

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Université Abdelhamid Ibn  
Badis-Mostaganem  
Faculté des Sciences de la  
Nature et de la Vie



جامعة عبد الحميد بن باديس  
مستغانم  
كلية علوم الطبيعة و الحياة

DEPARTEMENT D'AGRONOMIE

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par

**BOUGHARI DJAOUHAR**

Pour l'obtention du diplôme de

**MASTER EN AGRONOMIE**

**Spécialité:** GESTION DURABLE DE L'ENVIRONNEMENT

THÈME

**Caractérisation et de traitement des eaux résiduaire  
d'une industrie textile  
(SOFACT- Tissemsilt.)**

Soutenue publiquement le 12 /06/2016

DEVANT LE JURY

Président	Pr benkhellifa Mohammed	U Mostagane
Examineur	M.A.A. Reguieg yassad larbi	U Mostaganem
Encadreur	M.A.A. Miroud Naima.	U Mostaganem

Thème réalisé au Laboratoire de : Structure, Elaboration et Application des  
Matériaux Moléculaires-SEAMM-, SOFACT et ADE de TISSEMSILT

A decorative border with intricate floral and scrollwork patterns in the corners and along the top and bottom edges of the page.

## *Remerciements*

*À Au terme de ce modeste travail,*

*Je tiens à exprimer mes vifs et sincères remerciements à tous ceux qui de  
Près ou de loin m'ont permis d'élaborer ce présent mémoire et plus particulièrement à  
madame N. Miroud pour son aide et assistance.*

*Aux membres de jury qui m'ont fait l'honneur de l'examiner.*

*Ainsi qu'à tout le personnel de laboratoire, sans oublier les responsables de la  
bibliothèque.*

*A toutes les personnes auxquelles j'éprouve un très grand respect et qui m'ont permis  
d'acquérir de grandes connaissances. Je vous souhaite tout le bonheur.*

## *DEDICACE*

*Je remercie tout d'abord, Allah, le tout Puissant et Clément, de m'avoir aidé*

*À réaliser ce travail.*

*Je le dédie aux êtres les plus exceptionnels qui existent dans le monde,*

*Mes parents, qu'ils trouvent ici toute ma gratitude pour leur soutien tout*

*Au long de mes études qu'Allah me les garde.*

*Mes pensées vont également à tous ceux qui m'aiment et spécialement*

*À mes adorables Frères et Sœurs.*

*A toute la famille Boughari sans exception.*

*A ma directrice de stage Mme Miroud Naïma qui mérite tout mon respect.*

*A ma promotion de GDE.*

*A tous mes amis surtout Naima, assai, Djamila, Danona, Atika et les filles de la citées*

*universitaire CHAMOUMA*

*Enfin, je dédie cet humble travail à toute personne qui m'a aidé*

*De près ou de loin sans exception, à le réaliser.*

Résumé	
Sommaire	
Liste des abréviations.....	I
Liste des tableaux.....	II
Liste des figures.....	III

Introduction.

## Partie bibliographique

### Chapitre I : l'eau

I. Généralités.....	2
I.1. Importance et rôle de l'eau.....	2
I.2. Structure de la molécule d'eau.....	3
I.3. Origine de l'eau.....	3
I.4. Dynamique de l'eau.....	4
I.4.1 Répartition de l'eau sur terre.....	4

### Chapitre II : Pollution des eaux.

II.1. Généralités sur la pollution.....	6
II.1.1. Définition de la pollution.....	6
II.1.2. Eléments spécifiques de la pollution.....	6
II.1.3. Origine de la pollution.....	7
II.1.4. Principaux types de pollution.....	8
II.1.5. Effets de la pollution.....	8
II.5.1. Maladies dues à la pollution des eaux.....	8
II.6. Paramètres de détermination de la qualité et de la pollution d'une eau.....	9
II.6.1. Paramètres organoleptiques.....	9
II.6.2. Paramètres Physiques .....	9
II.6.2.1. Turbidité.....	9
II.6.2.2. Densité.....	9
II.6.2.3. Température.....	9
II.6.2.4. Conductivité électrique.....	9
II.6.2.5. pH .....	10
II.6.2.6. Dureté.....	10
II.6.3. Paramètres chimiques.....	10

II.6.3.1. Matière organique.....	10
II.6.3.2. Alcalinité.....	10
II.6.3.3chlorures.....	10
II.6.3.4.Oxygène dissous.....	11
II.7. Facteurs spécifiques de la pollution.....	11
II.7.1. Paramètres concernant les substances indésirables .....	11
II.7.1.1. Nitrites et Nitrates.....	11
II.7.1.2. Aluminium.....	11
II.7.1.3. Azote et Phosphore .....	11
II.7.1.4. Fer .....	11
II.7.1.5. Les Phénols.....	11
II.7.1.6. Fluor .....	12
II.7.2. Paramètres indicateurs de pollution .....	13
II.7.2.1. Matières en suspension.....	13
II.7.2.2. Demande chimique en oxygène (DCO).....	13
II.7.2.3. Demande biochimique en oxygène (DBO <sub>5</sub> ).....	13
II.7.3. Les polluants biologiques.....	13
II.7.3.1. Les Bactéries.....	13
II.7.3.2. Les virus.....	14
II.7.3.4. Les protozoaires.....	14
II.7.3.3. Champignons, levures et moisissures.....	14
II.7.3.5. Les algues.....	14

### Chapitre III : Traitement des eaux

III. Introduction.....	15
III.1. But du traitement.....	15
III.2. Etapes du traitement des eaux.....	15
III.2.1. Prétraitement.....	15
III.2.1.1.Dégrillage.....	15
III.2.1.2. Dilacération.....	16
III.2.1.3. Tamisage.....	16

III.2.1.4. Dessablage.....	16
III.2.1.5. Déshuilage.....	16
III.2.2. Traitement physico-chimique.....	17
III.2.2.1. Coagulation.....	17
III.2.2.2. Floculation.....	17
III.2.2.3. Décantation.....	17
III.2.2.4. Flottation.....	17
III.2.3. Traitement biologique.....	18
III.2.3.1. Epuration aérobie.....	18
III.2.3.1.1. Epuration aérobie à culture fixée.....	18
III.2.3.1.1.1. Les lits bactériens.....	18
III.2.3.1.1.2. Les biodisques.....	18
III.2.3.1.2. Epuration aérobie à culture libre.....	19
III.2.3.1.2.1. Lagunage.....	19
III.2.3.1.2.2. Boues activées.....	20
III.2.3.2. Epuration anaérobie.....	20
III.2.4. Traitement tertiaire.....	21
III.2.4.1. Filtration.....	21
III.2.4.2. Adsorption.....	21
III.2.4.3. Désinfection.....	21
III.3. Mécanismes des traitements biologiques.....	22
III.3.1. Biodégradation.....	22
III.3.2. Bioaccumulation.....	22
III.3.3. Biosorption.....	22
III.3.3.1. Principe de la biosorption.....	22
III.3.3.2. Origine des biosorbants.....	23
III.3.3.3. Différents types de biosorbants.....	23
III.4. Autres Procédés de traitement de l'eau .....	24
III.4.1. La microfiltration .....	24
III.4. 2. L'ultrafiltration .....	24
III.4.2.1. Définition .....	24
III.4. 2.2. Principe.....	24
III.4. 3. Osmose inversée.....	25
III.4. 4. La distillation.....	25

## Partie expérimentale.

### Chapitre IV : Matériels et méthodes

IV.1. Objectif du travail.....	28
IV.2. Site d'étude.....	28
IV. 3. Matériels et méthodes.....	28
IV.3.1. Matériels.....	28
IV.3.1.1.Appareils utilisés.....	28
IV.3.1.2. Réactifs .....	29
IV.3.1.3. Protocole expérimental.....	29
IV.3.2. Méthodes .....	30
IV.3.2.1. Le prélèvement des échantillons.....	30
IV.3.2.2. Caractérisation de l'effluent.....	31
IV.3.2.2.1. Caractérisation physique.....	31
IV.3.2.2.2. Caractérisation chimique.....	32
IV.3.2.2.3. Caractérisation microbiologiques.....	36

### CHAPITRE V : Résultats et discussions

V.1. Résultats de la caractérisation de l'effluent brut.....	41
V.1.1.Caractérisation physico-chimique.....	41
V.1.1.1. pH.....	41
V.1.1.2. Température.....	42
V.1.1.3. Conductivité électrique.....	42
V1.1.4. Turbidité.....	42
V.1.1.5. Matières en suspension.....	42
V.1.1.6. La DBO <sub>5</sub> et la DCO.....	42
V.1.1.7. Matières oxydables .....	53
V.1.1.8. Composés azotés.....	53
V.1.1.9. Phosphates (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ).....	53
V.1.1.10. Calcium et le magnésium.....	53
V.1.1.11. Chlorures (Cl <sup>-</sup> ).....	53
V.1.1.12. Bicarbonates (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ).....	53

V.1.1.13. Fer.....	53
V.1.1.14. Manganèse Mn <sup>2+</sup> .....	54
V.1.2. Résultats microbiologiques.....	54
Conclusion	
Références bibliographiques	
Annexes	

## *Liste des figures*

---

Figure I.1 : Cycle de l'eau

Figure I.2 : Structure angulaire de la molécule d'eau

Figure I.3.A : Répartition de l'ensemble des eaux

Figure I.3.B : Répartition de l'eau douce

Figure I.3.C: Répartition de l'eau douce superficielle

Figure III.1 : Epuration biologique par lagune

Figure III.2.A : Principe de l'ultrafiltration

Figure III.2.B : Principe de l'ultrafiltration

Figure III.3: Représentation schématique de la chaîne de traitement des eaux usées

Figure III.4: Représentation schématique de la chaîne de traitement Des eaux usées

Figure IV.1: Protocole expérimental.

Figure IV.2 : bassin primaire de prélèvement

Figure IV.3 présentation de l'échantillon

Figure IV.4: pH mètre (électrode de verre)

Figure IV.5 Turbidimètre

Figure IV.6 et IV.7: Bouteille de DBO placé dans l'étuve thermo- statée à 20 °C

Figure IV.8: Spectrophotomètre et Réacteur de déterminée la DCO

Figure IV.9: Réactifs utilisés pour la recherche des paramètres de pollution

Figure IV.10: Dosage Calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ )

Figure IV.11: Dosage Magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ )

Figure IV.12: Ecoulement des milieux de culture

Figure IV.13: Ouverture entière du robinet dans les boîtes de pétri

Figure IV.14: Déposition de la membrane filtrante sur le milieu Endo

Figure IV.15: Bactérie (*E. coli*)

Figure IV.16 : Structure d'une bactérie

Figure IV.17: Recherche et dénombrement des *Escherichia coli* et des bactéries Coliformes -

Méthode par filtration

Figure IV.18 : A et B, C, D : Résultats biologiques

## *Liste des tableaux*

---

Tableau II.1 : Origine et maladies provoquées par les micro-organismes présents dans l'eau (Gaid, 1984)

Tableau II.2 : Effet des substances dites indésirables et CMA de l'eau

Tableau IV.1: Liste des réactifs

Tableau V.1: Valeurs des paramètres physico-chimiques de l'effluent industriel.

Tableau V.2 : Valeurs des paramètres microbiologiques de l'effluent industriel.

## المخلص

تشهد الصناعة النسيجية تطورا كبيرا, يصاحبه إنتاج معتبر من المياه الملوثة و الموجهة نحو المحيط, مما يستدعي معالجتها, بحيث تنتوع هذه الأخيرة حسب طبيعة الملوث.

يرتكز عملنا من جهة على تحليل و تمييز المياه المستعملة التابعة لمصنع الأنسجة- تسمسيلات.

بينت النتائج المتحصل عليها أن التلوث ذو طابع عضوي سائد, و لكن تحلله الحيوي ضعيف. كما لاحظنا

تلوثا جرثوميا معتبرا, مع تأثير متوسط على الطلب الكيميائي للأوكسجين, في حين أن تأثيره على المواد المتأكسدة كان ضعيفاً.

الكلمات المفتاحية : ملوث صناعي, الإمصاص الحيوي, المواد المتأكسدة, الطلب الكيميائي للأوكسجين.

## Résumé

L'industrie textile a vécu un grand développement accompagné par une grande production des eaux polluées rejetées dans l'environnement, ce qui nécessite un traitement qui varie selon la nature des polluants.

Notre travail porte sur la caractérisation physicochimique et bactériologique des eaux usées de l'industrie textile (SOFACT-Tissemsilt).

Nous avons remarqué que les effluents ont une caractéristique organique dominante, avec une contamination microbienne remarquable.

**Mots clé :** effluent industriel, biosorption, matières oxydables, DCO.

## Introduction

L'eau est la substance minérale la plus répandue sur terre, connue sous le nom d'hydrosphère, elle en recouvre les 3/4.

De toutes les composantes de notre environnement, l'eau est sans doute l'élément fondamental de la vie quotidienne. Elle se prête aux usages les plus divers: domestiques, industriels, agricoles, énergétiques ou encore à certains moyens de transport.

De ce fait, c'est l'élément autour duquel se maintient et se développe la vie car elle est indispensable à la survie de tout être vivant. Elle joue également un rôle dans le développement économique et la protection de l'environnement (Benhebal, 2004) Polluée, elle peut être également un véhicule de maladies fatales et un élément de destruction environnementale.

Toutefois elle semble avoir été le premier milieu à montrer des signes notables de pollution. Ainsi, le problème de la pollution des eaux est devenu un des aspects les plus inquiétants avec la dégradation du milieu naturel. Il pourrait constituer à long terme un réel danger pour l'humanité.

Notre travail consiste à caractériser l'effluent industriel, de la société de fabrication de couvertures textiles (SOFACT) de Tissemsilt, tels les paramètres physico chimiques et microbiologiques ainsi que la DCO, la DBO<sub>5</sub> et les matières oxydables.



## I. Généralités

L'eau est un corps incolore, inodore et insipide qui constitue un élément fondamental dans la vie de tous les êtres vivants (Larousse, 2002).

C'est le seul composé pouvant se retrouver dans les trois états de la matière, (solide, liquide, ou gazeux), aux températures ordinaires. (J. Rodier, 1978)

A l'état solide, ou glace, elle constitue glaciers et calottes glaciaires. Elle se trouve également sous forme de neige et de grêle. Dans certains nuages elle se présente à l'état liquide formé de gouttelettes d'eau. Sur les végétaux elle se présente sous forme de rosée.

Elle se trouve à l'état de gaz ou vapeur d'eau dans le bouillard et les nuages.

L'eau s'accumule sous la surface de la terre dans les interstices des roches, formant ainsi un vaste réservoir d'eaux souterraines qu'alimentent les pluies, les sources. (Artz, 1981)

L'eau provenant des précipitations (Pluie, neige, grêle), peut s'infiltrer dans le sol ou ruisseler à sa surface.

Elle peut circuler d'un réservoir à un autre en changeant d'état: c'est le cycle de l'eau.

La figure suivante indique les différentes étapes de celui-ci.

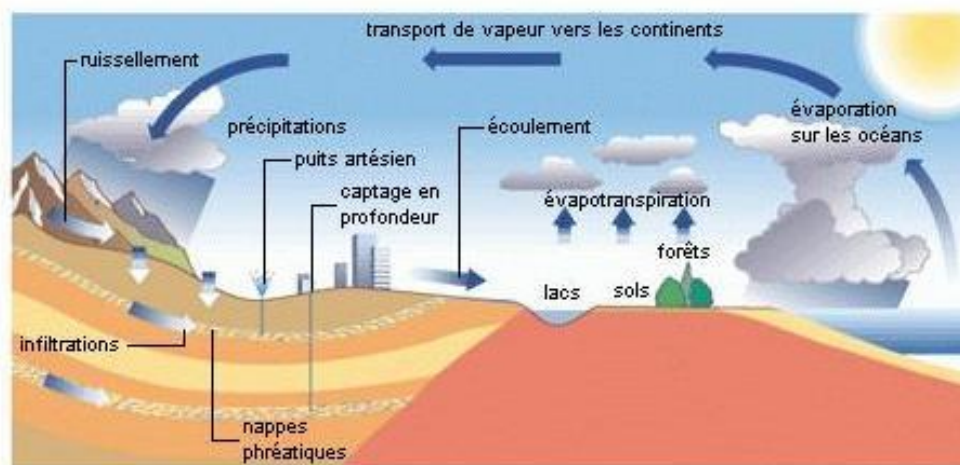


Figure I.1 : Cycle de l'eau (SIGG, 2000)

### I.1. Importance et rôle de l'eau

L'eau a une importance considérable car d'une part, elle intervient dans la nutrition des plantes à la fois directement en tant que véhicule des éléments nutritifs dissous, d'autre part, c'est un des principaux facteurs de la pédogenèse qui conditionne la plupart des processus de formation des sols. (Duchaufour, 1997)

## I.2. Structure de la molécule d'eau

D'après Ramade (1998), une molécule d'eau peut être illustrée dans l'espace sous l'aspect d'un tétraèdre dans lequel les liaisons H-O-H forment un angle de 104,5 degrés. En conséquence, elle représente un dipôle car les charges négatives de l'oxygène, qui possède deux doublets d'électrons libres, sont situées à l'opposé des deux hydrogènes qui constituent les charges positives du pôle.

La figure qui suit montre la structure angulaire d'une molécule d'eau.

