

*République Algérienne Démocratique et Populaire*

*Ministère De L'enseignement Supérieur et De La Recherche Scientifique*

Université Hassiba Benbouali de Chlef

Faculté de Technologie

Département de Génie Mécanique

Laboratoire Eau- Environnement



## **Mémoire de Magister**

Ecole doctorale

Energies Renouvelables

**Présenté par**

**Mme. AISSA BOCRETACHE RIMA**

Ingénieur d'état en Génie chimique

Université Hassiba Benbouali de Chlef

**Thème :**

*Caractérisation physico-chimique et influence du rayonnement solaire sur le milieu biologique des eaux  
(STEP de la ville de CHLEF).*

**Soutenance aura lieu le 08 / 01 / 2015 à la salle d'audio-visuel bloc des laboratoires.  
devant le jury composé de :**

Président :	M. Loukarfi Larbi	Professeur (UHBC)
Directeur :	M. Ouagued Abdallah	Professeur (UHBC)
Examineur :	M. Hanini Salah	Professeur (U. Médéa)
Examineur :	M. Tahar abbas Miloud	Professeur (UHBC)
Examineur :	M. Djafer Lahcene	MCA (UHBC)

**2014**

# SOMMAIRE

**Remerciement**

**Dédicace**

**Liste des figures**

**Liste des tableaux**

<b>INTRODUCTION GENERALE</b>	1
<b>CHAPITRE I : Généralités sur le traitement des eaux usées.</b>	
I.1. les caractéristiques d'une eau usée domestique	3
I.1.1. Pollution aqueuse	3
I.1.1.1. Origine et nature de la pollution	3
I.1.1.2. Classification de la pollution en fonction de sa nocivité et de ces effets sur le milieu naturel	4
I.1.1.3. caractéristiques physico-chimiques de la pollution aqueuse	5
I.1.2. Critères globaux d'évaluation de la pollution par les substances organiques	7
I.1.2.1. Demande biologique en oxygène (DBO <sub>5</sub> )	7
I.1.2.2. Demande chimique en oxygène (DCO)	8
I.1.2.3. Demande total en oxygène	8
I.1.2.4. Carbone organique total	9
I.1.3. Critère d'évaluation de la pollution toxique	9
I.1.3.1. Tests généraux permettant la mise en évidence d'une activité toxique	9
I.1.3.2. Détermination des micropolluants organiques	10
I.1.3.3. Détermination des micropolluants minéraux	11
I.1.4. Critères d'évaluation de la pollution microbiologique	13
I.1.4.1. Bactériologie	13
I.1.4.2. Virologie	14
I.2. Traitement primaire	15
I.2.1. Dégrillage	15

I.2.2. Dessablage-Déshuilage	16
I.3. Traitement secondaire	17
I.3.1.Epuration biologique	17
I.4. Echantillonnage	18
I.4.1. Point d'échantillonnage	18
I.4.2. Approche d'échantillonnage	19
I.5. Traitement de l'eau par énergie solaire	20

## **CHAPITRE II : Gisement solaire**

Introduction	23
II.1. 1Rayonnement solaire	23
II.1.1.1.Soleil	23
II.1.1.2.Energie du soleil	23
II.1.2.Couple terre-soleil	24
II.1.2.1.Grandeurs astronomiques	25
II.1.2.2. Atmosphère terrestre	29
II.1.2.3.Composantes de rayonnement solaire	30
II.1.3.Irradiation solaire	32
II.1.3.1. Irradiation hors atmosphère	32
II.1.3.2.Paramètres effectuant le rayonnement solaire	33
II.1.3.3.Irradiation solaire au niveau du sol	34
II.1.3.4. Irradiation solaire sur le plan incliné	36
Conclusion	36

## **CHAPITRE III : BACTERIOLOGIE**

III.1.Escherichia coli	37
III.1.1.Historique	37
III.1.2.Taxonomie	38

III.1.3.Bactériologie et physiologie	40
III.1.4.Clinique de l'infection humaine due au EHEC	42
III.2. Salmonelle	44
III.2.1.Historique	44
III.2.2.Taxonomie	45
III.2.3.Identification	45
III.2.3.1.Identification morphologique	45
III.2.3.2.Identification biochimique	46
III.2.3.3.Identification antigénique	46
III.2.4.Tableau clinique	47
III.2.4.1.Consommation et incubation	47
III.2.4.2.Symptômes	47
III.2.4.2.1.Aspects cliniques de TIAC due au salmonelle	47
III.2.4.2.1 Salmonelle animales	47
III.3.Vibrio	48
III.3.1.Historique	48
III.3.2.Taxonomie	48
III.3.3.Aspect clinique	49
III.4.Streptocoques	50
III.4.1.Historique	49
III.4.2.Habitats	51
III.4.3.Pouvoir pathogène	51
III.4.3.1.Maladies provoquées par les streptocoques groupe A,C,G	51
<b>CHAPITRE IV : METAUX LOURDS</b>	
IV.1.Introduction	53
IV.2.Origine des métaux lourds et impact sur l'environnement	53

IV.2.1. Contamination des sols	53
IV.2.2. Contamination de l'air	54
IV.2.3. Contamination de l'eau	54
IV.3. Généralité sur le plomb, zinc, fer, cuivre, et cadmium	55
IV.3.1. Plomb	55
IV.3.2. Zinc	56
IV.3.3. Fer	57
IV.3.4. Cuivre	58
IV.3.5. Cadmium	59
IV.4. le dosage du Chrome, Zinc, Nickel, Cuivre, Cadmium	60

### **CHAPITRE V : Analyse Physico-chimique.**

Introduction	61
V.I. Processus de la STEP de CHLEF	61
V.II. Prélèvements et échantillonnages	63
V.III. Détermination des paramètres physico-chimiques	65
V.III.1. PH	65
V.III.2. Matière en suspension	66
V.III.3. Demande biologique en oxygène	67
V.III.4. Demande chimique en oxygène	70
V.III.5. Nitrate	72
V.III.6. Azote Ammoniacal	74
V.III.7. Le rapport DCO/DBO5	75

### **CHAPITRE VI : Analyse des métaux lourds.**

VI.I. Méthode (A) dosage directe par spectrométrie d'absorption atomique avec flamme	79
VI.I.1. Dosage de Chrome	79
VI.I.2. Dosage de Zinc	80

VI.I.3. Dosage de Cuivre	81
VI.I.4. Dosage de Cadmium	82
VI.I.5. Dosage de Nickel	82

## **CHAPITRE VII : Analyse microbiologique.**

VII.I. Prélèvement et échantillonnage	84
VII.I.1. Analyse avant traitement	84
VII.I.2. Analyse après irradiation solaire	85
VII.II. Protocole expérimental	85
VII.III. Détermination des paramètres microbiologiques	86
VII.III.1. Colimétrie	86
VII.III.2. Streptométrie	90
VII.III.3. Salmonelle	92
VII.III.4. Vibrio. cholérique	95
VII.IV..Deuxième tranche (après irradiation)	97
VII.IV.1. Le montage expérimental	98

<b>Conclusion générale</b>	105
----------------------------	-----

## **Références bibliographiques**

**Résumé.**

**Annexe.**

## **Remerciement**

**Soyons reconnaissants aux personnes**

**Qui nous donnent du bonheur ; elles sont**

**Les charmants jardiniers par qui nos âmes sont fleuries.**

**Marcel Proust**

Mes remerciements, avant tout, à DIEU tout puissant pour la volonté, la santé et la patience qu'il m'a donnée durant ces longues années d'études afin que je puisse arriver à ce stade.

