au cours de laquelle l'eau traitée est plus conductrice que l'eau brute. Par contre une étude menée par Rakotoarisoa (7) prouve le contraire. La valeur élevée de la conductivité des échantillons des eaux traitées pourrait se traduire par la présence abondante des sels dissous en provenance des produits de traitement. L'eau traitée E2, a une conductivité supérieure à 500 μ S/cm ce qui la qualifie d'eau très minéralisée.

3.2. Paramètres chimiques

Concernant les nitrites, un changement significatif a été remarqué pour l'échantillon d'eau après le traitement par rapport à l'eau brute E1.

Un changement est aussi remarqué pour la quantité de nitrate. Une large différence de quantité a été observée pour les deux échantillons d'eau E1 et E2, leurs valeurs respectives ont été de 1,59 mg/l et de 0,66 mg/l ce qui est nettement inférieure à la norme.

Le taux de phosphate a significativement diminué au niveau de l'eau traitée E2 (1,98 mg/l).

De même, le taux de chlorure de l'échantillon d'eau E2 a subi une forte diminution par rapport à l'eau brute E1.

3.3. Paramètres biologiques

Le taux de DCO mesuré pour E2 présente une amélioration significative de la qualité de l'eau vu sa valeur qui a diminué par rapport à celle de E1.

Comparée à la DBO de E1, celle de E2 a diminué de moitié. Ces résultats montrent que les différentes formes d'azote (nitrite et nitrate) dans les eaux usées tout au long du traitement ne constituent que des formes intermédiaires de cet élément et s'impliquent directement ou indirectement dans la demande biologique et/ou chimique en oxygène de l'eau et que le taux de ces éléments dépend de l'évolution de la composition en organismes vivants de l'eau (3).

En considérant les 10 paramètres physico-chimiques et biologiques utilisés lors de cette étude et en se référant à la norme formulée par l'ONE relative aux eaux de rejet, le traitement des eaux usées adopté a permis de tracer une voie prometteuse pour l'amélioration de la qualité de ces eaux. Par contre, l'absence d'une norme spécifique relative aux eaux usées traitées et à réutiliser pour d'autres fins constitue un handicap pour l'exploitation des résultats. Pour des réutilisations en industrie, Lee et *al.*, (5) ont proposé de considérer seulement neuf paramètres physico-chimiques et biologiques tels que le pH, la turbidité, les matières en suspension, la couleur, l'alcalinité, le fer, le magnésium, la chlorure et la DCO pour évaluer la qualité des eaux traitées.

B. QUALITES MICROBIOLOGIQUES DE L'EAU AVANT ET APRES TRAITEMENT

Pour mieux évaluer la qualité des paramètres microbiologiques de l'eau et l'efficacité du traitement par la souche d'*Enterobacter cloacae*, l'étude s'effectue en deux étapes : une analyse avant traitement et une analyse après traitement.

3.4. Analyse avant traitement

Les résultats obtenus lors des analyses de l'eau E1 (eau usée) sont présentés dans le tableau 2. D'après ces résultats, le taux de microorganisme dans E1 est fortement supérieur aux normes, ce qui signifie que l'eau est polluée. La présence de Streptocoques fécaux et coliformes fécaux indique la contamination d'origine fécale (10).

Tableau 2. Qualité microbiologiques avant traitement

Dénombrement	Eau usée (E1)	Unité	Méthodes	Critères
ASR	$7,0.10^3$	UFC/100 ml	ISO 6461-2 :1986	100
Coliformes fécaux	$2,1.10^5$	UFC/100 ml	ISO 9308-1 :2000	500
Streptocoques fécaux	$2,3. 10^3$	UFC/100ml	ISO 7899-2 :2000	100
<i>Escherichia coli</i>	$5,0.10^4$	UFC/100 ml	ISO 9308-1 :2000	100

3 .5. Analyse après traitement

Cette expérience a pour but de tester l'activité de *Entérobacter cloacae* sur la croissance des microorganismes par comparaison à celle de l'eau E1. Le traitement par cette souche a beaucoup amélioré la qualité de l'eau (E2). Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau 3.