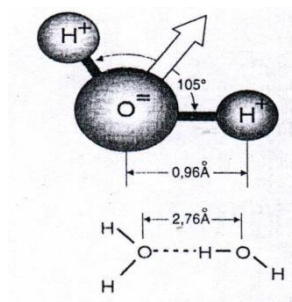


Figure I.2 : Structure angulaire de la molécule d'eau. (Ramade, 1998)

## I.3. Origine de l'eau

Selon Degremont, (1989), les réserves disponibles d'eaux naturelles, sont constituées d'eaux souterraines, (infiltration, nappes), d'eaux de surface retenues ou écoulements (lacs, barrage), et d'eaux de mer ...

Les eaux de surface proviennent surtout des pluies, elles sont constituées d'eaux de ruissellement. (Bouziani, 2000).

L'eau courante est un transporteur d'éléments dissous et de matériaux solides dont la taille décroît de l'amont vers l'aval (Degremont, 1989).

Les eaux stagnantes résultent de l'accumulation de l'eau dans une dépression naturelle ou artificielle (marnes, lacs, étangs, et retenues) (Dupont, 1981)

Les eaux souterraines, ou eaux profondes, sont des eaux, en circulation ou stockées, sous la surface terrestre. Ce sont des nappes phréatiques.

Selon Bouziani, (2000), les eaux de sources ne sont que l'émergence des eaux souterraines, qui sont plus fréquemment rencontrées dans les régions montagneuses.

Les eaux minérales sont des eaux profondes ayant des propriétés particulières, elles ont des teneurs en minéraux et en oligo-éléments susceptibles de leur conférer les vertus thérapeutiques et leur composition est stable dans le temps.

#### **I.4. Dynamique de l'eau**

L'eau a un rôle fondamental sur les propriétés physiques des sols, elle intervient dans toutes les activités humaines.

Le sol peut être considéré comme un réservoir susceptible de retenir une quantité variable d'eau dont une partie seulement est utilisable par les êtres vivants (Kaid, 1995). Dans le sol où l'eau peut être en grande quantité (jusqu'à 40% du volume total), il convient de distinguer: l'eau de composition, l'eau adsorbée, l'eau capillaire, l'eau gravitaire ou libre. (Dehahma, 2003)

Les ressources hydriques non conventionnelles sont des eaux réutilisées ou recueillies indirectement. Parmi les ressources hydriques non conventionnelles les plus utilisées on distingue surtout les eaux usées recyclées ou épurées, et les eaux dessalées (Bouziani, 2006).

En tant que substitut de l'eau douce pour l'industrie, l'irrigation et l'aquaculture, les eaux usées recyclées peuvent jouer un rôle important dans la préservation des ressources en eau et surtout dans la protection de l'environnement.

Le dessalement est un processus qui permet de diminuer la charge en sels de l'eau de mer ou les eaux saumâtres, pour les rendre utilisables.

Il existe plusieurs méthodes de dessalement telles que la distillation, la réfrigération et l'électrodialyse (Bouziani, 2006).

##### **I.4.1 Répartition de l'eau sur terre**

D'après Bouziani (2006), la quantité d'eau présente sur la planète sous différents états, est estimée à environ 1400 millions de km<sup>3</sup>, dont 97% sont salés (mers et océans). Parmi les 3% qui restent,  $\frac{3}{4}$  sont bloqués dans les glaciers et les nappes phréatiques très profondes. Donc seul le  $\frac{1}{4}$  restant est utilisable, soit 0,4% des disponibilités totales en eau douce sur terre qui peuvent être directement exploitables par l'homme, comme le montrent les figures, I.3.A, I.3.B et I.3.C, qui suivent.

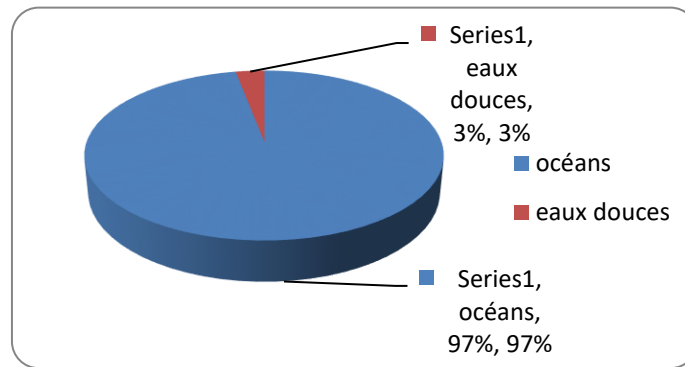


Figure I.3.A : Répartition de l'ensemble des eaux (Lean et Hinrichsen, 1994 in Bouziani, 2006)

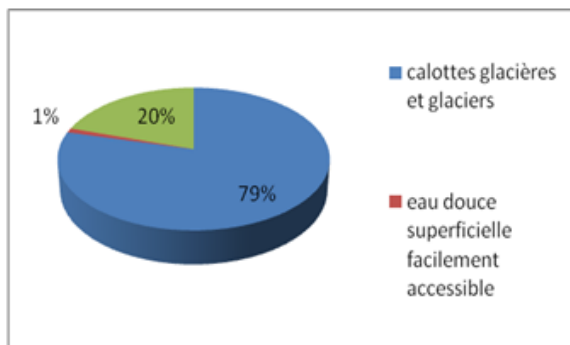


Figure I.3.B : Répartition de l'eau douce (Lean et Hinrichsen, 1994 in Bouziani,2006).

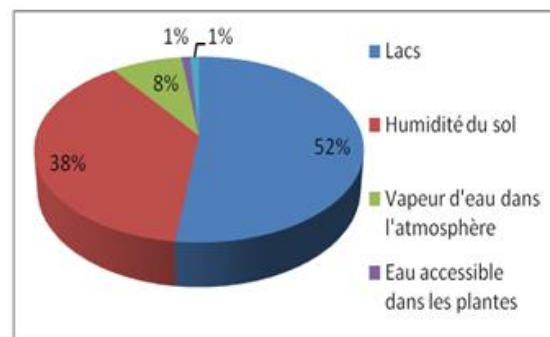


Fig. I.3.C: Répartition de l'eau douce superficielle facilement accessible (Lean et Hinrichsen, 1994 in Bouziani,2006)

## II.1. Généralités sur la pollution

La pollution de l'eau est actuellement placée en tête des problèmes de l'environnement, car l'eau, l'interface entre l'air et le sol, subit les dégradations de ces deux milieux.

### II.1.1. Définition de la pollution

Elle correspond à la dégradation de la qualité d'un milieu, provoquée par les activités de l'homme (substances chimiques, déchets industriels, eaux usées et ménagères...).

Cette pollution représente un danger et une menace pour la santé publique, perturbe les conditions de vie des végétaux et des animaux et compromet l'utilisation des éléments naturels tels que l'eau, les ressources biologiques.

On observe plusieurs formes de pollutions: chimique, physique, biologique (organique, bactériologique), sonore, atmosphérique, nucléaire.

Le polluant est une substance susceptible de générer un effet nocif et d'entraîner une nuisance, une gêne pour les êtres vivants ou des risques pour les écosystèmes (Boutiba, 2004).

### II.1.2. Eléments spécifiques de la pollution

D'après Castany, (1980), on pourrait caractériser les éléments polluants selon les possibilités de dépollution qu'ils offrent, par exemple :

- Eléments insolubles séparables physiquement (décantation, filtration, flottation)
- Eléments séparables par voie chimique (précipitation, adsorption)
- Eléments oxydables chimiquement (mesurés par la DCO)
- Eléments biodégradables (mesurés par la DBO)
- Eléments toxiques (métaux lourds).
- Colorants, etc...

### II.1.3. Origine de la pollution

Suivant l'origine des substances polluantes, nous distinguons :

- **La pollution d'origine domestique** qui se caractérise par des germes fécaux, de fortes teneurs en matières organiques, des éléments minéraux, des détergents. Pedoya, (1993)

- **La pollution d'origine agricole** est une source de pollution des eaux, qui n'est pas du tout négligeable. L'utilisation massive d'engrais chimiques, particulièrement riches en nitrates, chlorures, potassium dont l'excès peut passer aussi bien dans les eaux souterraines que dans les eaux de surface; ainsi que l'utilisation de pesticides et autres produits pour la destruction des insectes, mauvaises herbes...etc. (Dupont, 1981).

#### II.1.4. Principaux types de pollution

Les pollutions peuvent être classées, selon leur nature, en quatre catégories : physiques chimiques, organiques et microbiologiques.

- **La pollution organique** constitue souvent la fabrication la plus importante d'autant plus que dans son acception la plus large ; cette forme de pollution peut être considérée comme résultant des activités. Selon Gaid, (1984)

- **La pollution microbiologique** des eaux se traduit par une forte contamination par de nombreux agents pathogènes, bactéries et virus.(Ramade, 2005)

- **La pollution chimique** des eaux est causée par plusieurs groupes de produits selon Fresenius et Schneider, (1990).

- **Les déchets organiques** sont présents dans les décharges publiques et les eaux d'égouts tels que les cadavres, matières fécales des animaux et de l'homme.

- **Plusieurs types de dérivés d'hydrocarbures** causent cette pollution dont la marée noire, les rejets de certains déchets par les bateaux, les rejets d'huiles de vidange dans les décharges et enfin les accidents de véhicules ou les fuites de citernes.

- **Concernant les détergents** et les produits de synthèse, la production industrielle multiplie les besoins en sels de métaux lourds dont les risques toxiques ont été malheureusement illustrés : mercure, zinc et plomb retrouvés à des concentrations préoccupantes dans les eaux d'alimentation.

- **L'activité agricole**, aujourd'hui, avec l'utilisation massive d'engrais, et l'élevage industriel, devient polluante. Les fertilisants augmentent certes les rendements, mais leur application répétée, à de trop fortes doses, conduit à une pollution des sols par les impuretés qu'ils renferment. De plus, les phosphates et les nitrates apportés en excès sont entraînés par les eaux superficielles et contaminent ainsi les nappes phréatiques. De même, les pesticides minéraux ou organiques utilisés pour lutter contre les ennemis des cultures peuvent polluer les sols et la biomasse (Koller, 2004).

- On cite trois principaux agents physiques de la pollution ; la chaleur, les matières en suspension et la radioactivité.

- **La pollution thermique** est due aux rejets des eaux utilisées pour le refroidissement d'installations industrielles diverses. Ce réchauffement engendre de nombreux inconvénients tels que l'appauvrissement des eaux en oxygène, l'action stimulante sur la vitesse de multiplication des algues, ainsi que la croissance de l'activité bactérienne (Koller, 2004).

- **Les matières en suspension** proviennent des rejets urbains ainsi que des phénomènes d'érosion des sols en milieu rural où la culture est menée de façon intensive. Castany (1980)

Définies comme étant le poids en mg/l des éléments en suspension, elles comportent les matières organiques et les matières minérales (Gaid, 1984).

• **La pollution radioactive**, consiste en la présence de l'élément radioactif dans l'eau en concentration inadmissible. Elle peut être liée au voisinage des mines d'uranium, à proximité des mines et des réacteurs nucléaires. (Mohamedi, 1992)

### II.1.5. Effets de la pollution

L'eau peut devenir un variable instrument de la mort, car elle peut véhiculer des micro-organismes pathogènes et ou des substances chimiques toxiques.

La pollution chronique affecte les cours d'eau et les lacs ; elle entraîne la disparition de la faune et de la flore aquatique.

L'augmentation de la turbidité peut causer aussi un handicap dans le traitement de l'eau potable. Elle diminue la photosynthèse.

L'effet de la pollution sur l'homme est très important. L'eau polluée cause des maladies très graves telles que le choléra, la typhoïde, les diarrhées, les gastro entérites, elles-mêmes causées par des bactéries, des virus etc....

La pollution peut avoir des effets cumulatifs, qui ne manifestent leur nocivité qu'après un temps assez long. (Gounelle, 1993)

#### II.5.1. Maladies dues à la pollution des eaux

Le tableau suivant dresse un inventaire restreint des origines et des maladies provoquées par les micro-organismes présents dans les eaux usées.

Tableau II.1: Origine et maladies provoquées par les micro-organismes présents dans l'eau (Gaid, 1984)

Micro-organismes	Maladies	Origine
Schigelles	Dysenterie bacillaire	Eaux usées
Brucella	Brucellose	Eaux usées, lait
M.tuberculosis	Tuberculose	Eaux des sanatoriums et des hôpitaux
Entamoeba Hystolitica	Fièvre typhoïde	Eaux usées
Vibrio choléra	Choléra	Eaux usées
Virus Entérovirus Echo	Poliomyélite Diarrhées	Eaux usées
Insectes vecteurs	Filariose urbaine	Eaux usées

## II.6. Paramètres de détermination de la qualité et de la pollution d'une eau

La qualité des eaux correspond à un ensemble de critères physico-chimiques et bactériologiques qui définissent leur degré de pureté et, en conséquence, leur aptitude aux divers usages alimentaires, domestiques, agricoles ou industriels.

### II.6.1. Paramètres organoleptiques

Selon Rodier, (2005), les paramètres organoleptiques sont :

**-La coloration** dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration. Les couleurs réelles et apparentes sont approximativement identiques dans l'eau claire et l'eau de faible turbidité.

**-L'odeur** peut être définie comme étant:

- L'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles.

- La qualité de cette sensation particulière est provoquée par chacune de ces substances.

- **Le goût** peut être défini comme l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique, perçues lorsque l'aliment ou la boisson est dans la bouche.

### II.6.2. Paramètres Physiques

#### II.6.2.1. Turbidité

Selon Montreal, (1990), la turbidité est causée par la présence de matières en suspension, d'oxydes et d'hydroxydes métalliques, d'organismes planctoniques et de substances dissoutes colorées. L'effet le plus important de la turbidité est sa capacité de protection des bactéries et des virus contre la désinfection.

#### II.6.2.2. Densité

C'est la masse spécifique d'un corps et la masse de l'unité de volume de ce corps. Par définition, celle de l'eau pure à 4°C est de 1 gramme par millilitre (Rodier, 2005).

#### II.6.2.3. Température

La température d'une eau potable doit être inférieure en été et supérieure en hiver à la température de l'air, désaltérante. Elle doit se situer entre 8°C et 15°C ; entre 20°C et 25°C elle désaltère mal. (Rodier, 1984)

#### II.6.2.4. Conductivité électrique

La mesure en  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ou  $\text{mS}/\text{cm}$  (micro ou milli Siemens par cm) de la conductivité électrique d'une eau s'effectue à l'aide d'un conductimètre. Celui-ci mesure le passage de l'électricité entre deux électrodes plongées dans l'eau. La mesure s'effectue à 20° C ou avec un conductimètre avec compensateur automatique de température.

Elle est l'inverse de la résistivité électrique. Selon Rodier, (2005), la relation entre la résistivité et la conductivité est:

$$\text{Résistivité } (\Omega.\text{Cm}) = 10^6 / \text{conductivité } (\mu\text{s/cm})$$

#### **II.6.2.5. pH**

Selon Pedro, (1993), la valeur du pH dans une eau naturelle, dépend de l'origine de cette eau et de la nature géologique de son cours. La plupart des eaux naturelles ont un pH compris entre 6,5 et 8,3. Il peut arriver que certaines eaux polluées, par des déversements industriels, contiennent des acides forts comme le HCl et le H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, et par conséquent, leur pH est alors bien inférieur à 4,5. La mesure du pH a un intérêt dans la détermination de l'agressivité et de la désinfection de l'eau par le chlore. (Tardat-Henry, 1992)

#### **II.6.2.6. Dureté**

Principalement due à la présence de sels de calcium et de magnésium, elle se manifeste pratiquement par la difficulté de mousse avec le savon. (Balvay et al, 1999)

### **II.6.3. Paramètres chimiques**

#### **II.6.3.1. Matière organique**

Les substances non humiques sont formées par des produits de base, protéines et acides aminées, polysaccharides et sucres simples, graisses et acides gras, hydrocarbures, pigments, vitamines et toxines diverses.

Elles sont généralement peu importantes car elles sont bien dégradées et utilisées dès leur apparition dans l'eau par les micro-organismes, leur renouvellement est très rapide.

Les substances humiques constituent l'essentiel des matières organiques des eaux naturelles, élaborées par les micro-organismes (champignons, bactéries), à partir des produits végétaux et animaux. (Bontoux, 1993).

#### **II.6.3.2. Alcalinité**

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence des hydrogénocarbonates, carbonates et hydroxydes. (Rodier, 2005)

#### **II.6.3.3. Chlorures**

Les ions chlorures sont présents dans toutes les eaux à des concentrations différentes et sous forme de sels : chlorure de sodium, chlorure de potassium ou chlorure de calcium, introduits par des apports naturels ou d'origine humaine. Les eaux ne doivent pas être agressives (Bouziani, 2000).

#### **I.6.3.4. Oxygène dissous**

Le taux d'oxygène dissous est le paramètre le plus sensible. L'apport de pollution organique dans un cours d'eau, la solubilité de l'oxygène dans l'eau diminue lorsque la température augmente. (Bontoux, 1993)

### **II.7. Facteurs spécifiques de la pollution**

#### **II.7.1. Paramètres concernant les substances indésirables**

##### **II.7.1.1. Nitrites et Nitrates**

Les nitrites et nitrates constituent la forme la plus abondante de l'azote. Ils résultent du processus de nitrification, c'est-à-dire de l'oxydation de l'azote organique et ammoniacal. Généralement présents en faible concentration dans les eaux de surface, les nitrites et nitrates peuvent causer la méthémoglobinémie chez les nouveau-nés quand les concentrations atteignent des valeurs élevées (Menviq, 1990).