Le seul moyen de se délivrer d'une tentation, c'est d'y céder paraît-il ! Alors j'y cède en disant un grand Merci aux personnes qui ont cru en moi et qui m'ont permis d'arriver au bout de ce mémoire.

Je tiens à exprimer mes plus vifs remerciements au professeur OUAGUED ABDALLAH qui fut pour moi un promoteur de mémoire attentif et disponible malgré ses nombreuses charges. Sa compétence, sa rigueur scientifique et sa clairvoyance m'ont beaucoup appris. Ils ont été et resteront des moteurs de mon travail de recherche.

J'exprime ma gratitude à Monsieur LOUKARFI LARBI, Professeur à l'université de CHLEF, pour avoir accepté d'assurer la présidence de mon jury de mémoire.

Je remercie Monsieur HANINI Salah, Professeur à l'université de Médéa, pour l'intérêt qu'il a porté à ce travail de recherche et pour s'être déplacé pour la soutenance de mon mémoire.

Je remercie Monsieur TAHAR ABBAS Miloud, Professeur à l'université de CHLEF, pour m'avoir fait l'honneur d'avoir accepté de juger ce travail.

Merci également à Monsieur DJAFER Lahcène, Maître de Conférences à l'université de CHLEF, pour l'intérêt qu'il a témoigné à ce travail et ces précieux conseils en acceptant de participer à ce jury.

J'adresse toute ma gratitude à tous mes ami(e)s et à toutes les personnes qui m'ont aidé dans la réalisation de ce travail. Je remercie Madame DERGAL RADHIA pour m'avoir accueilli dans Le laboratoire d'hygiène de TENES et de m'avoir permis de travailler dans d'aussi bonnes conditions.

Je remercie toutes les personnes formidables que j'ai eu l'occasion de côtoyer à la station d'épuration des eaux usées de CHLEF, ainsi que Mme BOUCHFER chef de service et toute l'équipe de l'ONA de BARAKI (ALGER).

Je ne saurais terminer sans remercier toutes les personnes dans l'ombre dont la contribution à mon travail a été des plus précieuses sans oublier les membres du magasin de la faculté de technologie de l'UHBC pour leur aide technique et logistique.

Je remercie tous les membres des départements de Génie Mécanique et Génie des procédés de l'UHBC pour leur soutien indéfectible tout au long de mon travail.

Je tiens à remercier Mr EL-HACHEMI, Directeur de l'ONM pour son accueil et son aide.

Je voudrais exprimer particulièrement mes remerciements aux personnels de LCTP CHLEF.

Enfin, les mots les plus simples étant les plus forts, j'adresse toute mon affection à ma famille, et en particulier à ma maman qui m'a fait comprendre que la vie n'est pas faite que de problèmes qu'on pourrait résoudre grâce à des formules mathématiques et des algorithmes, leur intelligence, leur confiance, leur tendresse, leur amour me portent et me guident tous les jours. Merci pour avoir fait de moi ce que je suis aujourd'hui. Est-ce un bon endroit pour dire ce genre de choses ? Je n'en connais en tous cas pas de meilleurs. Je vous aime.

Je tiens également à remercier ma belle famille pour leur soutien et leur présence sans faille. Après m'avoir offert leur confiance, ils m'ont également réservé une place de choix dans leur cœur.

Mes derniers remerciements et non des moindres, s'adressent à mon mari ABDESLAM, qui, pour mon plus grand bonheur partage ma vie et mes expériences professionnelles depuis leurs origines. Il est simplement le pilier de toutes mes constructions et la base de tous mes projets. Son soutien a été sans faille et je lui serai éternellement reconnaissante d'avoir été la pierre angulaire de cette entreprise.



Une pensée pour terminer ces remerciements pour toi grand père qui n'a pas vu l'aboutissement de mon travail mais je sais que tu en aurais été très fier de ta petite fille!!!

Un grand merci à tous ceux que je ne nomme pas, mais qui se reconnaîtront.

## **DÉDICACES**

Afin d'être reconnaissant envers ceux qui m'ont appuyé et encouragé à effectuer ce travail de recherche, je dédie ce mémoire :

À ma très chère mère ZAHIA et à mon père EL-HADJ qui n'ont cessé de me combler par leur amour et leur tendresse.

A mon frère ALAA EDDINE et ma sœur IBTISSEM.

À mon très cher mari ABDESLAM pour son soutien moral, et pour tous les sentiments d'affection et d'amour qui représentent pour moi le pilier de tous mes efforts.

À tous les membres de ma famille et ma belle famille sans aucune exception.

A mes amies, et à tous ceux que ma réussite leur tient à cœur.

## Liste des figures :

I.1 : Dégrilleurs	15
I.2 : Dessableurs	16
I.3 : Bassin d'aération	17
I.4 : Décanteur	18
I.5 : Les photons UV	21
I.6 : Relation entre la profondeur, la turbidité, l'intensité lumineuse et T90 et durée de vie des germes de mer.	22
II.1 : Répartition spectrale du rayonnement	24
II.2 : Plan de l'écliptique	25
II.3 : Définition de la position	26
II.4 : Angle de Zenith	27
II.5 : Définition de la masse d'air	29
II.6 : Répartition spectrale	30
II.7 : Composante de rayonnement	32
II.8 : Effet cosinus	33
III.1 : E-coli	37
III.2 : Evolution clinique après ingestion	43
III.3 : Colonie de Salmonelle	44
III.4 : Salmonelle	44
III.5 : Vibrio	48
III.6 : Streptocoque	50
V.1 : pH mètre modèle HACH	65
V.2 : Appareil HACH Bad Trak <sup>1</sup>	69
V.3 : DCO mètre	71
V.4 : Appareil HACH DR/2500 méthode 1002 sur programme 344N. Nitrate GH TNT	73
VII.1 : Schéma du bassin	90

## Liste des tableaux

II.1 : Coefficient d'albédo usuel	31
II.2 : Index de clarté pour des différents états du ciel	34
II.3 : Paramètres de régression a' et b' du modèle d'Angstrom en fonction de la latitude	35
III.1 : Pathologies digestives	44
III.2 : Espèce pathogène pour homme	49
V.1 : Caractéristiques principale des eaux	63
VI.1 : les résultats d'analyse d'eau des métaux lourds	87

# Introduction générale

---

## Introduction

Changement climatique, énergies renouvelables, développement durable autant de notions qui jonchent notre quotidien, partout l'information, la politique, la conversation de plus en plus environnementale. [1].