Tableau 3. Qualité microbiologique après traitement

Dénombrement	(E2)	Unité	Méthodes	Critères
ASR	79	UFC/100 ml	ISO 6461-2 :1986	100
Coliformes fécaux	68	UFC/100 ml	ISO 9308-1 :2000	500
Streptocoques fécaux	0	UFC/100ml	ISO 7899-2 :2000	100
<i>Escherichia coli</i>	71	UFC/100 ml	ISO 9308-1 :2000	100

Unité : UFC/100 ml

Comparé à celui enregistré dans l'échantillon E1, le nombre d'ASR observé dans E2 a été largement réduit.

Le même phénomène a été observé chez les *Coliformes fécaux*. Une diminution du taux de Coliformes a été constaté et par rapport à l'eau brute une chute considérable de nombre des colonies est observée ($2,1.10^5$ à 68 UFC/100 ml. D'après les résultats (tableau 3.) une absence de formation de colonie a été observée après chaque traitement. Cela signifie que le fait d'ensemencer l'eau brute avec la souche d'*Enterobacter cloacae* dans le même milieu de culture a conduit à l'inhibition de la croissance des Streptocoques fécaux d'où absence de colonie.

Pour *Escherichia coli*, une amélioration significative a été constatée pour E2 contrairement à celle de l'eau brute E1.

Ces résultats sont comparables à ceux de Hossain et *al.*, (6) dont les études ont montré que l'inoculation de certaines souches microbiennes épuratrices dans un système utilisant un réservoir de fermentation facilite l'élimination de certains germes pathogènes tels que les Streptocoques et les Coliformes fécaux.

Les quatre groupes de microorganisme considérés dans cette étude font partie des microorganismes fréquemment utilisés pour l'épuration des eaux. Ces groupes microbiens ne sont pourtant pas exhaustifs pour représenter les microorganismes susceptibles de provoquer des dangers environnementaux (pollution des milieux récepteurs, propagation d'agents phytopathogènes) mais il y en a d'autres dont nous n'avons pas pu faire, faute de temps. Le choix de ces quatre groupes a été alors basé sur le déversement envisagé des eaux usées industrielles.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

Les travaux de recherche menés sur le traitement de l'eau usée couplant les traitements physico-chimiques et microbiologiques nous ont permis de:

- maîtriser des techniques usuelles en microbiologie et physico-chimie de l'eau,
- connaître la performance de traitement physico-chimique à réduire et/ou éliminer les matières organiques,
- mettre en évidence la performance des microorganismes telluriques à réduire et/ou éliminer les germes pathogènes et les germes indicateurs de contamination fécale dans l'eau usée,
- disposer d'une collection de souche d'*Entérobacter cloacae* utilisable dans les recherches à venir

Cependant, cette étude est encore à ce jour loin d'être achevée. Aussi, envisagerons nous à l'avenir d'entreprendre les travaux de recherche sur :

- l'application de cette étude pionnière à une échelle plus grande,
- la valorisation de cette technologie qui constitue une avancée considérable dans la gestion durable des ressources en eau,
- l'amélioration d'autres paramètres permettant d'éliminer en totalité tous les polluants afin d'obtenir les eaux traitées respectant les normes requises,
- l'utilisation de cette souche performante pour épurer les autres eaux usées industrielles,
- la valorisation des autres souches microbiennes en élargissant la gamme d'eau usée à traiter.

Le présent travail nous permet d'apprécier les caractères difficiles des conditions de travail au sein d'une nouvelle industrie opérant à ses débuts de traitement. En effet, les procédés de traitement in situ se sont faits par tâtonnement.

Nous avons pu constater que l'intégration dans le monde du travail n'est pas facile surtout les travaux effectués sur terrain particulièrement quand l'industrie ne possède pas tous les matériaux nécessaires notamment les pompes doseuses.

Ces résultats ne sont pas des « normes », mais, humblement, nous pouvons dire qu'ils constituent des « références ».