##### **II.7.1.2. Aluminium**

L'aluminium est un paramètre particulier, sa présence dans l'eau n'est pas toujours d'origine naturelle, les traitements de potabilisation peuvent y contribuer ; il peut aussi être lié à des contaminations industrielles ou bien à une lixiviation des sols amplifiée par une acidification des eaux. (Bontoux, 1993),

##### **II.7.1.3. Azote et Phosphore**

Les sources ponctuelles de pollution provenant des affluents industriels, agricoles et domestiques affectent de nombreuses eaux de surface en libérant souvent à la fois des nitrates et du phosphore. Ces ressources constituent jusqu'ici la principale cause de pollution (Boume dol, 2000).

##### **II.7.1.4. Fer**

Le fer est parmi les éléments les plus fréquemment rencontrés dans l'eau et, l'un des rares avec (S, N, Mn), outre l'oxygène, à avoir parfois une incidence effective sur son potentiel d'oxydoréduction. Il joue un rôle, avec d'autres métaux dans l'évolution de la biomasse, mais surtout ses rapports avec l'eau ont aussi un intérêt industriel majeur : ils sont à l'origine de la plupart des problèmes de corrosion. (Bontoux, 1993)

##### **II.7.1.5. Les Phénols**

Ils peuvent provenir de rejets industriels (papeterie, pétrochimie), et d'apport de pesticides. Ils peuvent être également d'origine naturelle. L'organisme humain en rejette une charge évaluée entre 200 mg et 300 mg par jour. Les matières humiques sont vecteurs de composantes phénoliques. Les phénols réagissent avec le chlore en cours de désinfection

pour former des chlorophénols dont le seuil de détection organoleptique est extrêmement faible. (Bontoux, 1993).

### II.7.1.6. Fluor

Selon Bouziani, (2000), on considère qu'une faible teneur en fluor dans l'eau (0,4 à 1mg/l) est favorable à la formation de l'email dentaire et protège les dents contre la carie. Des doses supérieures à 1 mg risquent de faire apparaître des taches sur l'email dentaire (Fluorose) qui s'aggravent par des décalcifications et des chutes de dents.

Le tableau suivant résume l'effet des substances indésirables dans l'eau.

Tableau II.2 :Effet des substances dites indésirables et CMAde l'eau. (J.O.R.A, 2005)

Paramètres	CMA (NA, 2005)	Effet indésirable
Al <sup>3+</sup>	0,2 mg/l	Désordre neurologie
Ca <sup>2+</sup>	200 mg/l	Entartrage des conduites
Cl <sup>-</sup>	500 mg/l	Corrosion des conduites Goût désagréable
Fe <sup>2+</sup>	0, 3 mg/l	Saveur désagréable Tâche de ligne et la plomberie Favorise le développement des bactéries
Fluorures	2 mg/l	Altération dentaire et fluorose du squelette
Manganèse	0,5 mg/l	Saveur désagréable, tâche des lignes et la plomberie, favorise le développement des bactéries
Cuivre	1 mg/l	Saveur désagréable Tâche des lignes et la plomberie domestique
Sulfates	400 mg/l	Trouble gastro -intestinaux, corrosion des conduites
Magnésium	150 mg/ l	Combiné au SO <sub>4</sub> génère goût
Les composés phosphorés	0,5 mg/ l	Développement des algues
Potassium	15 mg/ l	Entraîne goût
Sodium	250 mg/ l	A concentration élevée gêne les hypertendus
Phénol	2 mg/l	Goût désagréable

## **II.7.2. Paramètres indicateurs de pollution**

### **II.7.2.1. Matières en suspension**

La teneur ainsi que la composition minérale et organique des matières en suspension dans les eaux sont très variables selon les cours d'eau.

Tous les cours d'eau contiennent des matières en suspension, mais des teneurs de quelques milligrammes par litre ne posent pas de problèmes.

Cependant, des teneurs élevées peuvent empêcher la pénétration de la lumière et diminuer l'oxygène dissout. Les dépôts dans les zones calmes peuvent entraîner des développements anaérobies. (Rodier, 1996).

### **II.7.2.2. Demande chimique en oxygène (DCO)**

La DCO correspond à la teneur en oxygène nécessaire pour dégrader l'ensemble des matières oxydables, biodégradables ou non. On exprime la DCO par la quantité d'oxygène fournie par le bichromate de potassium et nécessaire à l'oxydation des substances organiques (protéines, glucides, lipides) présentes dans l'eau résiduaire. (Ouali, 2001),

Le rapport DCO/DBO<sub>5</sub> a une importance pour la définition de la chaîne d'épuration d'un effluent. En effet, une valeur faible du rapport DCO/DBO<sub>5</sub> implique la présence d'une grande proportion de matières biodégradables et permet d'envisager un traitement biologique. Inversement, une valeur importante de ce rapport indique qu'une grande partie de la matière organique n'est pas biodégradable, il est préférable d'envisager un traitement physico-chimique. (EIER, Juin 2004)

### **II.7.2.3. Demande biochimique en oxygène (DBO<sub>5</sub>)**

Cette valeur est la quantité d'oxygène (donnée en mgO<sub>2</sub>/l ou gO<sub>2</sub>/l) que les bactéries utilisent pour décomposer, en cinq jours et à l'obscurité, partiellement, ou pour oxyder totalement, les substances organiques dans l'eau. (Rodier, 1996).

Pour les eaux usées urbaines, sa valeur se situe en moyenne entre 200 et 300 mg/l et pour les eaux industrielles, elle varie en fonction du degré de la pollution. (Meinok. F, et al ; 1977).

## **II.7.3. Les polluants biologiques**

Selon Guiraud, (2003), les principaux polluants biologiques sont:

### **II.7.3.1. Les Bactéries**

Ce sont des organismes procaryotes, unicellulaires (une cellule équivalant à un individu) tels que les coliformes fécaux, les *streptococcus*, les *staphylococcus aureus* ...

Les algues bleues vertes sont des organismes photosynthétiques, aérobies, unicellulaires ou groupés en amas ou filaments. On les considère actuellement comme les bactéries.

**II.7.3.2. Les virus**

Ce sont les agents pathogènes des animaux et des végétaux, certains sont transmissibles par les aliments. D'autres appelés bactériophages, sont des virus bactériens capables de causer des dégâts au sein de populations bactériennes. (Guiraud, 2003).

**II.7.3.3. Champignons, levures et moisissures**

Les levures et les moisissures sont des champignons. Ce sont des organismes eucaryotes unicellulaires ou multicellulaires. La structure de la cellule est celle d'un eucaryote classique (Guiraud, 2003).

Les levures et les champignons unicellulaires constituent un groupe morphologique et physiologique relativement homogène.

Les moisissures et les champignons possèdent deux types de reproduction:

- Reproduction végétative toujours présente.
- Reproduction sexuée qui n'existe que pour certaines espèces.(Guiraud, 2003).

**II.7.3.4. Les protozoaires**

Ce sont des micro-organismes eucaryotes hétérotrophes. On rencontre parmi eux de nombreux parasites qui peuvent être transmis à l'homme par l'eau et les aliments : Entamoeba (amibe), Toxoplasma... Il s'agit d'organismes unicellulaires souvent mobiles, proches des animaux. Les cellules sont dépourvues de parois et sont capables de réaliser la phagocytose.(Guiraud, 2003).

**II.7.3.5. Les algues**

Le vaste groupe d'organismes est proche des végétaux dont il possède entre autres la paroi pectocellulosique et le caractère autotrophe (photosynthétique) avec la présence de chloroplastes. Certaines algues peuvent être utilisées comme aliments ou comme source de produits utilisables en industrie alimentaire ou en microbiologie (agar) ; d'autres sont toxiques et contaminent les produits de la mer (Guiraud, 2003).

## **Introduction**

L'objectif du traitement des eaux résiduaires est l'obtention d'une eau épurée qui satisfait aux normes de rejet édictée par la législation et pouvant par la suite être évacuée sans danger dans le milieu naturel ou bien être utilisée dans le cadre des mesures nécessaires à une bonne gestion de l'eau (recyclage), plus particulièrement en milieu industriel.

Selon la nature et l'importance de la pollution, différents procédés peuvent être mis en œuvre pour l'épuration des eaux résiduaires urbaines et industrielles en fonction des caractéristiques de celles-ci et du degré d'épuration désiré. (Boeglin. J.C, 1982)

Donc globalement le traitement des eaux usées a pour but de les dépolluer suffisamment pour qu'elles n'abîment pas le milieu naturel dans lequel elles seront finalement rejetées.

### **III.1. But du traitement**

Selon Dupant, (1981), le traitement à effectuer sur l'eau brute aura pour but de la clarifier et de la rendre bactériologiquement pure et exempte de micropolluants.

Dans la clarification, on débarrasse l'eau brute de ses particules colloïdales et en suspension en les retenant à leur passage dans une masse filtrante, après, éventuellement, un traitement approprié.

Dans le but de rendre l'eau bactériologiquement pure, on la stérilise par des oxydants tels que le chlore, l'ozone. La stérilisation s'applique aussi bien aux eaux de surface qu'aux eaux souterraines.

Enfin, pour éliminer les micropolluants, classés parmi les corps dissous, on effectue un traitement dit d'affinage. En conséquence, le traitement comportera une clarification, une stérilisation et éventuellement, un affinage.

### **III.2. Etapes du traitement des eaux**

Pour atteindre les objectifs d'une eau épurée qui satisfait aux normes de rejet édictées par la législation, les spécialistes de l'assainissement des eaux résiduaires disposent de trois groupes de techniques.

#### **III.2.1. Prétraitement**

C'est une technique de séparation de phase (liquide-solide, liquide-liquide) permettant d'extraire ce qui est en suspension et les corps flottants. Elle constitue généralement la première étape de la chaîne du traitement.

##### **III.2.1.1. Dégrillage**

Selon Thomazeau, (1981), le dégrillage a pour objectif l'élimination des matières volumineuses des eaux. Et d'après Koller, (2004), les grilles protègent les ouvrages postérieurs, et évitent l'obstruction des installations d'épuration. Ils sont généralement

constitués de grilles métalliques avec des écartements de barreaux de 4 à 7cm, et peuvent être nettoyés mécaniquement ou manuellement. Les eaux usées industrielles, sont généralement traitées sur des tamis profilés, rotatifs ou vibrants (Eckenfelder, 1982).

#### **III.2.1.2. Dilacération**

Cette opération concerne particulièrement les eaux résiduaires. Elle a pour but de broyer les déchets pour les transformer en particules plus fines. Celles-ci sont évacuées avec l'eau brute vers le décanteur. Ce système nécessite beaucoup d'impératifs liés à la nature des déchets et à l'efficacité du traitement (Melab, 2003 ; Gaid, 1984).

#### **III.2.1.3. Tamisage**

Il constitue un dégrillage fin, puisque les eaux doivent traverser des mailles étroites (quelques mm à quelques dizaines de microns). Les tamis sont donc utilisés lorsque l'on cherche à retenir les matières en suspension de petite taille. (Thomazeau, 1981)

L'eau est dirigée par gravité, ou sous pression, sur une grille profilée, concave ou à pente multiple. (Eckenfelder, 1982)

Il existe un macro-tamisage (mailles supérieures à 0,3mm), et un micro-tamisage (mailles inférieures à 100 $\mu$ ).

#### **III.2.1.4. Dessablage**

Il a pour but d'extraire des eaux les graviers, sables et particules minérales plus ou moins fines, de façon à éviter les dépôts dans les canaux et conduites ; à protéger les pompes et autres appareils contre l'abrasion, à éviter de surcharger les stades de traitement suivants. (Koller, 2004)

La technique de dessablage consiste à faire circuler l'eau dans une chambre de tranquillisation avec une vitesse constante de 0,3m/s quelque soit le débit. Cette condition est difficile à réaliser en raison de la variation du débit (Ouali, 2001).

#### **III.2.1.5. Déshuilage**

Selon Thomazeau, (1981), ces opérations conviennent pour l'extraction des corps flottants, moins denses que l'eau, pour combattre les risques de colmatage.

Les eaux résiduaires contenant des graisses et des huiles peuvent, par formation de fines couches superficielles, empêcher l'accès de l'air dans les cours d'eau, et occasionnellement, les effets d'intoxication sur les micro-organismes et les poissons. Ces deux opérations sont réalisées ensemble bien que correspondant à deux phénomènes physiques différents.

Le déshuilage correspondant à une opération de séparation liquide-liquide, le dégraissage correspond à une opération de séparation solide-liquide. (Koller, 2004)

### **III.2.2. Traitement physico-chimique**

Un traitement physico-chimique a pour objet d'accélérer l'effet gravitationnel des particules encore en suspension. Il permet d'obtenir un meilleur résultat qu'une simple sédimentation. On peut utiliser une, ou des, combinaisons des techniques suivantes.

#### **III.2.2.1. Coagulation**

La coagulation consiste à introduire dans l'effluent à traiter un produit capable de décharger les colloïdes généralement électronégatifs (par la neutralisation des charges électriques répulsives) et donc de déstabiliser l'équilibre électrocinétique des particules en suspension. Ainsi, les charges électriques négatives et l'introduction du coagulant entraînera la formation d'un précipité décantable. (Koller, 2004 ; Sigg et al, 2000 et Dupant, 1981)

#### **III.2.2.2. Flocculation**

La flocculation est l'agglomération (coalescence) des colloïdes déchargés. Elle résulte d'une série de collisions successives favorisées par une agitation mécanique. Un flocculant est surtout un composé qui a une action de pontage interparticulaire, moyennant la mise en œuvre d'un processus d'adsorption puis de réticulation ; il augmente la vitesse de formation, la cohésion et la densité des floccs qui deviennent facilement décantables. (Koller, 2004)

La flocculation rend compte de leur agglomération en agrégats éliminés par décantation et /ou filtration. (Cardot, 1999)

#### **III.2.2.3. Décantation**

La décantation est une opération unitaire, parmi les techniques de séparation liquide-solide, basée sur le phénomène de sédimentation (loi de gravitation de Newton), qui consiste à séparer d'un liquide les particules en suspension utilisant les forces gravitaires. (Koller, 2004). Les décanteurs sont des appareils dans lesquels l'eau circule d'une manière continue de façon qu'elle puisse abandonner ses matières en suspension et colloïdales rassemblées dans les floccs. (Dupant, 1981)

#### **III.2.2.4. Flottation**

La flottation est un autre procédé de traitement des eaux usées. Elle consiste à insuffler des bulles de gaz qui adhèrent aux floccs de boue présents dans les eaux usées.

Cette augmentation de leur flottabilité les fait remonter à la surface du liquide où ils constituent une couche d'écume, le flottat, qui est éliminée.

Réalisant une décantation inversée, la flottation sépare les substances solides en suspension (généralement finement dispersées dans l'eau) collectées à la surface libre de l'appareillage, en utilisant la faculté de celles-ci à se fixer à des bulles (d'air en général) de faibles dimensions, ce qui leur confère une densité apparente plus légère que celle du milieu. (Koller, 2004)

### III.2.3. Traitement biologique

Selon Koller, (2004), il reproduit certaines réactions biologiques du milieu naturel. C'est la technique la plus importante car, à l'inverse d'autres procédés n'agissant qu'en concentrateurs de pollution, elle permet la transformation des corps indésirables, notamment de la pollution organique dissoute.

Il constitue le mode classique d'épuration de la pollution organique carbonée et azotée. Les procédés d'épuration biologique des eaux usées, ont pour but essentiel d'éliminer les matières organiques en solution ou en suspension. Ces procédés peuvent être aérobies ou anaérobies. (Leclerc et Mossel, 1989)

#### III.2.3.1. Epuration aérobie

Le traitement biologique d'une eau usée s'effectue dans une sorte de réacteur où l'on met en contact des micro-organismes épurateurs et l'eau à épurer.

Si la culture est en suspension dans un bassin aéré on parlera de procédé à boues activées. Si la culture est fixée ou retenue sur un support solide on parlera de procédé du type lit bactérien ou biodisque bactérien. (Koller, 2004)

##### III.2.3.1.1. Epuration aérobie à culture fixée

Dans les procédés à culture fixée, les fortes concentrations en biomasse sont obtenues grâce à la capacité des microorganismes à se fixer sur un support et à s'y développer sous forme d'un biofilm.

La matière organique présente dans les effluents à traiter est adsorbée sur ce biofilm puis biologiquement oxydée en présence d'oxygène ou d'autres accepteurs d'électrons. Ce concept est à la base de plusieurs procédés dont les plus répandus sont les lits bactériens et les disques biologiques. (Grosclaude, 1999)

##### III.2.3.1.1.1. Les lits bactériens

D'après Baouni, (1987), un lit bactérien est constitué d'une couche de matériau dit de garnissage inerte servant de support à la biomasse, qui constitue un véritable film biologique appelé **zooglé** assurant l'épuration de l'effluent. Le principe de fonctionnement d'un lit bactérien, quelque fois appelé filtre bactérien ou filtre percolateur, consiste à faire ruisseler l'eau à traiter, préalablement décantée, sur le lit bactérien. (Larpent et al, 1985)

##### III.2.3.1.1.2. Les biodisques

Un disque biologique est une variante des lits bactériens dans lesquels les microorganismes se développent sur un support en rotation. Dans une installation à biodisque, l'effluent préalablement décanté est admis dans un bassin où des disques sont partiellement immergés (environ 40% selon Vandevenne. L, 1982). Ceux-ci tournent à la vitesse de 1 à 2

tours par minute, dans le sens de la circulation de l'eau. Ils sont regroupés sur des axes espacés de 2 à 4 cm. La rotation permet ainsi le contact entre les microorganismes et l'effluent puis entre les microorganismes et l'air en alternance. (Thomazeau, 1981)

### III.2.3.1.2. Epuration aérobie à culture libre

Le traitement biologique d'une eau usée s'effectue dans une sorte de réacteur où l'on met en contact des micro-organismes épurateurs libres dans l'eau à épurer.