L'eau est une source vitale pour l'humanité. De multiples usages font appel à ce milieu complexe et fragile : besoins alimentaires, utilisations domestiques, industrielles, agricoles et touristiques. La croissance démographique et une gestion souvent incontrôlée des ressources en eaux conduisent néanmoins à une situation inquiétante, non seulement du point de vue de la quantité, mais encore, et davantage sans doute, sous l'aspect de la qualité. Ainsi, les activités humaines produisent des **eaux usées** contenant des micro-organismes fécaux et divers contaminants (matières organiques, azote, phosphore, micropolluants minéraux et organiques...) dont la charge dépasse souvent le pouvoir autoépurateur des eaux réceptrices (cours d'eau...), induisant un risque pour la santé humaine et les écosystèmes.

Pour paraphraser la pensée de Riccardo Petrella, président fondateur de l'institut européen de recherche sur la politique de l'eau (IERPE), l'eau n'est pas un bien marchand comme les autres, mais un patrimoine qu'il faut protéger, défendre et traiter pour éviter le problème de « pétrolisation » rendant l'eau inaccessible aux plus pauvres. [2],

En raison de l'augmentation des besoins et de la diminution des ressources en particulier dans les régions arides, une partie ou la totalité des eaux résiduaires peut être traitée afin d'être réutilisée. [3]

La contrainte la plus importante pour la réutilisation des eaux usées est le plus souvent le respect de la qualité microbiologique. Or l'eau usée véhicule des microorganismes affectant l'être humain par ingestion de l'eau et des aliments contaminés. Les traitements complémentaires au stade tertiaire, ont pour l'objectif principal la désinfection de l'eau brute.

L'éventail des techniques de désinfection est assez large. Le chlore est le désinfectant le plus courant. Mais la désinfection s'effectue aussi avec l'ozone ou le brome, voire du dioxyde de chlore. Ces différents procédés présentent des avantages et des inconvénients comme le risque de formation de composés toxiques lors du traitement par chloration, la complexité de l'utilisation de l'ozonation. [4]

Le but de notre mémoire est d'essayer de trouver de nouvelles solutions à énergie propre pour protéger ce patrimoine.

## Introduction générale

---

L'efficacité du rayonnement UV contre les bactéries a déjà été décrite en 1878. Le pouvoir germicide des UV-C est utilisé avec succès depuis plus de 60 ans dans les installations de traitement des eaux, les hôpitaux, les cliniques, les laboratoires et les usines d'embouteillage de l'eau potable.

Plusieurs recherches ont été réalisées dans le domaine de la désinfection de l'eau polluée par des lampes UV à large gamme.

Dans un premier chapitre, des généralités et critères de la pollution aqueuse et le mode d'échantillonnage sont exposés.

Nous présentons dans le deuxième chapitre des généralités sur le rayonnement solaire et son influence sur les bactéries pathogènes avec un calcul de taux énergétique de l'irradiation solaire de la ville de CHLEF.

Pour le troisième chapitre, des données générales sur la microbiologie : types de bactéries et leurs impacts sur la santé humaine. Dans le quatrième chapitre on présente l'influence des métaux lourds sur l'environnement.

Le cinquième chapitre on trouve les résultats des analyses des différents paramètres physicochimiques des rejets de la station de traitement des eaux de CHLEF.

Le sixième chapitre est pour les résultats d'analyses des métaux lourds. Le septième chapitre est consacré à l'étude microbiologique des eaux avant et après traitement solaire.

Enfin nous terminons notre travail par une conclusion générale.

## **Introduction**

L'eau n'est pas une matière première comme les autres dans la mesure où c'est une ressource essentielle pour l'humanité et les équilibres écologiques. Plus que tout autre ressource naturelle, elle se trouve placée au cœur de la problématique de développement durable.

En Algérie, les ressources en eau existantes sont menacées par une pollution causée par les rejets d'eaux urbaines et industrielles dans les milieux récepteurs. Ces rejets peuvent contenir de nombreuses substances, sous forme solide ou dissoute, ainsi que de nombreux micro-organismes pathogènes, menacent la qualité de l'environnement dans son ensemble [83].

## **I.1. Les caractéristiques d'une eau usée domestique**

### **I.1.1. La pollution aqueuse**

#### **I.1.1.1. Origine et nature de la pollution**

Polluer l'eau d'une réserve superficielle ou profonde [5], c'est modifier ses caractéristiques naturelles (physiques, chimiques, biologiques et bactériologiques) en y rejetant certaines substances soit à l'état solide (matières en suspension), soit à l'état dissous, susceptibles de :

— Perturber, à plus ou moins longue échéance, l'équilibre biologique du milieu en rendant toute vie animale et végétale aléatoire ;

— Rendre l'eau impropre à toute réutilisation ultérieure (production d'eau destinée à la consommation humaine, usage industriel...).

Nous sommes tous des pollueurs... chacun à sa mesure, certes.

Les industriels rejettent un bon nombre de substances qui vont polluer nos rivières et nos nappes d'eau, parfois d'une manière d'autant plus pernicieuse que l'on n'en connaît pas les effets à long terme.

Il est tout aussi vrai que par nos lavabos, nos éviers, nos salles de bains et, par exemple, passe chaque jour une pollution proportionnelle au nombre d'habitants. Elle consiste essentiellement en matières organiques biodégradables, mais aussi en des germes pathogènes (causes d'épidémie) et en des produits chimiques.

Or, si l'on peut espérer arrêter la progression de la pollution industrielle, voire la diminuer dans l'absolu, la pollution domestique augmentera sans doute aussi vite que la population et

les concentrations urbaines... à moins que nous ne prenions conscience du danger et consentions à modifier notre comportement, même par de petits gestes (par exemple, éviter l'abus de détergents).

Même l'agriculture, qui est pourtant indiscutablement la gardienne de la nature, est à l'origine de certaines pollutions. C'est le cas des gros élevages de porcs et de bovins notamment, mais surtout des engrais chimiques, des pesticides et autres produits qui protègent les cultures ou facilitent la vie des agriculteurs. Ces produits peuvent polluer les nappes d'eau par infiltration et les rivières par lessivage et ruissellement en période de pluie.