Par ailleurs, Madagascar est un pays en voie de développement, les travaux dans le domaine de traitement des eaux usées sont encore loin d'être satisfaisants, ceci étant dû à nos conditions culturelles et économiques, voire politiques. Mais, malgré ces situations, l'on constate des progrès si moindres soient-ils. La solution réside-t-elle vers le changement de mentalité, de politique économique, de politique environnementale aux fins d'obtenir de meilleurs résultats ? Ou une gestion plus planifiée de l'économie nationale ne serait-elle donc pas les bienvenues ?

L'Etat ne doit-il pas offrir toutes les conditions requises pour que les Malagasy se trouvent à l'abri de toute insécurité qu'elle soit d'ordre économique, politique, culturelle, environnementale.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1- **Andrianony F. A.**, (2012). L'efficacité du traitement des eaux usées. Mémoire de Licence. Université d'Antananarivo ; 29 p.
- 2- **Brigitte G.** (2003). Cours d'eau et indice biologique, *Pollution- méthode d'IBGN*, 2^{ème} édition.
- 3- **Caselles-Osorio**, Villafane P., Caballero V., Manzano Y. (2011). Efficiency of Mesocosm-Scale Constructed Wetland Systems for Treatment of Sanitary Wastewater Under Tropical Condition, *Water Air Pollution*.
- 4- **Earthscan publication Ltd** (2002). L'avenir de l'environnement mondial 3. GEO3, Volume 3, pages 13.
- 5- **Lee, S.B.**, Kim, H.D., Yim, G.Y., Kim, B.W., Hong, H.K. and Lee, J.S. (1993) Industrial Water Quality Standard for Each Industrial Area, *Korean Soc. Ind. Eng. Chem.*, 4 (1), 216-228.
- 6- **Hossain F.**, Chang N., Wanielista N., Xuan Z., Ammari D. (2010). Nitrification and denitrification in a passive On-site Wastewater Treatment System with a Recirculation Filtration Tank, *Water Qual Expo Health*: 31-46.
- 7- **Rakotoarisoa F. O** (2011). Etude de la mise en place d'un système d'épuration d'eau use par lagunage à Madagascar: cas de Vontovorona. Mémoire d'ingénieur : génie chimie, ESPA, Université d'Antananarivo. 127 p.
- 8- **Rakotomanga M.M.** (2007). Traitement des eaux de rejet urbain. [Mémoire d'ingénieur : Génie chimique] Antananarivo : Université d'Antananarivo. 112 p.
- 9- **Ramiasoa T.M.** (2014). Contribution à l'étude d'une station de traitement des eaux usées : cas de l'usine Havamad Andranomena. Mémoire de DESS : ESPA. Université d'Antananarivo ; 86 p.
- 10- **Tiarison A.** (2011). Performance de la technologie de lombrics sur le traitement des eaux de fosses de la ville de Toamasina. [Mémoire de Diplôme d'Etudes Approfondies : Biotechnologie] : Université d'Antananarivo. 62 p.
- 11- **Yahiatene S.**, Tahirim El T. (2010) Réflexion sur la caractérisation physicochimique des effluents liquides rejetés dans la grande sebkha d'Oran. Mémoire de Licence. Université d'Oran.

REFERENCES WEBOGRAPHIQUES

12- <http://lapollutiondeleau.bloxode.com/html>

13- <http://gue.univreunion.fr/ressources>

ANNEXES

ANNEXES

Annexe 1 :

Composition des milieux de culture

➤ Milieu pour le rajeunissement des souches à tester

Gélose nutritive

Extrait de viande	3,0
Peptone	5,0
Agar	15,0
pH final	7,4

➤ Milieu pour la revivification des souches à tester

Bouillon nutritif :

Peptone	15
Extrait de levure	5,0
Chlorure de sodium	15,0
Agar	15,0
pH final	7,4

➤ Milieu de dénombrement (en g/l)

5-1- m-Enterococcus Agar

Extrait enzymatique de caséine	15,0
Extrait enzymatique de lait de soja	5,0
Extrait de levure	5,0
Dextrose	2,0
Phosphate dipotassique	4,0
Azide de sodium	0,4