#### III.2.3.1.2.1. Lagunage

Le lagunage consiste en l'utilisation d'étangs naturels ou artificiels, comme milieu récepteur d'effluents bruts ou traités. C'est un procédé de traitement où l'eau usée prétraitée ou non, est envoyée dans un étang peu profond où la matière organique et les substances nutritives sont consommées par des algues grâce au processus de photosynthèse.

(Koller, 2004)

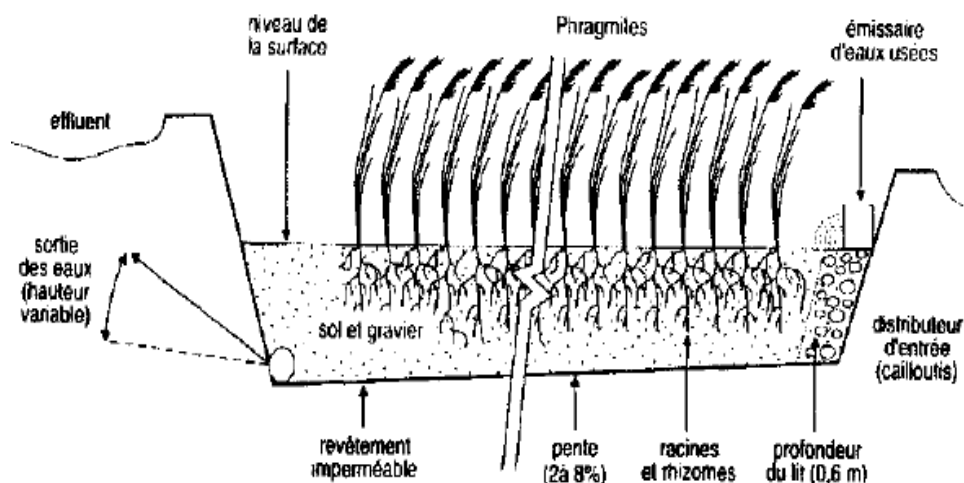


Figure III.1 : Epuration biologique par lagunage. (Ramade, 1998)

On classe généralement les étangs d'oxydation en trois catégories.

#### a - Lagunes anaérobies

La dégradation des matières organiques est assurée par des bactéries anaérobies où le milieu est pauvre en oxygène dissous. (Gaid, 1984)

#### b - Lagunes aérobies

La dégradation des matières organiques est réalisée par des bactéries aérobies et des algues en utilisant les facteurs physiques tels que le vent et la lumière. (Gaid, 1984)

### **c - Lagunes facultatives**

Elles résultent d'une combinaison des deux étangs précédents. Deux zones sont ainsi observées : une aérobie dans la partie supérieure du bassin et une anaérobie dans la partie inférieure. (Gaid, 1984)

#### **III.2.3.1.2.2. Boues activées**

Le procédé par boues activées consiste à provoquer le développement d'un film bactérien, dans un bassin alimenté en eaux usées à traiter (bassin d'aération), en brassant suffisamment la masse pour éviter la décantation des floccs, et en lui fournissant l'oxygène nécessaire à la prolifération des micro-organismes. (Koller, 2004)

Les boues constituées par la floculation des bactéries, ainsi que des matières organiques et minérales contenues dans les eaux vont être séparées dans un clarificateur. Elles sont en partie réinjectées dans le bio réacteur où se développe la culture bactérienne en suspension qui assure la destruction par voie aérobie des matières organiques ; et le reste envoyé vers les lits de séchage. (Ramade, 1998 ; Cardot, 1999)

Les boues d'origine primaires ou secondaires se présentent sous forme d'un liquide contenant des particules homogènes en suspension. La couleur des boues varie entre le brun et le gris et leur odeur est souvent désagréable car ce sont des produits facilement fermentescibles.

Les boues contiennent de grandes teneurs en azote, phosphore, potassium et le magnésium qui donnent l'importance aux boues dans le domaine agricole. (Salah Eddine, 2005).

#### **III.2.3.2. Epuration anaérobie**

Un regain d'intérêt est constaté pour la dépollution des rejets industriels biodégradables fortement concentrés ( $DBO_5 > 3000\text{mg O}_2/\text{l}$ ) par fermentation anaérobie, essentiellement comme premier étage d'un traitement biologique en vue d'une élimination de 70 à 85 % de la pollution carbonée.

Le traitement présente un certain nombre d'avantages par rapport à un traitement aérobie:

- Une faible consommation d'énergie pour les besoins du processus,
- Une faible production de boues biologiques en excès (5 fois moins que pour un traitement aérobie).
- Et surtout, la récupération d'un biogaz (à 70 % de méthane), la matière organique se retrouve principalement sous forme gazeuse et très peu sous forme de boue pouvant être utilisée industriellement comme source d'énergie.

Sur le plan technologique, le biométhaniseur peut fonctionner avec une biomasse en suspension ou avec une biomasse fixée sur un support. (Koller, 2004)

Les bactéries aéro-anaérobies dégradent les matières organiques par hydrolyse des polymères (phase de liquéfaction) puis fermentation. Celle-ci produit de nombreux produits, tels les acides organiques, les alcools et les amines (phase d'acidogénèse).

Le CO<sub>2</sub> se produit au cours de la dégradation des acides, les plus petits sont l'acide acétique et formique. Enfin, les bactéries anaérobies strictes, très spécialisées, réalisent la phase ultime produisant du méthane (phase de méthanogénèse). (Guiraud, 1998)

#### **III.2.4. Traitement tertiaire**

Plusieurs techniques d'épuration complémentaires suivront l'épuration biologique proprement dite de la matière organique. Ces traitements sont dits tertiaires, ils ont pour objet d'éliminer les sels minéraux nutritifs agents de dystrophisation et des contaminants résiduels micropolluants (certains métaux lourds, composés organiques de synthèse). (Ramade, 1998)

##### **III.2.4.1. Filtration**

La filtration est un procédé physique destiné à clarifier un liquide qui contient des matières solides en suspension en le faisant passer à travers un milieu poreux.

(Desjardins, 1990). Les matériaux utilisés sont généralement, le sable, l'antracite, la pierre ponce. (Thomazeau, 1981)

Il existe différents types de filtres parmi eux on utilise principalement des filtres à sable rapides, des filtres à sable lents, des filtres sous pression, et des filtres à terre diatomée.

##### **III.2.4.2. Adsorption**

Les molécules d'un liquide ou d'un gaz ont parfois tendance à s'accumuler naturellement sur la surface d'un matériau solide, en une seule couche ou en couches multiples. Ce phénomène est appelé l'adsorption. (Watson, 1999 ; Hou, Gounaris, Noll, 1992)

L'adsorption est un procédé physique qui permet d'éliminer les substances chimiques responsables de la couleur, des goûts et/ou des odeurs, tels que les phénols et les crésols ainsi que d'autres substances toxiques non biodégradables. (Desjardins, 1988)

##### **III.2.4.3. Désinfection**

Une eau même très bien épurée contient encore une grande quantité de microorganismes (bactéries, virus, champignons, protozoaires, etc.), dont certains sont des agents pathogènes, susceptibles de provoquer des dommages pour l'homme et les animaux.

La désinfection des eaux usées n'est toujours pas à l'ordre du jour des autorités sanitaires et n'apparaît pas dans les prescriptions relatives à la qualité de rejets.

Cette désinfection peut cependant être exigée dans certains cas très particuliers (effluent d'hôpital, par exemple). (Koller, 2004)

### **III.3. Mécanismes des traitements biologiques**

Le mécanisme de ces traitements est lié aux propriétés et aux activités métaboliques des organismes utilisés.

#### **III.3.1. Biodégradation**

C'est un phénomène par lequel tout être vivant possède, à des degrés divers, des systèmes métaboliques lui permettant de dégrader et neutraliser les substances toxiques.

Cependant, la biodégradation peut conduire à la formation de composés intermédiaires de toxicité supérieure au polluant initial, tel est le cas d'insecticide "Aldrine" qui s'époxyde en un autre composé la "Dieldrine" qui est plus toxique. (Ramade, 1998)

**- Principe :** La biodégradation s'effectue en deux phases :

- Phase d'absorption, très rapide, au cours de laquelle certaines substances organiques s'absorbent par la membrane des cellules. (Baouni, 1987)
- Phase d'oxydation, très lente, au cours de laquelle a lieu l'oxydation des matières organiques en produits de décomposition, tels le CO<sub>2</sub> et l'H<sub>2</sub>O. (Gaid, 1984)

#### **III.3.2. Bioaccumulation**

L'exemple concret de ce phénomène est celui des Cyanobactéries et micro algues eucaryotes qui dans des conditions défavorables de lumière et de nutriments produisent des polysaccharides exo cellulaires.

Ceux-ci forment une zone d'absorption passive des métaux lourds et des radionucléides qui peuvent se concentrer à l'intérieur des cellules par la suite. (Grosclaude, 1999)

#### **III.3.3. Biosorption**

La fixation ou l'accumulation des substances organiques (colorants) ou inorganiques (métaux lourds) par un matériel biologique non vivant (algues, bactéries, champignons, plantes) est dénommée biosorption. (Kumer et al, 1998)

##### **III.3.3.1. Principe de la biosorption**

La paroi des cellules microbiennes est composée principalement de polysaccharides, de protéines et de lipides qui portent des groupements chargés (carboxyliques, sulfates, phosphates et aminés), permettant la fixation des micropolluants par différence de charge. (Kuyucak et Volesky, 1988)

### III.3.3.2. Origine des biosorbants

Les biomasses utilisées dans la biosorption sont soit issues des effluents industriels, soit des organismes ubiquitaires, soit des organismes spécialement cultivés pour la biosorption. (Kuyucark, 1990)

### III.3.3.3. Différents types de biosorbants

- **Les champignons**

Ils sont très utilisés pour décolorer les effluents. Miranda et al (1986) ont observé que le pourcentage d'adsorption des colorants par *Aspergillus niger* était de 10 - 25%.

Une autre étude faite par Zhang et al (2003) démontre que la fixation du colorant Bleu 19 par *Penicillium oxalicum* est maximale (> 60%) au bout des dix premières minutes.

En effet une biomasse fongique, telle que *Penicillium chrysogenum*, peut fixer l'or à partir d'une solution de cyanure d'or. (Niu et Volesky, 1999)

- **Les bactéries**

- Hu (1992) démontre que les cellules bactériennes ont la capacité d'adsorber les colorants.

- Zhon et Zimmerman (1993) utilisent les Actinomyces comme adsorbant pour décolorer les effluents contenant des colorants "diazoïques".

- Fein et al (1997) ont utilisé *Bacillus subtilis* pour examiner les interactions microbiennes avec le cadmium, cuivre, plomb, et l'aluminium.

- **Les algues**

Les algues offrent des avantages pour la biosorption parce qu'elles possèdent des structures macroscopiques qui facilitent la production des particules biosorbantes.

- Aderhol et al (1996) ont étudié l'efficacité de trois espèces d'algues: *Ecklonia maxima*, *Lessonia flavicans* et *Durvillea potatorum* qui absorbent le Cuivre, Nickel, Zinc, Plomb et Cadmium.

- Volesky et al (1999) ont trouvé que l'uranium fixé par le genre *Sargassum* constitue plus de 50% du poids sec de la biomasse utilisée.

- **Autres biosorbants**

Des études menées par Ho et Me Kay (2002) révèlent que la biosorption des colorants (Bleu basique 96, Bleu acide 25) par la bagasse "moelle de canne à sucre" s'effectue grâce à ses fibres qui jouent le rôle d'échangeuse d'ions cationiques.

Les boues urbaines sont utilisées pour la biosorption du Rouge kongo. (Ho et Kay, 2002)

### III.4. Autres procédés de traitement de l'eau

Selon Tony, (2005), les différents procédés de traitement de l'eau sont:

#### III.4.1. La microfiltration

La microfiltration est un traitement utilisé par une majorité d'embouteilleurs et permet de séparer les matières solides du liquide au moyen d'une membrane poreuse. (Larry, 2002)

Trois catégories de traitement par microfiltration existent:

- Ceux qui permettent l'élimination des matières instables et non dissoutes.
- Ceux qui influencent la population de pathogènes et de microbes.
- Ceux qui influent sur la composition chimique.

Les deux dernières techniques sont généralement utilisées pour traiter l'eau de source et l'eau du robinet. Quant à la première catégorie, on l'utilise essentiellement dans le traitement des eaux minérales. Les multiples traitements par filtration sont utilisés pour éliminer les plus petites particules et, à protéger les filtres, encore plus fins, utilisés en aval du processus. (Tony, 2005)

#### III.4.2. L'ultrafiltration

##### III.4.2.1. Définition

L'ultrafiltration (UF) est un procédé de séparation soluté / solvant de type tamisage. C'est une technique membranaire au même titre que la microfiltration ou l'osmose inverse. Cependant, elles se différencient par la taille des particules séparées et les conditions de travail. Elle consiste à faire circuler un liquide tangentiellement à une membrane retenant des molécules ou des groupes de molécules de tailles variant de 0,02 à 0,1 $\mu$ m.

(Bourouche, et al, 1994)

Les figures suivantes (III.2. A et B) illustrent le principe de ce procédé.

##### III.4. 2.2. Principe

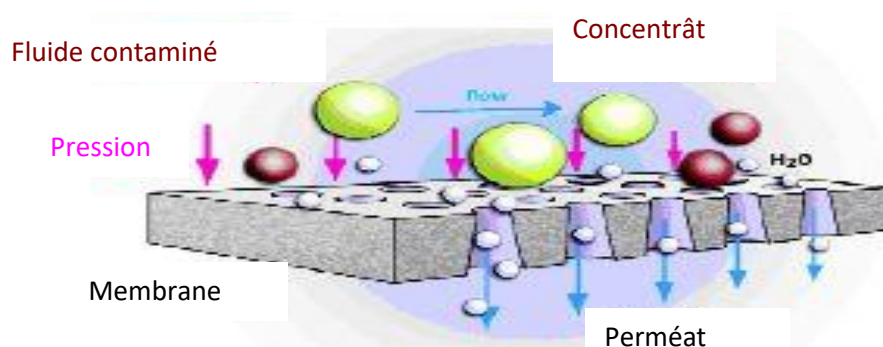


Figure III.2.A : Principe de l'ultrafiltration

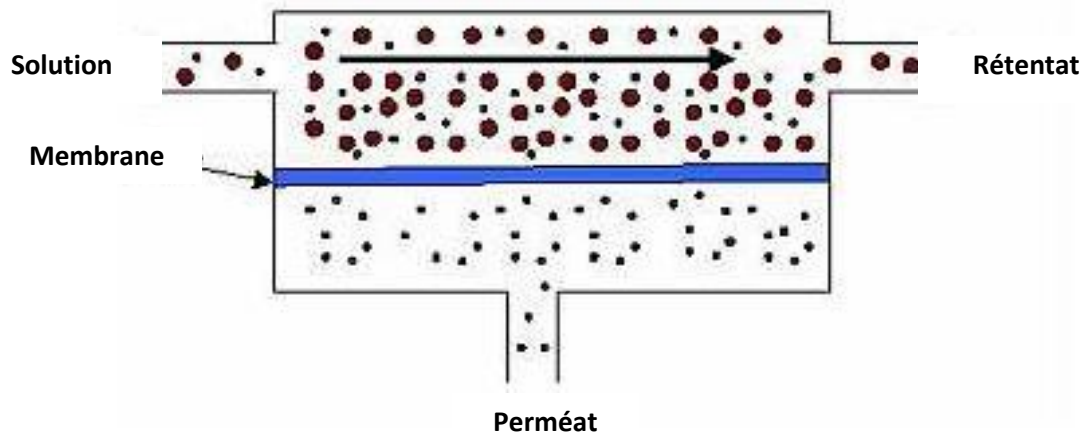


Figure III.2.B : Principe de l'ultrafiltration

### III.4. 3. Osmose inversée

L'osmose inversée consiste à forcer le passage de l'eau au travers d'une membrane semi-perméable capable de bloquer près de 90 pour cent de tous les constituants.

Généralement, cette technique est recommandée pour les eaux à forte teneur en minéraux.

Peu coûteuse, l'osmose inversée, comme son nom l'indique, est le contraire du phénomène naturel de l'osmose. (Kucera, 2001)

### III.4. 4. La distillation

Cette autre technique populaire auprès des embouteilleurs qui consiste à porter l'eau à ébullition et à en récupérer les vapeurs. La distillation retire tous les minéraux, les particules en suspension, la plupart des pesticides, des métaux, des polluants organiques. (Tony, 2005)

Les figures III.3 et III.4, récapitulent les étapes du traitement des eaux usées.