### **I.1.1.2. Classification de la pollution en fonction de sa nocivité et de ses effets sur le milieu naturel**

On peut classer qualitativement la pollution en plusieurs catégories en fonction de sa nature, de sa nocivité et de ses effets.

#### **A. Pollution toxique**

Elle est due, d'une manière générale, aux rejets industriels [6] qui renferment des produits toxiques d'origines minérales (métaux lourds, cyanures, sulfures, etc.) ou organiques (composés phénolés, hydrocarbures, pesticides, etc.) qui provoquent la mort de tous les êtres vivants (et, en particulier, du poisson) à des concentrations très faibles (< 1 mg/l).

#### **B. Pollution particulaire**

Elle est due à des rejets urbains et industriels par des matières en suspension qui provoquent des dépôts et envasements nuisibles à la navigation en favorisant les inondations, endommagent les organismes des poissons par simple action mécanique en colmatant les voies respiratoires, enfin et surtout, augmentent la turbidité de l'eau, gênant ainsi la pénétration des rayonnements lumineux, c'est-à-dire le phénomène de photosynthèse.

#### **C. Pollution organique**

Elle a pour origine les eaux usées domestiques et industrielles [7] renfermant des matières organiques non toxiques en elles-mêmes, mais dont la dégradation par voie bactérienne consomme l'oxygène dissous dans le cours d'eau en entraînant la mort des poissons par asphyxie et le développement (par les dépôts des matières au fond des rivières) de fermentations anaérobies (putréfaction) génératrices de nuisances.



### D. Pollution thermique

Elle résulte des rejets d'eaux à température trop élevée (eaux de refroidissement, par exemple) qui influe à la fois sur la solubilité de l'oxygène et sur l'équilibre biologique du milieu. Les poissons les plus résistants meurent à 35°C.

### E. Pollution microbiologique

Elle provient des eaux urbaines renfermant des germes pathogènes et des virus dangereux pour l'homme et les animaux [8], [9].

### F. Pollution radioactive

C'est celle occasionnée par une éventuelle radioactivité artificielle des rejets qui trouve sa source dans l'utilisation de l'énergie nucléaire sous toutes ses formes (installations et centrales nucléaires, exploitation de mines d'uranium, traitement des déchets radioactifs...).

C'est-à-dire, que tous ces types de pollution ont une influence néfaste sur l'écosystème.

### **I.1.1.3. Caractéristiques physico-chimiques de la pollution aqueuse**

#### A. Mesure de la température

Le contrôle réglementaire rend nécessaire la connaissance de la température d'un rejet [2]. Sa mesure n'offre pas de difficultés particulières puisqu'il suffit de disposer d'un thermomètre, gradué au 1/10 de degré. Pour obtenir des informations à distance, ce sont les thermomètres à résistance qui sont les plus employés ; ils peuvent permettre l'enregistrement graphique continu.

#### B. Détermination du pH

Pour les eaux résiduaires, étant donné les circonstances de terrain et d'environnement où l'on opère le plus souvent (bord d'un canal d'évacuation sous la pluie, sortie d'effluent d'un hall de fabrication avec vibrations et courants baladeurs), il y a lieu de choisir un appareillage et des électrodes (verre et calomel) de qualité, robustes et fiables, dont la lecture garantie le 1/20 d'unité de pH.

Vu la grande variation dans le temps du pH des eaux résiduaires évacuées, on ne peut se contenter, lors d'un contrôle, d'une lecture ponctuelle du pH. On devra nécessairement utiliser

des pH-mètres enregistreurs, permettant de déterminer en continu le pH pendant tout un cycle de fabrication pour avoir des mesures significatives.

Le nettoyage des électrodes s'impose si l'on ne veut pas fausser les mesures, car elles se salissent très rapidement dans les effluents industriels organiques (industries laitières, tanneries, brasseries,...etc)

Il y a lieu de prévoir un nettoyage automatique par de petites brosses rotatives pour entretenir l'état de surface.

Il est par ailleurs toujours judicieux de compléter la mesure de pH par un titrage de l'acidité ou de l'alcalinité du milieu, à l'aide de bases ou d'acides forts.

### C. Détermination de l'oxygène dissous

La mesure de l'oxygène dissous est couramment utilisée pour faire les mesures de DBO<sub>5</sub> en laboratoire pour déterminer la quantité d'oxygène nécessaire aux micro-organismes pour dégrader l'ensemble de matière organique existante in-situ l'état d'une rivière sur le plan de sa qualité biologique.

La mesure de l'oxygène s'effectue par voie chimique ou par voie électrochimique. [10], [11].

### D. Détermination des matières en suspension

La pollution particulaire est mesurée par les matières en suspension totales (MEST) constituées par :

— les matières en suspension décantables en deux heures (le chiffre de 2 h est arbitraire mais correspond à de bonnes conditions de sédimentation de la fraction grossière et dense des particules solides) ;

— les matières en suspension non décantables : il s'agit de la fraction colloïdale des MEST.

Pour connaître l'importance respective des matières organiques et minérales des MEST, on procède à leur calcination à 550°C.

On procède généralement à l'appréciation de la teneur volumétrique d'un effluent en matières dites décantables en les laissant spontanément décanter dans un récipient gradué, conique ou cylindro-conique, d'un litre d'eau. On lit directement sur la graduation le volume occupé par les substances décantées ; le résultat est exprimé en ml/l.

La détermination pondérale des matières en suspension consiste à isoler les matières en suspension de l'eau qui les englobe, à les sécher entre 100 et 105°C et à les peser. [12]

Deux procédés d'isolement sont utilisés : la centrifugation et la microfiltration sous vide.

### **I.1.2. Critères globaux d'évaluation de la pollution par les substances organiques**

Une mesure précise des substances organiques présentes dans une eau est chose difficile à concevoir, car ces substances sont innombrables et de formules très diverses ; il est impossible d'envisager l'isolement et le dosage pondéral de chacune d'elles. [2]

C'est pourquoi les méthodes de dosage les plus répandues et les plus significatives pour apprécier sinon la teneur, du moins la nocivité, des substances organiques présentes sont celles qui utilisent comme référence la quantité d'oxygène nécessaire à les oxyder, cela dans des conditions expérimentales variables, mais chaque fois bien définies. Ces techniques de mesure sont le plus souvent désignées sous la dénomination très explicite de demandes d'oxygène ou encore d'oxydabilité.

La détermination expérimentale, en laboratoire, à l'aide des paramètres globaux, de la teneur en matières organiques (par oxydation) peut être envisagée de diverses façons.