2,3,5 Triphenyl Tetrazolium Chloride	0,1
Agar	10,0
pH final	7,2
TSC Agar (Tryptose Sulfite Cyclosérine Agar)	
Peptone	31
Metabusulfite de sodium	1,0
Extrait de levure	5,0
Citrate de fer ammoniacal	2,0
Agar	14,0
pH final	7,6
Gélose Lactosé au TTC et au Tergitol 7	
Peptone	20,5
Lactose	20,0
Tergitol 7	0,1
Bleu de bronothymol	0,05
Agar	13,0
pH final	7,2

Annexe 2 :

Normes de rejet d'une eau sortie d'une station d'épuration

Selon l'Article 5 du décret 2003-464: Afin de préserver les ressources en eau (objectifs de qualité), les rejets d'eaux usées doivent être incolores, inodores et respecter la qualité suivante:

Paramètres physiques	Limites
Couleur	Incolore
Odeur	Non perceptible
pH	du 6 à 9
Température	inf à 30°C
Conductivité	Inf à 1500 μS/cm
MES	inf à 70 mg/l
Paramètres chimiques	
Nitrites	inf à 0,2 mg/l
Nitrates	inf à 20 mg/l
Chlorure	inf à 250 mg/l
Phosphate	inf à 10 mg/l
Paramètres biologiques	
DBO	inf à 50 mg/l
DCO	inf à 150 mg/l
Paramètres microbiologiques	
Streptocoques fécaux	Inf à 100
<i>Escherichia coli</i>	Inf à 100
ASR	Inf à 100
Coliformes fécaux	inf à 500

ABSTRACT

This work has set as main objective to evaluate the performance of the technical which combine physic-chemical and biological treatments to deteriorate pollutants and eliminate pathogenic germs on the waste water of textile industry TROPIC KNITS. The study was realized on samples which had been taken representatively from each water in each processing step. On these samples, the physical parameters (pH, conductivity, color and MEST), chemical parameters (levels of nitrite, nitrate, phosphate and chloride) and as the biological parameters COD and BOD were determined for the quality assessment waters. Similarly for the microbiological quality, the colonies indicators (ASR, Fecal coliforms, faecal streptococci and *Escherichia coli*) from faecal contamination were sought and / or counted. The physic-chemical analyzes show that the purified water is qualitatively improved since the MES, color, chloride rates, nitrate rates, the rates of nitrite and phosphate, initial COD and BOD are reduced after treatment. Only the rate of conductivity has increased after the treatment. Besides, the process allowed improving the microbiological quality of treated water until the total elimination of faecal streptococci germ and the reduction in concentration of certain germs as Faecal coliforms, ASR and *Escherichia coli*.

RESUME

Le présent travail s'est fixé comme objectif principal d'évaluer la performance des techniques couplant les traitements physico-chimiques et biologiques à dégrader les matières polluantes et à éliminer les germes pathogènes sur l'eau usée de l'industrie textile TROPIC KNITS. L'étude a été réalisée sur des échantillons prélevés de façon représentative de chaque eau de chaque étape de traitement. Sur ces échantillons, des paramètres physiques (pH, conductivité, couleur et MEST), chimiques (taux de nitrite, de nitrate, de phosphate et de chlorure) et biologiques comme la DCO et la DBO ont été déterminés pour l'évaluation de la qualité des eaux. De même pour la qualité microbiologique, des colonies indicatrices (ASR, Coliformes fécaux, Streptocoques fécaux et *Escherichia coli*) de contamination fécale ont été recherchées et/ou dénombrées. Les analyses physico-chimiques révèlent que l'eau épurée est qualitativement améliorée vu que les MES, la couleur, le taux de chlorure, le taux de nitrate, de nitrite et de phosphate, la DCO initiale et la DBO ont diminué après traitement. Seul le taux de la conductivité a connu une augmentation au niveau du traitement. Le processus a permis aussi d'améliorer la qualité microbiologique de l'eau traitée jusqu'à l'élimination totale du germe Streptocoques fécaux et la diminution en concentration de certaines germes à savoir les Coliformes fécaux, les ASR et les *Escherichia coli*.

Contacts

RAKOTOARIVONY Ny Ainitiana Finaritra

033 78 304 68

nyainitiafinaritra@gmail.com

RALAMBO RATSIMIVONY Aryel

033 05 952 34

yellratsimivony@gmail.com