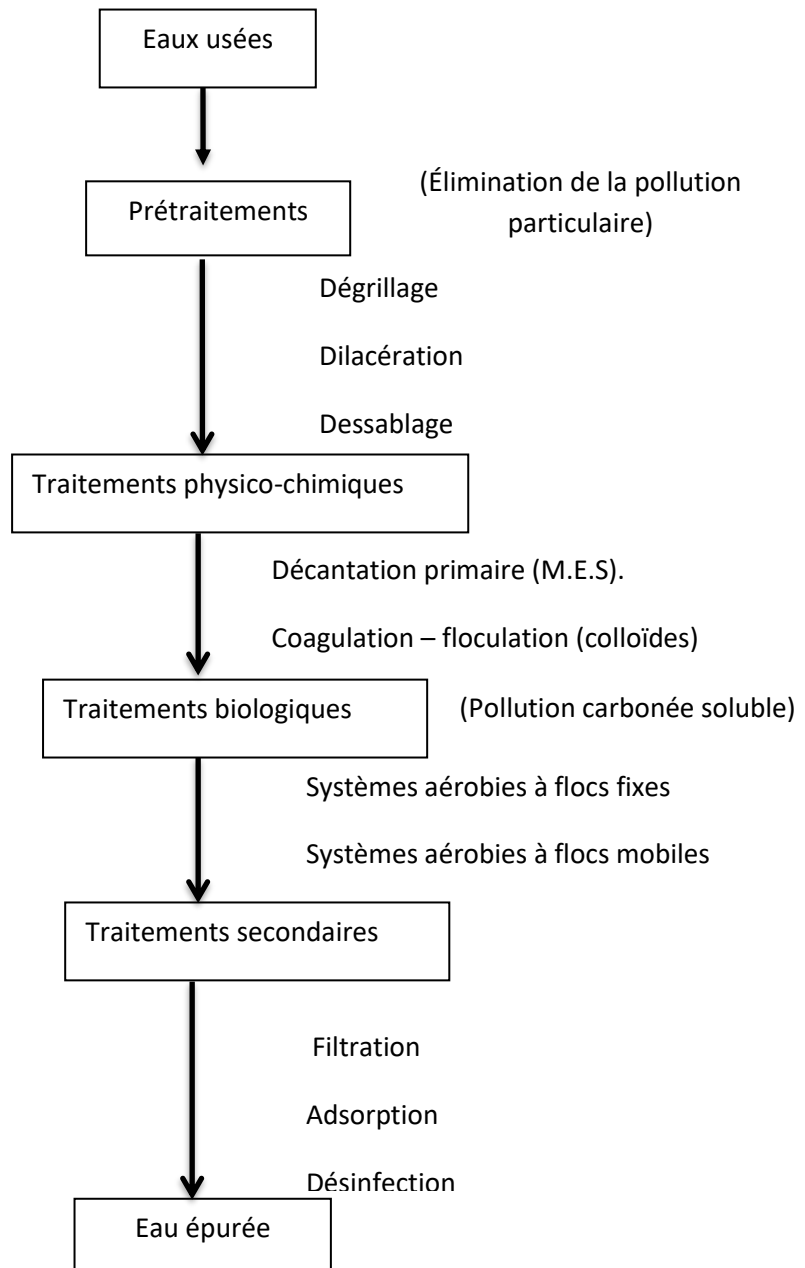


Figure III.3: Représentation schématique de la chaîne de traitement des eaux usées (Ouali, 2001).

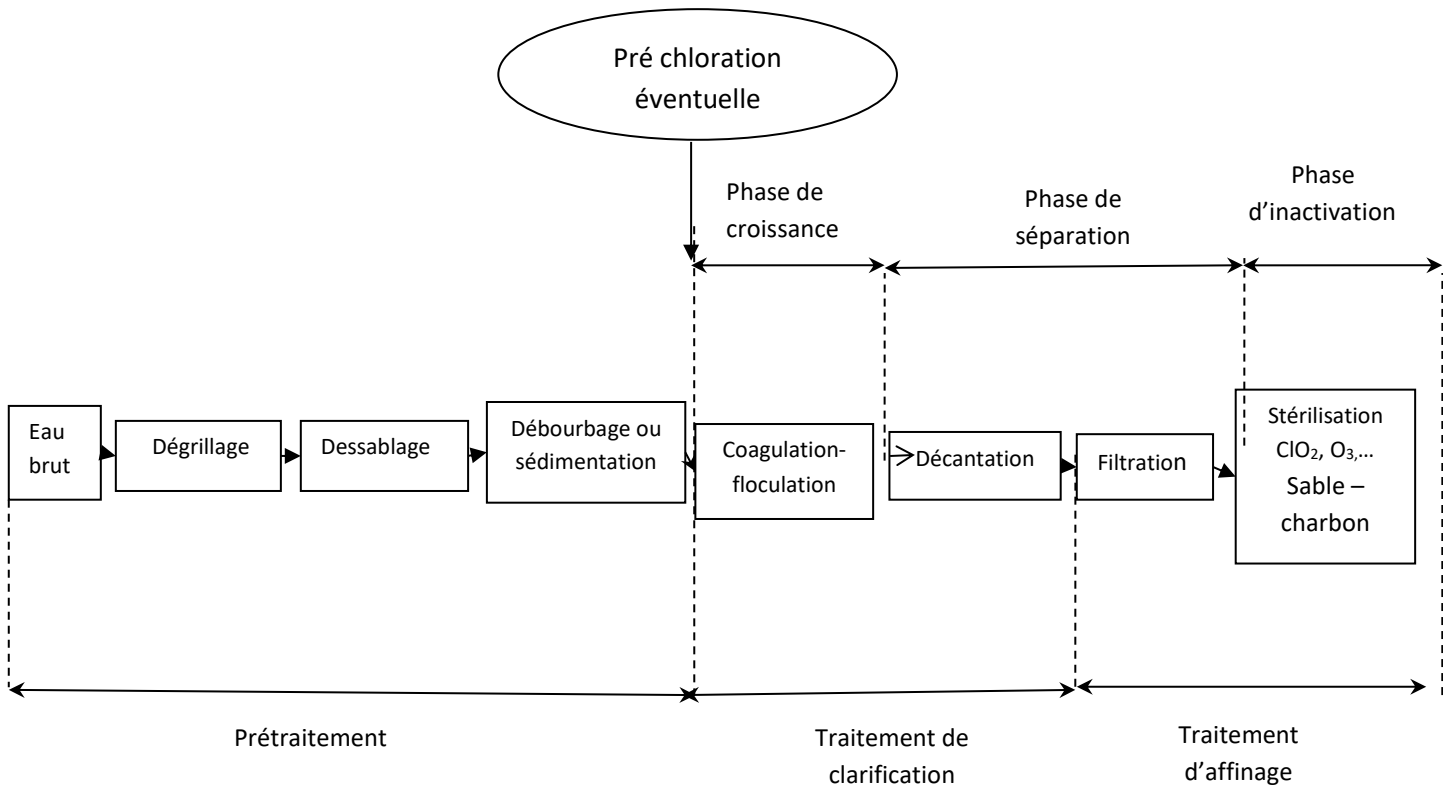


Figure III.4: Représentation schématique de la chaîne de traitement des eaux (Kettab, 1992).

### IV.1. Objectif du travail

Notre travail a pour but d'évaluer la qualité des eaux usées d'une industrie textile, SOFACT -Tissemsilt, par la détermination de quelques paramètres de pollution physico-chimiques et microbiologiques.

### IV.2. Situation de la zone d'étude

La société de fabrication de couverture textile (SOFACT), se situe au nord de la ville de Tissemsilt sur la route d'Alger d'une distance de 2 Km. Elle occupe une superficie de 10,3 hectares et produit environ 1000 000 d'unité par an.

Les matières premières mise en œuvre dans le processus de fabrication sont :

- ✚ La fibre synthétique,
- ✚ Fil,
- ✚ Les colorants à base d'acide organique,
- ✚ Les produits chimiques auxiliaires (acide sulfurique, la soude caustique, les sulfates d'aluminium, les huiles et les phosphates d'ammonium).

Pour les besoins en eau l'unité traite 100 m<sup>3</sup>/jour utilisés dans les ateliers de fabrication (lavage, teinture,.....).

L'unité génère quotidiennement environ 100 m<sup>3</sup>/jour d'eaux usées industrielles avec une charge polluante caractérisée par un pH acide ou basique, une DBO et DCO élevées ainsi que des matières en suspension (MES) d'une valeur supérieure à 300 mg/l. (Bouknine et Bensfia, 2011).

### IV.3. Matériels et méthodes

L'étude expérimentale a été réalisée au niveau du laboratoire des analyses des eaux de l'ADE-Tissemsilt, du laboratoire de traitement des eaux de la SOFACT, ainsi qu'à l'université de Mostaganem (INES), laboratoire « Structure élaboration et application des matériaux moléculaires ».

#### IV.3.1. Matériel

##### IV.3.1.1.Appareils utilisés

- Balance analytique, GR 200 – EC.
- Agitateur magnétique chauffant, F 60.
- Conductimètre, HI 9033.
- Turbidimètre, 2100N.
- Multiéléments, Session doking station.
- Plaque chauffante, PU 250.
- Spectrophotomètre, DR/2500.

- Etuve, Heraeus instruments D-6450 Hanau.
- pH mètre, Schott Geräte CG822.
- Centrifugeuse, SIGMA Laborzentrifugen D-37520.
- Bain-marie, memmertSchwabach.
- Thermomètre.
- Verrerie propre et spécifique à chaque usage.

#### IV.3.1.2. Réactifs

Le tableau qui suit regroupe les différents réactifs utilisés.

Tableau IV.1: Liste des réactifs

- Solution de KMnO <sub>4</sub> à 0.01N	- Chlorure d'ammonium
- Solution d'acide oxalique à 0.01N	- Acide chlorhydrique
- Acide sulfurique	- Murexide
- Hydroxyde de sodium	- Sulfate de magnésium
- Trictrate de sodium	- Chlorure de calcium
- Salicylate de sodium	- Chlorure de fer
- Acide phosphorique	- Sulfate mercurique cristallisé
- Tartrate de sodium et de potassium	- Sulfate d'argent cristallisé
- Nitrate de potassium anhydride	- Dichromate de potassium
- Chloroforme	- Sulfate de fer
- Heptamolybdate d'ammonium	- Alcool éthylique
- Tartrate d'antimoine	- Sulfate d'ammonium
- EDTA	

#### IV.3.1.3. Protocole expérimental

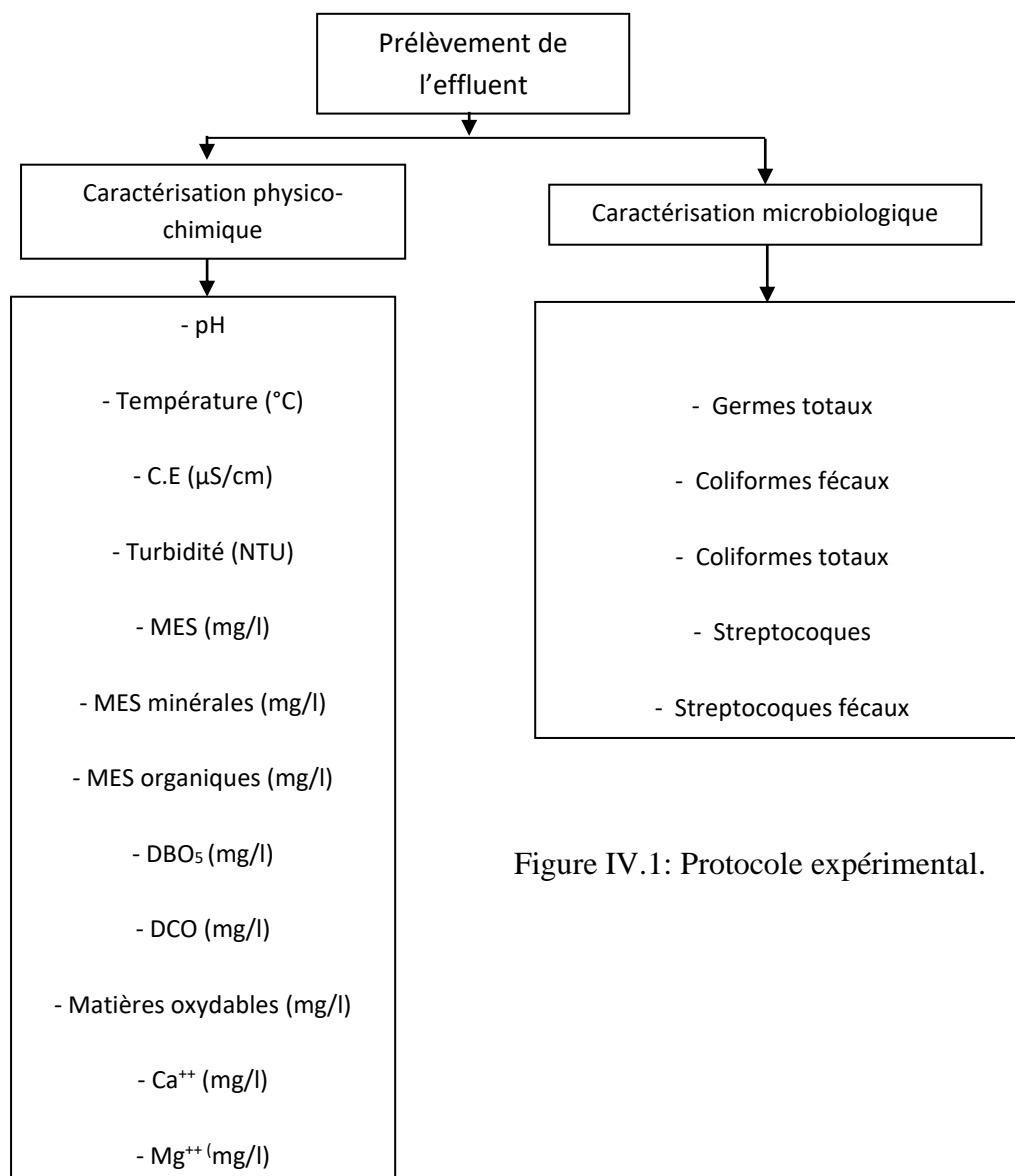


Figure IV.1: Protocole expérimental.

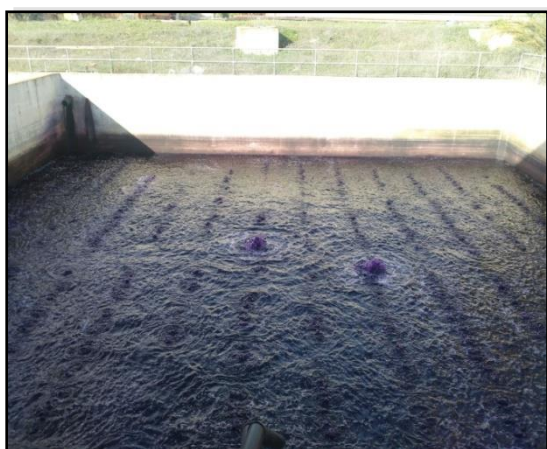
### IV.3.2. Méthodes

#### IV.3.2.1. Prélèvement des échantillons

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté. Il conditionne les résultats et l'interprétation qui en sera donnée.

L'échantillon d'eau doit être prélevé dans une bouteille propre, rincée plusieurs fois avec l'eau à analyser, puis fermée hermétiquement sans laisser de bulles d'air dans le flacon. La prise d'échantillons a été effectuée avec beaucoup d'attention et de précaution de façon à obtenir des échantillons représentatifs du milieu à analyser ainsi qu'une conservation correcte a été adoptée ( $\approx 4^{\circ}\text{C}$ ).

Le prélèvement de l'effluent a été effectué à partir du bassin primaire, (Fig. IV.2 et 3), avant tout traitement afin de déterminer les polluants rejetés par cette industrie ainsi que les microorganismes qui peuvent y résider.



Prélèvement  
→



Figure IV.2: Bassin primaire de prélèvement

Figure IV.3: Echantillon

### IV.3.2.2. Caractérisation de l'effluent

#### IV.3.2.2.1. Caractérisation physique

##### 1) La température

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz. La mesure de la température doit être effectuée sur le terrain. (Rodier, 2005)

##### 2) Le potentiel hydrogène pH

Il est en relation avec la concentration des ions hydronium ( $H_3O^+$ ) présents dans l'eau ou les solutions. (Rodier, 2004)

Il a été mesuré avec un pH-mètre au niveau du laboratoire de la station de traitement.



Figure IV.4: pH mètre (électrode de verre)

##### 3) La conductivité électrique

La conductivité et la résistivité électrique sont des paramètres couramment utilisés pour caractériser la pureté relative de l'eau. Elle se mesure à l'aide d'un conductivimètre et s'exprime en micro-siemens par centimètre ( $\mu s/cm$ ). (Rodier, 2005)

#### 4) La turbidité

C'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matières non dissoutes : argiles, limons, matières organiques, etc.... (Rodier, 2005)

Le principe consiste en une comparaison de la lumière diffusée et la lumière transmise par l'échantillon d'eau et par une gamme étalon constituée de solution de Formazine.

Pour tout échantillon d'eau, la mesure de la lumière diffusée et de la lumière transmise permet la détection de matières non dissoutes, absorbant mais diffusant mal, les rayons de la lumière, qui passeraient inaperçus par la seule mesure de la lumière diffusée.



Figure IV.5: Turbidimètre

#### IV.3.2.2.2. Caractérisation chimique

##### 1) Matières en suspension (MES)

**Principe :** Pour déterminer les matières en suspension, nous avons utilisé la méthode par filtration sur fibre de verre selon Rodier (2005) ; L'eau est filtrée et le poids de matières retenues par le filtre déterminé par pesée différentielle.

Un traitement de matières retenues par le filtre à  $525 \pm 25$  °C permet d'obtenir par différence la teneur en matières organiques et minérales.

##### 2) Matières minérales en suspension (MMS)

Le principe étant d'après Rodier (1996), que le résidu sec obtenu après filtration et séchage à l'étuve (105°C/2 heures), représentant la matière en suspension, est calciné dans le four à moufle; le poids de la matière minérale en suspension est alors déterminé par pesée différentielle.

##### 3) Détermination de la demande biochimique en oxygène (DBO<sub>5</sub>)

La DBO est définie comme la concentration d'oxygène consommée pour réaliser la destruction des composés organiques non azotés dans les conditions de l'essai: incubation à 20°C et à l'obscurité pendant un temps donné. Sa mesure a été effectuée au labo de chimie. (INES, 2016)

Appelée DBO<sub>5</sub>, son principe est la mesure de l'oxygène consommé en cinq jours d'incubation par un échantillon dilué avec une eau saturée en oxygène etensemencée avec des germes, puis placé dans une étuve thermo- statée à 20 °C. (Rodier, 2005)

**Appareils utilisés:** Matériel courant de laboratoire - Flacons d'incubation à bouchons rodés de 150 ml -  Enceinte réglable à 20° C -  Matériel nécessaire pour le passage de l'oxygène dissous.