#### **I.1.2.1. Demande biologique en oxygène (DBO<sub>5</sub>)**

La DBO est la quantité d'oxygène consommée (en mg O<sub>2</sub>/l) pour assurer la dégradation (par voie bactérienne) des matières organiques contenues dans un litre d'eau résiduaire, à l'obscurité et à une température de 20°C.

La quantité d'oxygène consommée dans les conditions de l'essai est mesurée après un laps de temps de 5 jours, d'où le nom de DBO<sub>5</sub>.

La valeur de la DBO<sub>5</sub> ne constitue, en fait, qu'une fraction de la quantité totale d'oxygène nécessaire à la dégradation complète des matières organiques. Pour être totale, l'oxydation biologique demande une durée de 21 jours. On obtient alors une « DBO<sub>5</sub> ultime » ou DBO<sub>21</sub>, trop longue à mesurer, remplacée par convention par la DBO<sub>5</sub> qui constitue une mesure semi-quantitative, internationalement admise, du degré de pollution d'un rejet par des substances organiques dégradables biologiquement.

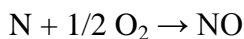
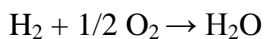
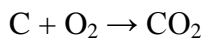
### I.1.2.2. Demande chimique en oxygène (DCO)

La demande chimique en oxygène représente la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder, dans un certain contexte réactionnel, les substances réductrices ou oxydables contenues dans l'échantillon. Elle s'exprime en mg O<sub>2</sub>/l.

Divers oxydants ont été préconisés pour mesurer la DCO ; actuellement ne coexistent que le bichromate de potassium et le permanganate de potassium.

### I.1.2.3. Demande totale en oxygène (DTO)

La DTO mesure la consommation d'oxygène selon les réactions chimiques suivantes, développées par la combustion catalytique :



Dans les mêmes conditions, les composés soufrés sont oxydés en SO<sub>2</sub> et SO<sub>3</sub> dans un rapport fixe.

L'intérêt de cette méthode réside dans l'obtention rapide de résultats [13], mais elle nécessite un appareillage spécialisé.

Le principe de la technique instrumentale consiste à réaliser l'oxydation directe des matières organiques contenues dans des injections de 20 ml d'échantillon poussées par un gaz vecteur (azote) sur le garnissage catalytique en platine d'un four à 900°C en présence d'une quantité connue d'oxygène. Les variations de pression partielle en oxygène sont suivies par une cellule électrolytique spécifique.

Si la faible quantité utilisée pour l'analyse présente un avantage, elle a aussi l'inconvénient de présenter un manque de représentativité, d'où la nécessité de multiplier les mesures dont la précision varie de 5 à 8 % pour des valeurs de DTO de 0 à 100 mg/L et de 3 à 5 % pour des valeurs supérieures.

### I.1.2.4 Carbone organique total (COT)

La détermination du taux de carbone [14] peut être considérée comme une très bonne approximation de la quantité de matières organiques, dans la mesure où cet élément est le constituant majeur de ces composés.

Il convient de distinguer immédiatement le carbone organique total (COT) du carbone total (CT) qui fait intervenir, en plus, le carbone minéral, c'est-à-dire essentiellement le  $\text{CO}_2$  dissous et le carbone lié aux carbonates et bicarbonates de l'eau. Sauf cas particulier d'une pollution d'origine chimique, caractérisée par des rejets massifs de  $\text{CO}_2$  ou de  $\text{HCO}_3^-$  la pollution est évidemment liée seulement au COT.

### I.1.3. Critères d'évaluation de la pollution toxique

L'évaluation de la toxicité d'un rejet est déterminée en utilisant :

— dans un premier stade, des tests biologiques généraux, révélant une action toxique sur les êtres vivants (Dans les tests de toxicité sur l'eau, on recherche parfois une inhibition de la mobilité et non un effet léthal difficile à mesurer. Le test daphnies, très pratiqué en FRANCE mesure par exemple la concentration immobilisant 50 % de la population de ces petits crustacés en 24 h. = CI 50.-24h. Les truitotests sont également utilisés dans certaines usines de traitement d'eaux de surface pour la production d'eau potable P);

— en cas de toxicité décelée par ces tests, des analyses chimiques à l'aide :

- de paramètres semi-globaux renseignant sur la présence ou non d'une ou plusieurs familles chimiques. Ces critères sont en réalité des indicateurs de pollution caractéristiques d'une fonction chimique bien définie ;
- puis de critères spécifiques plus individualisés, basés sur l'identification et le dosage de molécules toxiques appartenant à ces familles chimiques, par l'intermédiaire de techniques analytiques instrumentales souvent sophistiquées permettant de détecter les toxiques à très faibles teneurs.

#### I.1.3.1. Tests généraux permettant la mise en évidence d'une activité toxique

Les essais de toxicité permettent de détecter la présence d'éléments toxiques dans l'eau par l'étude de la mortalité, des modifications de croissance ou de comportement d'un matériel biologique donné.

### I.1.3.2 Détermination de micropolluants organiques

Évaluation de la micropollution organique par des critères semi-globaux

#### a- Mesure des hydrocarbures totaux (indice CH<sub>2</sub>)

On regroupe généralement sous le terme d'hydrocarbures totaux une multitude de composés organiques de nature différente, substitués ou non, aliphatiques ou aromatiques, volatils, non linéaires, cycliques ou polycycliques... qui proviennent de la pollution par les produits pétroliers. [2]

#### b- Détermination des substances organiques extractibles par un solvant

Dans les eaux résiduaires urbaines ou industrielles (industries agroalimentaire, mécanique, etc.), on retrouve de nombreux produits organiques souvent émulsionnés ou saponifiés du type huiles et graisses. On peut réaliser globalement leur dosage sous la forme de substances extractibles au chloroforme (SEC). Le principe de la méthode consiste à casser l'émulsion par acidification et à assurer le relargage des huiles et des graisses avec du chlorure de sodium.

On procède ensuite à leur extraction au chloroforme (utilisation d'un extracteur liquide-liquide) ; après évaporation du solvant, le résidu est dosé par gravimétrie. [2]

#### c- Dosage des composés organo-halogénés

Il existe une diversité très importante de substances qui entrent dans la catégorie des organo-halogénés, principalement issus de l'industrie chimique (pesticides chlorés, chlorophénols, polychloro-biphényles, etc.) et de l'industrie des solvants (tous les solvants chlorés).

#### d- Dosage des produits détersifs

Chimiquement, les détergents sont classés en trois groupes :

- les anioniques : alcanes et aromatiques sulfonés (exemple : ABS alkylbenzènesulfonate) ;
- les non ioniques, qui résultent de la condensation d'oxyde d'éthylène sur des produits tels que les alcools gras, les amines grasses... ;
- les cationiques, essentiellement des composés à ammonium quaternaire.