Figure IV.6 et IV.7: Bouteille de DBO<sub>5</sub> placée dans l'étuve thermostatée à 20 °C

#### 4) Détermination de la demande chimique en oxygène (DCO)

La DCO est la teneur en oxygène consommée par les matières oxydables (réductrices) dans des conditions définies. Cette mesure correspond à une estimation des matières oxydables dans l'eau quelle que soit leur origine, organique ou minérale, biodégradable ou non. (Labo de chimie INES, 2016)

##### Appareils de mesure

- Spectrophotomètre DREL / 820
- Adaptation de tube **DCO** sur DREL / 820 jaugée 2,00 ml Poire à pipete.



Figure IV.8: Spectrophotomètre

et réacteur – Détermination de la DCO

#### 5) Détermination des matières oxydables en milieu acide

**Principe :** L'oxydation par un excès de permanganate de potassium, en milieu acide et à ébullition (10 min), des matières oxydables contenues dans l'échantillon. Réduction de l'excès de permanganate par l'oxalate de sodium en excès et titrage en retour de l'excès d'oxalate par le permanganate de potassium. (ADE, 2015)

### 6) Les nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) : méthode colorimétrique

**Principe:** Les nitrites dans l'échantillon à analyser réagissent avec un réactif mixte qui donne un complexe coloré rose dont :

- La coloration rose est proportionnelle à la quantité de nitrites présents.
- Les résultats sont donnés en mg/l à une longueur d'onde  $\lambda = 543 \text{ nm}$ .

### 7) Les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ )

**Principe :** En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrosoulate de sodium coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique.

### 8) Azote ammoniacal ( $\text{NH}_4^+$ )

**Principe :** Mesure spectrométrique du composé bleu formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylates et hypochlorites en présence de nitroprussiate de sodium.



Figure IV.9: Réactifs utilisés pour la recherche des paramètres de pollution

### 9) Détermination de l'alcalinité ( $\text{HCO}_3^-$ )

La détermination du volume d'acide chlorhydrique (0.1N) nécessaire pour diminuer le pH de 100 ml d'eau à analyser à  $\text{pH} = 8,3$  puis à  $\text{pH} = 4,3$ . La première détermination sert à calculer le titre alcalimétrique la seconde à calculer le titre alcalimétrique complet (TAC).

### 10) Détermination des phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ )

**Principe :** Formation, en milieu acide, d'un complexe avec le molybdate d'ammonium et le tartrate double d'antimoine et de potassium. Réduction, par l'acide ascorbique, en un complexe coloré en bleu qui présente deux valeurs maximales d'absorption, l'une vers 700 nm, l'autre plus importante à 880 nm.

### 11) Détermination du calcium $\text{Ca}^{2+}$ et du magnésium $\text{Mg}^{2+}$

**Principe:** Le calcium est dosé avec une solution aqueuse d'EDTA à pH compris entre 12 et 13. Ce dosage se fait en présence de Murexide ; l'EDTA réagit tout d'abord avec les ions de calcium combiné avec l'indicateur qui vire alors de la couleur rouge à la couleur violet.

Les indicateurs colorés sont le Murexide et le Noir ériochrome.



Fig.IV.10: Dosage du Calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ )

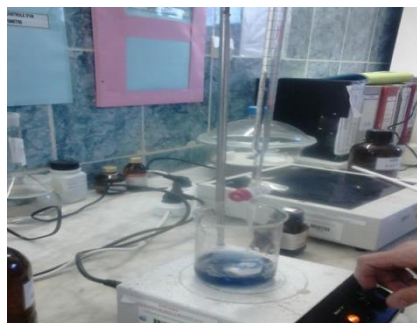


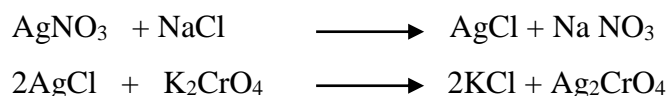
Fig.IV.11: Dosage du Magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ )

### 12) Détermination du taux de sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ )

**Principe :** En présence du chlorure de baryum, les ions sulfates sont précipités et passés à l'état de sulfates de baryum.

### 13) Détermination des chlorures ( $\text{Cl}^-$ )

**Principe :** Réaction des ions chlorures avec des ions argent pour former du chlorure d'argent insoluble qui est précipité quantitativement. Addition d'un petit excès d'ions argent et formation d'ion chromate d'argent brun-rouge avec des ions chromates qui ont été ajoutés comme indicateur. Cette réaction est utilisée pour l'indication du virage. Durant le tirage, le pH est maintenu entre 5 et 9,5 afin de permettre la précipitation.



### 14) Détermination du taux des ions de fer

**Principe :** Mesure spectrophotométrique du complexe rouge - orangé formé entre le phénanthroline 1.10 et les ions ferreux de l'eau à analyser.

Pour le dosage du fer total et du fer total dissous, du chlorhydrate d'hydroxylamine est ajouté pour réduire le  $\text{Fe}^{3+}$  en  $\text{Fe}^{2+}$ .

### 15) Dosage du manganèse $Mn^{2+}$

**Principe :** Les ions manganèses  $Mn^{2+}$  réagiront avec la Formaldoxine pour former un complexe rouge orangé, déterminé et mesuré au spectrophotomètre à une longueur d'onde de 450 nm.

Si le manganèse, en suspension ou lié, organiquement est présent, un traitement préalable est nécessaire pour le mettre sous une forme susceptible de réagir à la Formaldoxine.

#### IV.3.2.2.3. Caractérisation microbiologique

Le test bactériologique consiste à rechercher si l'eau est contaminée par les germes indicateurs de pollution. (ADE, 2015)

#### A - Dénombrement des microorganismes totaux

Elle correspond à l'estimation du nombre total de germes présents dans l'eau.

#### - Exécution des dilutions décimales

- **Dilution 10fois:** dans un tube à essai stérile contenant 9 ml d'eau distillée stérile, ajouter 1ml d'eau à analyser et agiter pour homogénéiser.
- **Dilution 100 fois:** dans un tube à essai stérile contenant 9ml d'eau distillée stérile, ajouter 1ml de la dilution  $10^{-1}$  et agiter pour homogénéiser.
- **Dilutions suivantes :** toujours de la même manière, c'est-à-dire que l'on place 1ml de la solution précédente dans 9 ml d'eau distillée stérile, nous obtenons ainsi une nouvelle dilution. Le nombre de dilution dépend de la nature et de la richesse microbienne de l'eau à analyser.



Fig. IV.12: Ecoulement des milieux de culture dans les boîtes de pétri



Fig. IV.13: Ouverture entière du robinet



Fig. IV.14: Déposition de la membrane filtrante sur le milieu Endo

## B - Dénombrement des Coliformes et Coliformes fécaux

Sous le terme coliforme est regroupé un certain nombre d'espèces bactériennes appartenant en fait à la famille des entérobactériacea.

La définition suivante a été adoptée par l'ISO ; Le terme coliforme correspond à des organismes en bâtonnets, non sporogènes , gram négatifs, oxydases négatif, facultativement anaérobies, capables de croître en présence de sels biliaires ou d'autres agents de surface possédant des activités inhibitrices de croissance similaire, et capables de fermenter le lactose avec production d'acide et d'aldéhyde en 48 heures, à des températures de 35 à 37 °C .

Le dénombrement de ces organismes à 35-37 °C est souvent désigné sous l'expression de "dénombrements des coliformes totaux ".

Le terme coliforme fécal ou de coliformes thermo tolérant correspond à des coliformes qui présentent les mêmes propriétés (caractéristiques des coliformes) après incubation à la température de 44 °C.

### C - Dénombrement des spores de *Clostridium* sulfito-réducteurs

La recherche des spores de *clostridium* sulfito-réducteurs permet de mettre en évidence un groupe de bactéries anaérobies par la résistance de leurs spores et par un équipement enzymatique réduisant les sulfites en sulfures. (ADE, 2015)

### D - Dénombrement des Entérocoques intestinaux (streptocoque fécaux)

Les streptocoques fécaux, comme leur nom l'indique sont témoins d'une pollution fécale des eaux, ils sont caractérisés par leur forte tolérance vis à vis des inhibiteurs bactériens comme l'acide de sodium qui est un inhibiteur fort vis-à-vis des enterobacteriaceae.

La technique qui est utilisée pour la recherche des streptocoques fécaux est celle de la membrane filtrante.

### E - Dénombrement recherche d'*Escherichia coli*

**Principe:** Il convient d'utiliser des milieux liquides de bouillon lactose bilié au vert brillant (BLBVB), dans des tubes munis de cloches de Durham. La présence des germes recherchés se traduit par :

- Un virage de couleur dans toute la masse liquide.
- Un dégagement de gaz dans les cloches.

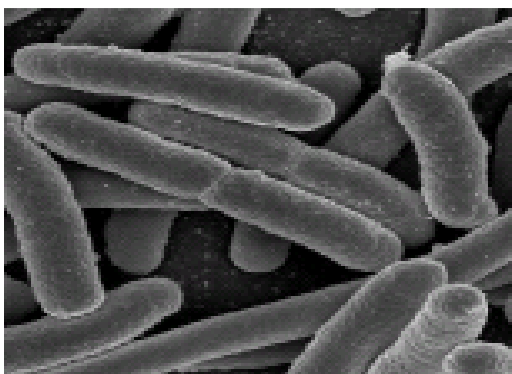


Fig. IV.15: Bactérie (*E. coli*) (Hilali, 2012)

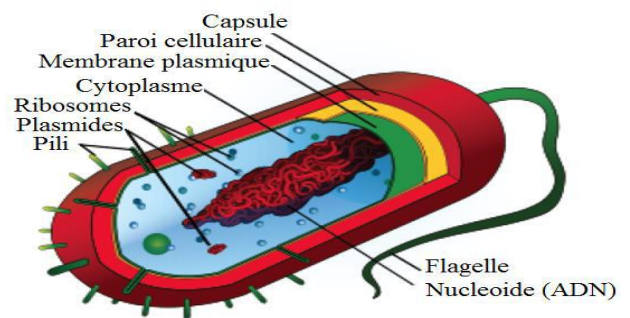


Figure.IV.16: Structure d'une bactéri (Boutin et al. 2009)

### Mode opératoire

Le dénombrement est effectué suivant la méthode du nombre le plus probable (NPP) de la table de Mac Grady. (Annexe)

- **Test confirmatif Identification des Coliformes thermo tolérants (*Escherichia coli*)**

Les tubes positifs présentent un virage de couleur ainsi qu'un dégagement de gaz dans la cloche de Durham ; ces derniers sont réensemencés dans des tubes d'eau peptonée exempte d'indole (épreuve Deikman). Pour cela nous prélevons 2 à 3 gouttes que nous rajoutons dans des tubes contenant de l'eau peptonée exempte d'indole. Les tubes sont refermés et incubés à 44° C pendant 24 à 48 h.

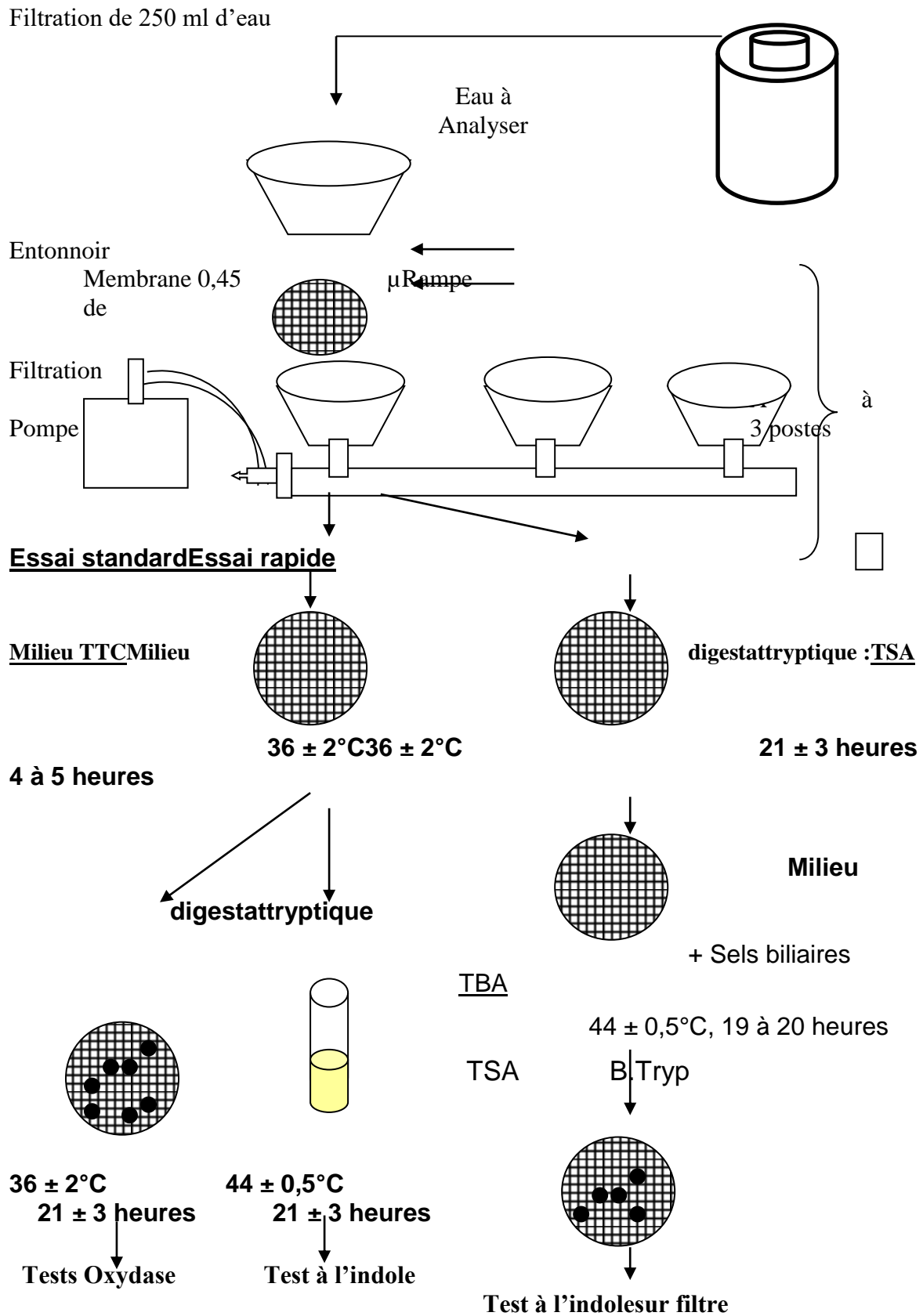


Fig. IV.17: Recherche et dénombrement des Escherichia coli et des bactéries Coliformes - Méthode par filtration.

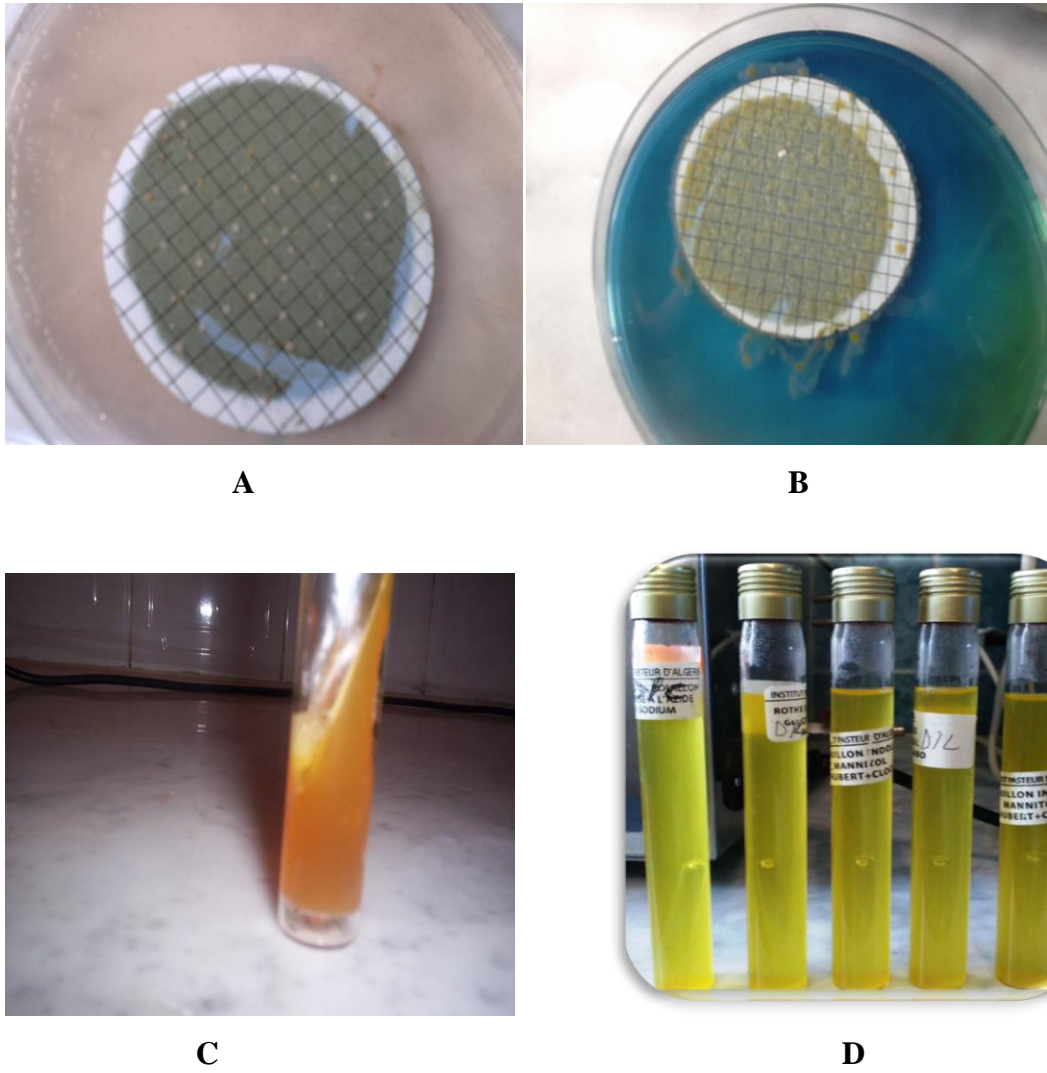


Fig.IV.18 : A, B, C, et D: Résultats biologiques

## V. 1. Résultats de la caractérisation de l'effluent brut

### V.1.1. Caractérisation physico-chimique

Les résultats de la caractérisation physico-chimique de l'effluent industriel sont présentés dans le tableau suivant.