Les techniques analytiques diffèrent selon la classe des produits surfactifs.

### e- Mesure de l'indice phénol

La concentration en produits phénolés d'origines diverses (rejets de l'industrie chimique, de cokerie, lavage de gaz de gazogène, etc.) peut être évaluée globalement par diverses méthodes spectrophotométriques de dosage qui reposent sur les propriétés chimiques de la fonction phénol.

### f-Paramètres spécifiques de la micropollution organique

Pour l'identification et le dosage des micropolluants organiques, on a en général recours à des techniques chromatographiques :

- chromatographie en phase gazeuse (CPG) ; [15]
- chromatographie en phase liquide haute performance (CLHP) [16].

### **I.1.3.3 Détermination des micropolluants minéraux**

On regroupe sous ce terme

- l'ensemble des éléments métalliques ;
- les fluorures ;
- les cyanures (libres et totaux) ;
- les sulfures.

#### a. Dosage des éléments métalliques toxiques

Dans le cadre réglementaire de la recherche des micropolluants métalliques réalisée au niveau de la CEE, l'analyse est ciblée sur l'ensemble des métaux lourds. La liste n'en est pas exhaustive, mais est le plus souvent limitée aux substances suivantes : arsenic, sélénium, cadmium, mercure, cuivre, zinc, plomb, chrome, fer, nickel, étain... auxquelles il arrive d'adjoindre le manganèse, le baryum et le cobalt.

Ces éléments sont présents dans les eaux résiduaires d'industries diverses : décaperie, traitements de surface, métallurgie, galvano-plastie, chimie, céramique, etc.

Les méthodes d'analyse couramment utilisées pour le dosage à l'état de traces des éléments métalliques sont la spectrophotométrie d'absorption atomique (SAA) et la spectrométrie

## Chapitre I : Généralités sur le traitement des eaux usées.

---

d'émission atomique par plasma à couplage inductif (ICP) qui reposent sur des propriétés propres à des éléments à l'état d'atomes libres.

Les techniques d'analyse par absorption atomique permettent de doser la plupart des éléments métalliques dans des limites de dosage de 1 à 20  $\mu\text{g/l}$  selon le type d'atomisation. L'atomisation par électrothermie permet d'atteindre des limites de détection de l'ordre de 1  $\mu\text{g/l}$ . [17], [18]

### a.1 Dosage des fluorures

Les ions fluor se trouvent dans les rejets issus de diverses activités industrielles (métallurgie de l'aluminium, décapage des métaux ou alliages, polissage du verre, etc.).

Ils sont dosés généralement en utilisant des méthodes colorimétriques, [14] après une distillation préalable en présence d'acide perchlorique en cas de turbidité et de coloration de l'échantillon ou présence d'ions gênants (fer, phosphates, sulfates...), pour éviter les interférences.

Une des méthodes les plus utilisées est la méthode consistant à faire réagir les ions fluorures sur le chélate cérium-alizarine complexons en milieu tamponné (pH 4,3), en vue de la formation d'un complexe de coloration bleue dont la mesure spectrophotométrique est réalisée à 605 nm.

On utilise également la méthode ionométrique (utilisation d'une électrode spécifique), pour sa facilité d'emploi qui autorise des mesures directes de l'activité ionique du fluor dans des conditions expérimentales bien définies de concentration en ions, de pH et de complexant. La limite de détection est de 50  $\mu\text{g/l}$ .

### a.2. Dosage des cyanures

Les cyanures, absents dans les eaux naturelles, ont pour origine les rejets de l'industrie du traitement de surface et de galvanoplastie, des cokeries, du lavage de gaz de hauts-fourneaux, de l'industrie pétrochimique, etc., où ils existent essentiellement sous forme de cyanures alcalins et de cyanures métalliques doubles (fer, cuivre, nickel), mais aussi de cyanures complexes (thiocyanates, ferriferro- cyanures, cyanhydrines, nitriles, etc.).

On procède, dans la pratique, au dosage des ions  $\text{CN}^-$  en considérant respectivement :

— les cyanures dits libres, correspondant aux cyanures autres que les cyanures complexes ;



— les cyanures dits totaux, dont le dosage implique un traitement préliminaire consistant à décomposer les cyanures complexes par chauffage à reflux en présence de sulfate de cuivre, de chlorure d'étain et d'acide sulfurique, puis à réaliser, par un courant gazeux, l'entraînement de l'acide cyanhydrique libéré, qui est recueilli dans une solution de soude (NaOH).

### a.3. Dosage des sulfures

On retrouve ces composés à l'origine de problèmes d'odeur dans les eaux septiques des réseaux d'égout et les eaux résiduaires de diverses industries : tannerie, pétrochimie, papeterie, usines à gaz, etc.

## I.1.4. Critères d'évaluation de la pollution microbiologique

L'analyse microbiologique des effluents permet d'apprécier les risques sanitaires dus à des micro-organismes pathogènes dont les matières fécales constituent la principale source potentielle.

### I.1.4.1 Bactériologie

Les analyses les plus fréquemment effectuées concernent non pas des micro-organismes pathogènes, mais des germes témoins de contamination fécale qui sont le plus souvent des bactéries jouant un rôle d'indicateur :

- soit de la pollution, afin d'apprécier avec plus ou moins de sûreté ou de précocité le risque d'une contamination éventuelle par des micro-organismes pathogènes ;
- soit de l'efficacité de traitement, en vue de l'évaluation de la qualité d'un traitement vis-à-vis d'un micro-organisme ou de plusieurs micro-organismes pathogènes dont la présence peut être redoutée dans l'eau brute utilisée.

L'examen bactériologique [14] le plus courant concerne la recherche et le dénombrement :

- de l'ensemble des coliformes, sans préjuger de leur appartenance taxinomique et de leur origine ;
- des coliformes fécaux, appelés aussi thermotolérants, examen sans base taxinomique, proposé en raison d'une concordance statistique entre leur présence et l'existence d'une contamination fécale quasi certaine ;
- des *Escherichia coli*, examen à base taxinomique ;

— des streptocoques fécaux et des bactéries sulfito-réductrices, type *Clostridium perfringens*, ces derniers examens s'avérant essentiels dans le diagnostic d'une contamination fécale. Dans le cadre d'un examen plus complet, on recherchera plus particulièrement *Salmonella*, *Shigella*, *Legionella*, *Giardia*, *Vibrio cholerae*... à l'origine de maladies infectieuses transmises à l'homme par absorption d'eau ou d'aliments pollués par une eau renfermant des micro-organismes pathogènes.

Les méthodes de dénombrement utilisent des milieux de cultures appropriés et des réactions métaboliques pour mettre en évidence les colonies recherchées.

Les plus utilisées sont les méthodes par inoculation en milieux liquides, par filtration sur membrane ou par incorporation en gélose.

En cas de résultats positifs sur les milieux spécifiques d'isolement, un test de confirmation est toujours nécessaire.

On exprime le résultat en nombre de germes par 100 ml. Dans 100 ml d'eau résiduaire urbaine sont dénombrés le plus souvent  $10^7$  à  $10^8$  coliformes totaux et  $10^6$  à  $10^7$  coliformes fécaux. Les bactéries les plus souvent rencontrées sont des salmonelles, dont la concentration est de l'ordre de  $10^1$  à  $10^3$  pour 100 ml. L'estimation du niveau de décontamination (ou désinfection partielle) est exprimée par le nombre d'unités logarithmiques (puissance de 10) dont un traitement a permis d'abaisser la numération initiale de l'eau brute.

### **I.1.4.2 Virologie**

La recherche des virus dans les eaux, quelle que soit leur origine, met toujours en jeu les trois opérations successives suivantes :

- le prélèvement et l'échantillonnage ;
- l'extraction des virus ;
- le dénombrement et l'identification des virus éventuels en cultures cellulaires.

La méthode la plus utilisée [19] consiste à dénombrer les entérovirus. Une concentration préliminaire est indispensable. Les techniques les plus employées sont la filtration ou ultrafiltration sur membrane et les méthodes d'adsorption — élution sur différents supports (nitrate de cellulose, cartouche en microfibre de verre...).

La plupart des virus habituellement recherchés en milieu hydrique peuvent être isolés sur différents systèmes cellulaires. Les plus utilisés sont les cellules de lignée continue de rein de singe type BGM (Buffalo Green Monkey) ou des cellules néoplasiques humaines (cellules Hela).

Les prélèvements concentrés sont inoculés aux cultures in vitro et l'apparition d'un effet cytopathogène, révélé par observation microscopique, témoigne d'une multiplication virale et signe la présence de virus dans l'inoculum.

### **I.2. Les différentes étapes du traitement**

L'épuration des eaux usées est constituée de cinq principales opérations [20] qui sont :

#### **I.2. Traitement primaire**

##### **I.2 .1. Dégrillage**

Cette opération de traitement primaire consiste à retenir les objets ou débris grossiers (morceaux de bois, plastiques, filasses, boîtes de conserve, etc.) véhiculés par les eaux usées, sur une grille constituée de barreaux dont l'écartement est variable suivant l'efficacité voulue. Cette grille est ensuite nettoyée régulièrement soit manuellement dans les petites installations, soit automatiquement à l'aide d'un dégrilleur à râteau ou à peigne pour les installations plus importantes. [21],



Figure I.1 : Dégrilleurs

### I.2.2. Dessablage-déshuilage :

Les opérations de dessablage et de déshuilage font partie du traitement primaire des eaux usées.

Les matières minérales en suspension dans l'eau et d'une granulométrie supérieure à environ 200 microns (sables, gravillons, etc.) sont piégées dans un ouvrage par décantation. Ces sables et graviers sont retirés des eaux pour éviter qu'ils n'usent les équipements électromécaniques des traitements suivants en raison de leur grande abrasivité et pour éviter également qu'ils ne décantent dans les bassins biologiques.

Les sables et graviers retirés sont stockés dans des conteneurs puis conduits au centre de traitement de produits de curage de la station d'épuration.

Les huiles et graisses, de par leur densité inférieure à celle de l'eau, se retrouvent retenues par flottation soit dans l'ouvrage de dessablage soit de façon séparée. Ces matières sont retirées des eaux usées car leur dégradation biologique prend un temps très important, incompatible avec les temps de séjour des eaux dans la station d'épuration. [21],

Les huiles et graisses retenues sont soit séchées et évacuées.



Figure I.2 : Désableurs.

### I.3. Traitement secondaire

#### I.3.1. Épuration biologique

Le principe du traitement consiste à mettre en contact une biomasse composée de bactéries aérobies (c'est à dire se développant en présence d'oxygène), des substances nutritives (substances organiques présentes dans les eaux et constituant la pollution) et de l'air. [22]

Les bactéries en présence d'air se nourrissent des substances organiques et se reproduisent par scissiparité (scission en deux parties égales de la bactérie).

Les bactéries s'agglomèrent en incorporant également une partie des matières en suspension. Les matières organiques solubles sont ainsi transformées en flocons, particules de grosse taille plus facilement décantables.

Les principaux types de traitement sont :



**Figure I.3: Bassin d'aération.**

- a. **Les boues activées :** ce procédé consiste à développer la biomasse dans des grands bassins dans lesquelles sont envoyées les eaux usées et de l'air destiné à l'oxygénation des bactéries. Ces bassins sont appelés couramment «bassins d'aération ». [23]

**b. Clarification :**

A la sortie de l'étage d'épuration biologique, l'eau épurée est mélangée à la biomasse formée. La séparation de ces éléments se réalise dans un clarificateur où la biomasse, de densité supérieure à celle de l'eau, va se déposer dans le fond de l'ouvrage.

La biomasse est soit renvoyée en tête du traitement biologique, soit extraite vers le traitement des boues.



**Figure I.4 : Décanteur.**

L'eau épurée est quant à elle envoyée vers le milieu naturel.

**I.4. Echantillonnage****I.4.1. Point d'échantillonnage**

Le point d'échantillonnage doit être situé à un endroit caractéristique de l'effluent où il y a suffisamment de turbulence pour assurer l'homogénéité du rejet. [2]

Lorsqu'il s'agit des cours d'eau naturels ou dans les canaux, il convient de se placer loin de toute cause naturelle ou humaine de perturbation apportée aux conditions de l'écoulement.

La bonne planification de la campagne d'échantillonnage est nécessaire pour éviter les pertes et les erreurs. Plusieurs éléments doivent être pris en compte lors de la planification d'une campagne d'échantillonnage, on cite les plus pertinents :

- Etablissement d'une liste des paramètres qui devront être analysés,
- Localisation du site du prélèvement,
- Détermination des cycles et des heures de fonctionnement du procédé à analyser afin de faire l'échantillonnage durant ce temps,
- Détermination du type de réseau des rejets (combiné ou séparatif),
- Une visite préliminaire au site pour déterminer les moyens et les conditions de transport des échantillons, l'accessibilité aux rejets, la disponibilité et l'équipement de sécurité requis.

#### **I.4.2. Approches d'échantillonnage**

L'échantillonnage ciblé consiste à prélever des échantillons à des endroits où il y a présence de contaminant. [2]

L'Echantillonnage aléatoire consiste à prélever à des endroits choisis au hasard.