**Tableau V.1:** Valeurs des paramètres physico-chimiques de l'effluent industriel

	Paramètres	Valeurs	Normes (J.O, 2006)
01	pH	6.61	6,5 - 8,5
02	Température	14.6°C	30°C
03	Conductivité électrique	5490 $\mu$ S/cm	-
04	Turbidité	19.2 NTU	-
05	MES	40,5 mg/l	30 mg/l
06	MES minérales	6,4 mg/l	-
07	M oxydables	17,1 mg/l	20 mg/l
08	DBO <sub>5</sub>	130 mg/l	150 mg/l
09	DCO	254 mg/l	250 mg/l
10	Manganèse Mn <sup>2+</sup>	12,1 mg/l	20 mg/l
11	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	1.2 mg/l	-
12	Ca <sup>2+</sup>	368.73 mg/l	-
13	Mg <sup>2+</sup>	184.68 mg/l	-
14	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0.07 mg/l	-
15	NO <sub>3</sub>	0.175 mg/l	-
16	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0.42 mg/l	-
17	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	915 mg/l	-
18	Cl <sup>-</sup>	1775 mg/l	-
19	Fe <sup>+2</sup>	1.7 mg/l	-

#### V.1.1.1. pH

Le pH des prélèvements est compris entre 6.61 et 7.38 ; ces valeurs sont conformes aux directives algériennes des rejets industriels qui se situent entre 6.5 et 8.5.

(Décret exécutif N° 06-141, 2006).

#### V.1.1.2. Température

La température de l'effluent industriel oscille entre 14.6°C et 18.3°C malgré le fait que le processus de fabrication utilise de l'eau tiède. L'eau perd une partie de sa chaleur, au cours du stockage, dans le bassin primaire où nous avons prélevé nos échantillons. Ces valeurs concordent avec les normes algériennes de rejets industriels.

(Décret exécutif N° 06-141, 2006).

### V.1.1.3. Conductivité électrique

La conductivité électrique (CE) est de 5490  $\mu\text{s}/\text{cm}$ , cette valeur élevée peut s'expliquer par la présence de matières chargées électriquement, notamment les colorants et la minéralisation globale des eaux.

### V.1.1.4. Turbidité

La turbidité de l'effluent est de 19,2 NTU, car il contient des matières non dissoutes, résultant du processus de fabrication (lin, colorants...etc.).

### V.1.1.5. Matières en suspension

La teneur des matières en suspension est de 40.5 mg/l, alors que les autorités algériennes fixent une valeur de 30 mg/l pour les eaux résiduaires des industries textiles.

Nous remarquons que la fraction organique représente 82.43% contre 17.57% pour la fraction minérale. En effet, certaines eaux usées contiennent une charge polluante importante. C'est pourquoi la réglementation impose des normes de rejet, dans les eaux superficielles.

### V.1.1.6. La DBO<sub>5</sub> et la DCO

La valeur de la DBO<sub>5</sub> est de 130 mg/l, une valeur inférieure à la norme des rejets textiles qui est de 150 mg/l ; tandis que la DCO est de 254 mg/l, ce qui dépasse légèrement la norme algérienne, celle-ci étant de 250 mg/l. Par contre selon, Larpent-Gourgaud M, (1992), les rejets industriels doivent être à une DCO inférieure à 120-140 mg/l.

Le rapport entre la DCO et la DBO<sub>5</sub><sup>20</sup> fournit une certaine indication sur les possibilités d'épuration de l'effluent, il indique la biodégradabilité d'un rejet d'eaux usées. Pour un rapport (DBO<sub>5</sub><sup>20</sup>/DCO) inférieur à 0,2, la charge chimique est telle qu'une épuration biologique est pratiquement impossible. Un rapport égal ou supérieur à 0,5 convient par contre à la plupart des micro-organismes. Dans ce cas une épuration par voie biologique est possible. (Larpent J.P, 1997)

Le ratio DCO/DBO<sub>5</sub> pour les eaux usées brutes est généralement compris entre 1,25 et 2,5. Lorsque le ratio DCO/DBO<sub>5</sub> est entre 3 et 7 les eaux usées peuvent être difficilement biodégradables.

Ces deux paramètres indiquent que la charge polluante des eaux usées de la SOFACT est biodégradable car le rapport DCO/DBO est égal à 1.95.

En effet, une valeur faible du rapport DCO/DBO<sub>5</sub> implique la présence d'une grande proportion de matières biodégradables et permet d'envisager un traitement biologique. Inversement, une valeur importante de ce rapport indique qu'une grande partie de la matière organique n'est pas biodégradable et, dans ce cas, il est préférable d'envisager un traitement physico-chimique.

**V.1.1.7. Matières oxydables**

Les résultats donnent une valeur moyenne des matières oxydables, en mg d'O<sub>2</sub>/l de 17,1. Ces valeurs paraissent faibles comparées à celles de la DCO qui représentent également les matières oxydables. Cette différence peut être expliquée par le pouvoir oxydant réduit du KMnO<sub>4</sub> par rapport à celui du K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> utilisé pour oxyder les matières organiques dans le cas de la DCO.

**V.1.1.8. Composés azotés**

Les analyses effectuées indiquent des valeurs inférieures à 1mg/l pour les nitrates(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) et des valeurs inférieures à 0.2mg/l pour les nitrites(NO<sub>2</sub><sup>-</sup>). Il en est de même pour l'ammonium(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), dont la valeur est également inférieure aux normes de l'OMS qui sont égales à 2mg/l. Ces valeurs sont normales l'effluent est purement industriel.

**V.1.1.9. Phosphates (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>)**

Le résultat obtenu pour les phosphates est de 0,42mg/l, les normes de l'OMS étant inférieures à 2mg/l.

**V.1.1.10. Calcium et le magnésium**

La concentration en calcium est de 368.73mg/l, tandis que la concentration en magnésium est de 184.68mg/l. Ces résultats sont supérieurs à ceux préconisés par la réglementation algérienne. (Tableau II.2. JORA, 2005).

**V.1.1.11. Chlorures (Cl<sup>-</sup>)**

Les chlorures existent dans toutes les eaux à des concentrations variables. Les résultats d'analyse donnent des valeurs de 1775 mg/l, les normes citées précédemment, étant de 500mg/l.

**V.1.1.12. Bicarbonates (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>)**

La valeur de 915 mg/l est supérieure aux valeurs guides citées par les directives algériennes (> 610 mg/l) ainsi que celles de l'OMS (671mg/l).

**V.1.1.13. Fer**

Le fer de l'eau ne présente certes aucun inconvénient du point de vue physiologique, mais à des teneurs très importantes, il influe sur la qualité organoleptique de l'eau (mauvais goût, couleur et saveur) Concernant les ions Fe<sup>2+</sup>, le résultat indique la valeur de 1,7 mg/l.

**V.1.1.14. Manganèse Mn<sup>2+</sup>**

Pour le Mn<sup>2+</sup> la valeur enregistrée (12,1 mg/l), est inférieure à celle des directives algériennes pour les rejets industriels qui sont 20 mg/l.

### V.1.2. Résultats microbiologiques

Le tableau suivant présente les résultats de la caractérisation microbiologique de l'effluent.

Tableau V.2 : Valeurs des paramètres microbiologiques de l'effluent analysé

Microorganismes	Eau
Les germes totaux à 22°C	$1.1 \times 10^5$
Les germes totaux à 37°C / 100ml	$1.3 \times 10^5$
Les coliformes totaux	+300 c/100ml
Les coliformes fécaux / 100ml	Présence
Les streptocoques D/50ml	140
Les streptocoques fécaux	66
Clostridium sulfite-réducteur à 37 °C/20ml	05
E coli	Absence

Le tableau ci-dessus montre la présence considérable de germes aérobies, ce qui peut être expliqué par le contact permanent entre l'eau et l'air. On remarque également la présence de micro-organismes indicateurs de la pollution fécale (Coliformes, Streptocoques et Clostridium sulfite-réducteur). D'après le personnel de la SOFACT, une infiltration des eaux sanitaires dans le réservoir primaire eulieu l'an passé, suite à une fuite au niveau de la canalisation. Ce qui explique la présence des germes précédemment cités.

## CONCLUSION

Les eaux usées sont extrêmement hétérogènes. Leur quantité et leur qualité varient en fonction du procédé mis en œuvre, du domaine industriel et grâce aux procédés de traitements, il est possible d'obtenir toute une gamme d'eau de qualités différentes.

A chacune de ces qualités peut correspondre un usage particulier. Il est clair que les traitements qui existent peuvent réduire les concentrations des polluants sous toutes leurs formes, à des niveaux qui sont actuellement considérés comme non dangereux.

Au terme de cette évaluation du degré de pollution physico-chimique, les résultats montrent que les eaux résiduaires de la SOFACT présentent une pollution organique dominante (DCO = 254mg/l) avec une DBO<sub>5</sub> de 130.mg/l.

Le rapport entre la DCO et la DBO<sub>5</sub><sup>20</sup> fournit une certaine indication sur les possibilités d'épuration de l'effluent, il indique la biodégradabilité d'un rejet d'eaux usées.

La valeur de ces deux paramètres indique que la charge polluante des eaux usées de la SOFACT est biodégradable car le rapport DCO/DBO est égal à 1.95. Il est généralement compris entre 1,25 et 2,5 pour les eaux brutes.

Les résultats bactériologiques indiquent la présence considérable de germes aérobies. On remarque également la présence de micro-organismes indicateurs de la pollution fécale (coliformes et streptocoques).

Afin de débarrasser une eau de sa charge polluante, notamment en matière organique soluble, il faut au préalable s'assurer de sa nature et de sa concentration.

Le procédé de coagulation-floculation, doit être mené à une température convenable avec une faible agitation, tout en optimisant les autres paramètres tels que : le pH, les doses du coagulant et du floculant.

En somme, il est impératif d'effectuer le traitement de toute eau usée avant son rejet dans la nature.

## Annexe

### 1. Réactifs pour la détermination de l'azote ammoniacal :

#### Réactif I :

- Acide dichloroisocyanurique .....2 g.
- Hydroxide de sodium ( NaOH) ..... 32g.
- H<sub>2</sub>O distillée .....q.s.p 1000 ml.

#### Réactif II (coloré) :

- Tri citrate de sodium ..... 130 g.
- Salicylate de sodium ..... 130 g.
- Nitropruciate de sodium .....0,97 g.
- H<sub>2</sub>O distillée .....q.s.p 1000 ml

### 2. Réactif pour le Dosage des nitrites (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) :

#### Réactif Mixte :

- Sulfanilamide .....40g.
- Acide phosphorique .....100 ml.
- N-1- Naphtyl éthylène diamine ..... 2 g.
- H<sub>2</sub>O distillée ..... q.s.p 1000 ml.

### 3. Réactifs pour le dosage de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> :

➤ Solution de salicylate de sodium à 0.5 % (renouveler toutes les 24 h).  
0.5 gr de salicylate de sodium dans 100 ml d'eau distillée.

➤ Solution d'hydroxyde de sodium 30 %.  
30 gr de NaOH dans 100 ml d'eau distillée.

➤ H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentré.

➤ Tartrate double de sodium et de potassium.

Hydroxyde de sodium Na O.....400g.

Tartrate de sodium et de potassium .....60 g.

Eau distillée.....q.s.p 1000 ml.

Laisser refroidir avant de compléter à 1000 cc. Cette solution doit être conservée dans un flacon de polyéthylène.

Solution mère d'azote d'origine nitrique à 1000 mg/l.

Nitrate de potassium anhydre .....0,722 g.

Eau distillée .....1000 ml.

Chloroforme .....1 ml.

#### **4. Réactifs pour la détermination des phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ )**

##### **Réactif Mixte :**

Heptamolybdate d'ammonium .....13 g.

Eau distillée .....100 ml.

Tartrate d'antimoine ..... 0,35 g.

Eau distillée.....100 ml.

Acide sulfurique pur .....150 ml.

Eau distillée.....150 ml.

##### **Acide ascorbique à 10**

Acide ascorbique.....10g.

Eau distillée.....100ml.

##### **Compositions des milieux de culture :**

##### **Eau peptone**

Peptone .....1g

Eau distillée .....1000ml

Faire dissoudre la peptone dans l'eau distillée, répartir dans les tubes à essais de 18 ml par tube, stérilisé à l'autoclave 120 C° pendant 20mn.

**Composition du milieu TGEA (Tryptone Glucose Extract Agar) :**

Peptone de caséine .....5g

Extrait de viande .....3g

Glucose .....1g

Agar –agar .....15g

La préparation consiste à dissoudre ces produits dans de l'eau à ébullition ajuster le pH = 7 à 20 C°, remplir le milieu dans des flacons en raison de 200 ml par flacon, stériliser à 120 C° pendant 15mn.

**Milieu Viande Foie (VF) (GUILLAUME, 2004):**

Base viande de foie .....10g

Peptone .....20g

Extrait de levure .....10g

Glucose .....5g

Agar-agar .....15g

Eau distillée .....1000ml

PH (7,4 ± 0,2).

**Gélose SS: (SHREWSBURY, 1957)**

Peptone pancréatique de caséine .....10g

Extrait de viande .....5g

Lactose.....10g

Sels biliaires.....6g

Citrate de sodium .....	8,5g
Citrate de fer ammoniac .....	1g
Thiosulfate de sodium .....	8,5g
Rouge neutre .....	0,025g
Vert brillant .....	0,00033g
Eau distillée .....	q.s.p 1000 ml

Dissoudre la peptone et l'extrait de viande dans l'eau distillée à chaud .Après dissolution, ajouter les autres ingrédients .Porter lentement à l'ébullition tout en agitant .Répartir en flacons de volume adapté à l'utilisation .Stériliser ceux-ci par chauffage de 30 minutes à 100°C ne pas utiliser d'autoclave.

**Milieu King B :( BIOKAR DIAGNOSTICS, 1969 )**

Peptone .....	20,0 g
Glycérol.....	10,0 ml
Phosphate dipotassique .....	1,5 g
Sulfate de magnésium, 7 H <sub>2</sub> O .....	1,5 g
Agar-agar bactériologique.....	15,0 g

pH du milieu prêt-à- l'emploi à 25°C : 7,2 ± 0,2.

**Milieu de ROTHE:( MALLMANN, 1950)**

Dans 1 litre d'eau distillée, dissoudre par chauffage doux :

Peptone.....	20g
Glucose.....	5g
Chlorure de sodium.....	5g
Phosphate dipotassique.....	2.7g
Phosphate mono potassique.....	2.7g

Azothydrate de sodium.....0.2g

pH (6,8-7)

La préparation consiste à dissoudre 36,2 g par litre (simple concentration) ou 72,4 (double concentration). Autoclavage classique

#### **4 Protocoles opératoires des éléments dosés**

##### **4.1) Turbidité**

###### **Mode opératoire**

Remplir une cuvette de mesure propre et bien essuyée, (avec du papier absorbant), avec l'échantillon à analyser.

- Bien homogénéiser la solution.
- Vérifier l'absence de bulles d'air avant la mesure.
- Effectuer rapidement la mesure.

Le résultat est obtenu directement en UNT.

#### **5 Caractérisation chimique**

##### **5.1) Matières en suspension (MES)**

###### **Mode opératoire**

Selon Yvesbozio et Bertrand (1997), on re-filtre 100ml du lactosérum sur un papier filtre dont on détermine son poids avant. Après, on place le papier dans une étuve à 105°C pendant 2 heures pour le séchage, ensuite on laisse refroidir dans un dessiccateur durant 15mn. La teneur de la matière en suspension est obtenue par la formule suivante :

$$\text{MES (mg/l)} = (M_1 - M_0) 1000/V$$

$M_0$  : La masse initiale en (mg) du papier filtre sec

$M_1$  : La masse en (mg) du papier filtre après filtration et séchage.

##### **5.2) Matières minérales en suspension (MMS)**

###### **Mode opératoire**

On entraîne le résidu sec résultant de la dessiccation du papier filtre dans une capsule de platine, on place cette capsule dans un four à moufle pour la minéralisation du résidu à  $525 \pm 25^\circ\text{C}$  pendant + 2 heures. Après refroidissement au dessiccateur, on procède à la pesée de la capsule. (Rodier, 1996)

La teneur de la matière minérale en suspension, en milligrammes par litre, est donnée par l'expression suivante :

$$\text{MMS} = (M_3 - M_2) 1000/V$$

V : Le volume en (ml) de la prise d'essai

M<sub>2</sub> : La masse de la capsule vide en (mg)

M<sub>3</sub> : La masse en (mg) de la capsule après minéralisation

### 5.3) Détermination de la demande biochimique en oxygène (DBO<sub>5</sub>)

#### Mode opératoire

- Mesurer 164 ml d'eau de l'échantillon dans la bouteille propre de l'incubateur hermétiquement relié à un manomètre à mercure lors de la biodégradation des matières organiques,
- Introduire l'agitateur magnétique dans chaque bouteille,
- Mettre 2 pastilles d'hydroxyde de potassium dans chaque bouchon intérieur (noir) avec deux pincettes,
- Visser sans fermer hermétiquement le bouchon,
- Mettre sur le système d'agitation à 20 °C,
- Laisser s'établir l'équilibre pendant 30 mn et fermer hermétiquement le bouchon,
- Relever les valeurs après 5 jours.
- Utiliser les mesures des autres groupes et déterminer la précision des mesures.

Il est recommandé d'effectuer le double de chaque dosage (selon la disponibilité du matériel de mesure).

### 5.4) Détermination de la demande chimique en oxygène (DCO)

#### Réactifs

Produit chimique de la **DCO** (tube de réactif **DCO**)

#### Mode opératoire

- Ajouter 2 ml d'échantillon en tube de réactif **DCO**.
- Placer le tube bouché dans le réacteur **DCO** et chauffer deux heures à 150 °C
- Lire la valeur de la **DCO** directement sur un colorimètre ou spectrophotomètre.

### 5.5) Matières oxydables

#### Mode opératoire

- Prendre 100 ml d'eau à analyser,
- Ajouter 5 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dilué (1/3) et porter à l'ébullition pendant 1min,
- Ajouter 15 ml de KMnO<sub>4</sub> à 0.01N puis 10min d'ébullition régulière et douce,
- Ajouter 15 ml d'acide oxalique à 0.01N,
- Titrer à chaud avec KMnO<sub>4</sub> à 0.01N jusqu'à coloration rose claire qui persiste 15 à 20 secondes.
- Un essai à blanc est nécessaire.

#### Expression des résultats

On indique les résultats comme oxydabilité (consommation de permanganate de potassium) en mg de KMnO<sub>4</sub>/l.

$$\text{KMnO}_4 \text{ (mg/l)} = \frac{(V - V_0) \times F \times 80}{\text{PE}}$$

PE

$V_0$  : volume de  $\text{KMnO}_4$  à 0.01 N nécessaire pour le dosage du blanc.

$V$  : volume de  $\text{KMnO}_4$  à 0.01 N nécessaire pour le dosage de l'échantillon.

$F$  : facteur de correction du titre de  $\text{KMnO}_4$  à 0.01N ( $F = 1$ ).

P.E : prise d'essai de l'échantillon (100 ml).

### 5.6) Les nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) : méthode colorimétrique

#### Mode opératoire

- Prendre 50 ml d'eau à analyser
- Ajouter 1 ml du réactif mixte
- L'apparition de la coloration rose indique la présence des nitrites.
- Faire la lecture au spectrophotomètre à la longueur d'onde  $\lambda = 543 \text{ nm}$ .
- Le résultat sera donné directement en mg/l

### 5.7) Les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ )

#### Mode opératoire

- Prendre 10 ml de l'échantillon à analyser.
- Ajouter 2 à 3 gouttes de  $\text{NaOH}$  à 30%.
- Ajouter 1 ml de salicylate de sodium.
- Evaporer à sec à l'étuve à  $75-88^\circ\text{C}$ .
- Laisser refroidir.
- Reprendre le résidu avec 2 ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  et laisser reposer 10 min.
- Ajouter 15 ml d'eau distillée.
- Ajouter 15 ml de Tartrate double de sodium et de potassium puis passer au spectrophotomètre à la longueur d'onde  $\lambda 415 \text{ nm}$ .
- Le résultat sera donné directement en mg/l.

### 5.8) Azote ammoniacal ( $\text{NH}_4^+$ )

#### Mode opératoire

- Prendre 40 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 4 ml de réactif 1 et 4 ml du réactif 2.
- Ajuster la solution à 50 ml avec l'eau distillée.
- Attendre 1h30 min (l'apparition de la coloration verdâtre indique la présence de  $\text{NH}_4^+$ ).
- Faire la lecture au spectromètre à la longueur d'onde  $\lambda 655\text{nm}$ .
- Les résultats sont donnés directement en mg/l.

### 5.9) Détermination de l'alcalinité ( $\text{HCO}_3^-$ )

#### Mode opératoire

- Prendre 100 ml d'eau à analyser,
- Déterminer le pH de l'échantillon,
- Si le  $\text{pH} < 8,3$  le TA = 0,
- Si le  $\text{pH} > 8,3$  on titre avec le  $\text{HCl}$  0,1N jusqu'au  $\text{pH} = 8,3$  et en note le volume ( $V$ ),
- Titrer avec le  $\text{HCl}$  0,1N jusqu'à l'obtention d'un  $\text{pH} = 4,3$ ,
- Noter le volume de  $\text{HCl}$  ( $V_1$ ).

#### Expression des résultats

$$[\text{HCO}_3^-] \text{ (mg/l)} = \frac{V_A \times N_A \times \text{MHCO}_3 \times 1000}{\text{PE}} = \frac{V_A \times 0.1 \times 61 \times 1000}{100}$$

PE

100

$$[\text{HCO}_3^-] \text{ (mg/l)} = V_A \times 61$$

$V_A$  : Volume d'acide versé.

$N_A$  : normalité d'acide versé.

$\text{MHCO}_3^-$ : masse molaire des bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ).

### Remarque

Si le pH de l'échantillon est supérieur à 8,3 ; titrer jusqu'à cette valeur (volume d'HCl obtenu correspond au  $\text{CO}_3^{2-}$ ) continuer le dosage jusqu'à pH 4,3 puis noter le volume  $V_{A2}$ .

$$\text{CO}_3^{2-} \text{ (mg/l)} = V_{A2} \times 60$$

## 5.10 Détermination des phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ )

### Mode opératoire

- Prendre 40 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 1ml d'acide ascorbique et 2 ml du réactif mixte.
- Attendre 10 mn (jusqu'au développement de la couleur bleue).
- Lire directement au spectrophotomètre à la longueur d'onde  $\lambda = 880 \text{ nm}$ .
- Les résultats sont donnés directement en mg/l.
- 

## 5.11 Détermination du calcium $\text{Ca}^{2+}$ et du magnésium $\text{Mg}^{2+}$

### Mode opératoire

#### Pour le $\text{Ca}^{2+}$

- Prendre 50 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 2 ml de NaOH 2N.
- Ajouter du Murexide (quelques gouttes).
- Titrer avec l'EDTA (1/50 N) jusqu'au virage violet.
- Obtention d'un volume ( $V_1$ ) d'EDTA.

#### Pour le $\text{Mg}^{2+}$

- Prendre 50ml d'eau à analyser.
- Ajouter 2ml de  $\text{NH}_4\text{OH}$  à pH =10,1.
- Ajouter le noir ériochrome (quelques gouttes).
- Titrer jusqu'au virage bleu.
- Obtention d'un volume ( $V_2$ ) d'EDTA.

### Facteur de correction (f)

- Prendre 50 ml de la solution mère de calcium à 100mg/l.
- Ajouter 2 ml de NaOH.
- Ajouter l'indicateur coloré murexide (quelques gouttes).
- Titrer avec l'EDTA jusqu'au virage violet.
- Obtention d'un volume ( $v_p$ ) d'EDTA.

### Résultats

$$\text{Ca}^{2+} \text{ (mg/l)} = \frac{V_1 \times C_{\text{EDTA}} \times F \times M_{\text{Ca}^{2+}} \times 1000}{P.E}$$

Avec :  $V_1$  : Volume d EDTA nécessaire pour une concentration donnée.

$C$  : Concentration molaire d'EDTA (0,01 M / l).

$M_{Ca^{2+}}$  : Masse molaire du calcium en gramme.

P.E : Prise d'essai (volume de l'échantillon nécessaire pour ce dosage).

$F$  : Facteur de dilution

$$Ca^{2+} \text{ (mg/l)} = \frac{V_1 \times 0.01 \times F \times 40.08 \times 100}{50}$$

50

Soit

La détermination du magnésium, en mg/l, est donnée par la formule suivante :

$$Mg^{2+} \text{ (mg/l)} = \frac{(V_2 - V_1) \times C_{EDTA} \times F \times M_{Mg^{2+}} \times 100}{P.E}$$

P.E

$$Ca^{2+} \text{ (mg/l)} = V_1 \times F \times 8.016$$

Avec :  $V_1$  : volume d'E.D.T.A nécessaire pour une concentration donnée

$V_2$  : volume total d'EDTA (mg /l)

$C$  : concentration molaire d EDTA (0.01 mol/l)

$M_{Mg}$  : Masse molaire du magnésium en g/mol

P. E : Prise d'essai (volume de l'échantillon nécessaire pour ce dosage)

$F$  : Facteur de dilution

Ainsi

$$Mg^{2+} \text{ (mg/l)} = (V_2 - V_1) \times F \times 4,86$$

## 5.12 Détermination du taux de sulfates ( $SO_4^{2-}$ )

### Mode opératoire

- Prendre 20 ml de l'eau à analyser,
- Compléter à 100 ml d'eau distillée,
- Ajouter 5 ml de la solution stabilisante,
- Ajouter 2 ml de chlorure de baryum,
- Lire au spectrophotomètre à la longueur d'onde  $\lambda$  420 nm.

### Expression des résultats

$[SO_4^{2-}]$  (mg/l) = la valeur lue sur le spectrophotomètre x facteur de la dilution.

## 5.13 Détermination des chlorures ( $Cl^-$ )

### Mode opératoire

- Prendre 5 ml d'eau à analyser,
- Ajouter 2 gouttes  $K_2CrO_4$  (coloration jaunâtre),
- Titrer avec  $AgNO_3$  à 0,01 N jusqu' à coloration brun rougeâtre.

### Expression des résultats

$$\frac{V_{AgNO_3} \times N_{AgNO_3} \times M_{Cl}}{PE} = \frac{V_{AgNO_3} \times 0.01 \times 35.5 \times F \times 1000}{5}$$

PE

5

- mg/l  $Cl^-$  =  $V_{AgNO_3} \times 71 \times F$ .

$V_{AgNO_3}$  : Volume d' $AgNO_3$  nécessaire pour le dosage de l'échantillon.

$N_{AgNO_3}$  : Normalité d' $AgNO_3$ .

- MCl<sup>-</sup> : masse molaire des chlorures.  
 F : facteur de correction du titre d'Ag NO<sub>3</sub>.  
 PE : prise d'essai.

**Pour le F**

- Prendre 5 ml de solution mère à 71 mg/l.
- Ajouter gouttes de l'indicateur coloré
- Doser par AgNO<sub>3</sub> à 0,01 N jusqu'au virage. (Couleur rougeâtre).  $F = \frac{1}{V_{AgNO_3}}$

**5.14) Détermination du taux des ions de fer**

**Mode opératoire**

- Prendre 50 ml d'eau à analyser dans un erlenmeyer de 100 ml,
- Ajouter 1 ml de la solution de chlorhydrate d'hydroxylamine,
- Mélanger soigneusement,
- Ajouter 2 ml de tampon acétate,
- Ajouter 2 ml de la solution 1,10 de phénanthroline,
- conserver à l'obscurité pendant 15 min,
- Enfin passer au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 510 nm,
- Le résultat est donné en mg/l.

**5.15) Dosage du manganèse Mn<sup>2+</sup>**

**Mode opératoire**

- Prendre 50 ml d'eau à analyser dans un erlenmeyer de 100 ml,
- Ajouter 1 ml de solution sel de Mohr,
- ajouter 2 ml d'EDTA (0,24 mole/l),
- ajouter 1 ml de Formaldoxine,
- ajouter 2 ml NaOH,
- ajouter 3 ml de Mélange Ammoniaque + solution Chlorure Hydroxylammonium,
- Laisser reposer pendant 20 min,
- Enfin passer au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 450 nm
- Les résultats sont donnés directement en mg/l.

**6 Caractérisation microbiologique**

**A - Dénombrement des microorganismes totaux**

**Mode opératoire**

- A partir de l'eau à analyser solution mère et/ou des dilutions décimales 10<sup>-1</sup> et 10<sup>-2</sup>, porter aseptiquement 1ml en double dans deux boites de Pétri vides d'un diamètre de 90 mm.
  - Compléter ensuite avec environ 19 ml de TGEA fondue et refroidie à 45 ± 2°C.
  - Faire ensuite des mouvements circulaires et en forme de « 8 » pour permettre à l'inoculum de se mélanger à la gélose.
  - Laisser solidifier, puis rajouter une deuxième couche d'environ 5 ml de TGEA.
  - Marquer sur chacune des boites de pétri le numéro d'enregistrement de l'eau à analyser, la température d'incubation et la dilution.
- Les boites seront partagées en deux séries distinctes :
  - La première série sera incubée à 22 ± 2°C pendant 68 ± 4 heures,
  - La seconde série sera incubée à 36 ± 2°C, pendant 44 ± 4 heures.
- Les colonies apparaissent en masse sous formes lenticulaires.
- Retenir les boites qui renferment entre 15 et 300 colonies, au niveau de deux dilutions successives.

- Calculer ensuite le nombre, de microorganismes revivifiables dans 1ml à  $22 \pm 2^\circ\text{C}$  à part, et celui de microorganismes revivifiables à  $36 \pm 2^\circ\text{C}$  à part, à l'aide de l'équation

suivante : Où:  $\Sigma c$  : la somme totale des colonies comptées

$n_1$  : nombre de boites comptées dans la 1<sup>ère</sup> dilution

$n_2$  : nombre de boites comptées dans la 2<sup>ème</sup> dilution

d : Facteur de dilution à partir duquel le premier comptage ont été obtenus.

$$\frac{\Sigma C}{(n_1 + 0,1 n_2)d}$$

## **B - Dénombrement des Coliformes et Coliformes fécaux**

### **Mode opératoire**

- Mettre 1 ml de la solution mère de l'eau à analyser dans chaque boite de pétri.
- Marquer sur chacune des boites de pétri le numéro d'enregistrement de l'eau à analyser, la température d'incubation et la dilution.
- Faire fendre la gélose (VRBG).
- Lorsque la gélose est refroidie à  $45^\circ\text{C}$ , couler la aseptiquement dans les boites de pétri contenant les solutions d'eau à analyser.
- Agiter doucement par un mouvement circulaire pour assurer un mélange homogène de l'eau avec la gélose sans faire des bulles d'air.
- Laisser refroidir sur un plan parfaitement horizontal.
- Incuber inversement les boites comme suit :
  - A  $37^\circ\text{C}$  pendant 24 heures pour les coliformes totaux.
  - A  $44^\circ\text{C}$  pendant 24 heures pour les coliformes fécaux. (Bourgeois et Leveau, 1991)

## **C - Dénombrement des spores de *Clostridium* sulfito-réducteurs**

### **Mode opératoire**

- Agiter soigneusement l'eau à analyser.
  - porter aseptiquement 4 fois 5ml d'eau à analyser dans 4 tubes à essai stérile.
  - Porter 5 minutes à  $80^\circ\text{C}$  au bain-marie.
  - Refroidir rapidement (effectuer un choc thermique).
  - Ajouter à chaque tube :
    - 1ml d'une solution de sulfite de sodium cristallisée à 10%.
    - 4gouttes d'une solution d'alun de fer à 5%.
      - Ajouter environ 20 ml de gélose VF, fondue puis refroidie à  $47 \pm 1^\circ\text{C}$ .
    - Mélanger soigneusement sans faire des bulles d'air.
    - Laisser solidifier sur paillasse puis incuber à :  $36 \pm 2^\circ\text{C}$ , pendant  $44 \pm 4\text{h}$ .
    - La première lecture après 16 heures d'incubation.

## **D - Dénombrement des Entérocoques intestinaux (streptocoque fécaux)**

### **Mode opératoire**

La recherche des entérocoques intestinaux ou Streptocoques du groupe « D » par filtration sur membrane nécessite une préparation au préalable, qui se déroule selon les étapes suivantes :

- Tout d'abord, il faudrait stériliser l'entonnoir gradué en acier inoxydable ainsi que la membrane poreuse à l'aide d'un bec bunsen.

- Mettre en place de façon aseptique une membrane de porosité nominale de  $0,45 \mu$  entre la membrane poreuse et l'entonnoir à l'aide d'une pince stérile.
- Fixer ce dispositif avec la pince correspondante.
- Déposer ensuite aseptiquement 100 ml d'eau à analyser, devant un bec bunsen.
- Actionner ensuite la pompe à vide pour absorber l'eau à travers la membrane.
- Retirer l'entonnoir après arrêter de la pompe à vide puis transférer immédiatement et aseptiquement la membrane à l'aide d'une pince stérile, à la surface d'une plaque de gélose Slanetz et Bartley préalablement préparée (voir l'annexe).
- Cette dernière sera incubée couvercle en bas à  $36 \pm 2^\circ\text{C}$  pendant  $44 \pm 4$  heures. (ADE, 2015)

# Sommaire

# Introduction

# Partie bibliographique

## Chapitre I

### L'eau

# Chapitre II

## Pollution des Eaux

# Chapitre III

## Traitement des eaux

Partie expérimentale

Chapitre IV

Matériels et méthodes

# Chapitre V

## Résultats et discussion

# Conclusion