- Echantillon aléatoire simple consiste à prélever au hasard sur un terrain, s'il s'agit d'un milieu statique (sol, résidus solide, etc...) ou à des périodes du temps, lorsqu'il s'agit d'un milieu dynamique (rejets liquides, cours d'eau, etc...)

- Echantillon systématique consiste à choisir le premier point au hasard et y ajouter une unité de longueur ou de temps choisie à l'avance. Cette unité doit être inchangée par la suite pour garder le caractère aléatoire de l'échantillon.

- Echantillon instantané (Milieu dynamique) est composé d'une seule et courte prise permettant la connaissance de la qualité du milieu dans lequel le prélèvement avait lieu à un instant donné. Dans certains cas l'échantillon instantané est incontournable ou les échantillonneurs automatiques sont très utilisés à ce stade.

- Echantillon ponctuel (milieu statique), il s'agit de prélever un échantillon représentatif d'un emplacement particulier, ce type d'échantillon est utilisé surtout pour l'analyse des sols.

- Echantillon composé (milieu dynamique et statique) consiste à prélever dans le même contenant, plusieurs échantillons à des intervalles de temps ou à des distances variables en respectant l'égalité des proportions.

Toutefois, on évite ce genre d'échantillons lorsqu'on suspecte des écarts importants entre les compositions des sous-échantillons.

### **I.3. Traitement de l'eau par énergie solaire**

Depuis l'antiquité, l'effet du soleil a toujours été utilisé de façon empirique par l'homme pour certains de ses besoins, notamment en agroalimentaire pour la préservation post-récoltes de certaines denrées périssables (maïs, blé, riz, arachides, pommes de terre, etc.). Dans cette application, c'est surtout l'effet calorifique de l'énergie solaire qui est mis à contribution pour évaporer la fraction d'eau libre de l'aliment de telle sorte que son taux hydrométrique ne permette plus le développement des microorganismes (bactéries et levures) en son sein. Mais cette déshydratation souvent de manière irréversible n'est pas du domaine de la thermochimie, qui concerne essentiellement les réactions cycliques qui ne dégradent pas la nature des réactifs; or l'exposition solaire des aliments s'accompagne toujours de réactions de brunissement enzymatiques qui sont irréversibles.

Dans le domaine du traitement des eaux, même s'il est évident que les premiers hommes auraient exploité l'énergie solaire pour réchauffer l'eau de baignade, à notre connaissance, aucune utilisation du rayonnement solaire pour l'épuration chimique ou la désinfection de l'eau n'est signalée, ni par les mythologues ou les historiens.

Depuis la crise énergétique des années 70s, l'intérêt des économies pour la recherche et le développement de nouvelles sources d'énergie (autre que les combustibles fossiles) n'a cessé de croître. C'est dans ce contexte que la photochimie et le développement des applications subséquentes ont connu leur essor à partir des années 80, alors que l'effet thermochimique du soleil était déjà empiriquement observé dans la nature.

Ces applications peuvent être scindées en deux groupes:

1. La thermochimie : De même qu'on peut brûler du pétrole pour réchauffer un corps, l'énergie calorifique du soleil peut être captée pour produire le même effet sur le même corps.
2. La photochimie : Les photons solaires sont captés par des substrats, ce qui entraîne la rupture des liaisons chimiques entre les différents atomes constitutifs de ces molécules. Comme chaque substance a une longueur d'onde optimale de captation, le spectre solaire (290 - 1000 nm) qui est constitué des ondes ultra-violettes (UV), visibles et infra-rouges, se prête donc à une large gamme de substances chimiques, bien que les réactions photochimiques n'aient lieu que dans le domaine situé entre 200 et 700 nm. [31].

L'efficacité du rayonnement UV contre les bactéries a déjà été décrite en 1878. Le pouvoir germicide des UV-C est utilisé avec succès depuis plus de 60 ans dans les installations de



traitement des eaux, les hôpitaux, les cliniques, les laboratoires et les usines d'embouteillage de l'eau potable.

La désinfection industrielle de l'air, des surfaces et de l'eau est effectuée au moyen de lumière UV générée et libérée artificiellement par des lampes électriques fonctionnant comme les tubes au néon conventionnels.

Avec une longueur d'ondes de 253.7 nm, les UV-C tuent les germes tels que sont susceptibles de transmettre des infections, de provoquer des allergies ou d'entraîner d'autres effets négatifs sur la santé. Le rayonnement UV-C à ondes courtes agit sur l'ADN de ces micro-organismes et, de ce fait, les rend stériles. C'est dans ce but que les micro-organismes contenus dans l'eau sont exposés à une dose de lumière UV germicide assez puissante pour les éradiquer. [35].



Figure I.5 : les photons UV attaquent l'ADN. [14].

Les radiations solaires de courtes longueurs d'onde (UV-B notamment (290–320 nm)) ont un effet bactéricide reconnu [36] quoique plus important en milieu marin, lorsqu'il est couplé à la salinité de l'eau (Chamberlin et Mitchell, 1978)[37], qu'en rivière.

L'influence des rayons UV dépend fortement de la profondeur et de la turbidité de l'eau, qui limite la pénétration de la lumière. En effet, dans les eaux à forte turbidité, la décroissance est presque nulle (cas d'une rivière en crue). Il en est de même en cas de couverture végétale (lentilles d'eau,...).[38].

La disparition des germes fécaux en mer est principalement due au processus hydrodynamique de dispersion. La mortalité liée à des processus physiologiques et biotiques aurait un rôle moins important que ces processus physiques sur la décroissance bactérienne puisqu'on observe souvent peu de différence sur les simulations de disparition des germes entériques en mer, avec des T90 (T90 exprimant le temps nécessaire pour que le taux de mortalité des bactéries atteigne 90%) de 24h et de 48h. [39]

La lumière, par son effet bactéricide, joue cependant un rôle important sur la mortalité. La durée du T90 augmente nettement lorsque l'intensité lumineuse diminue. Ainsi, pour E.coli, la différence d'intensité lumineuse entre l'été et l'hiver engendre des T90 respectifs de 3.44 h et de 9.19 h. [40]. Concernant les Entérocoques, ces variations du T90 se remarquent également

avec des valeurs de 6.6 h à la lumière et de 24.8 h à l'obscurité [41]. De plus, l'effet des radiations solaires varie selon la profondeur sur laquelle se répartit l'effluent, la concentration de matières en suspension et l'intensité lumineuse. Ainsi, en prenant en compte ces trois paramètres, on peut estimer les ordres de grandeur du T90 à l'aide de l'abaque de la figure I.06 [42].[43]

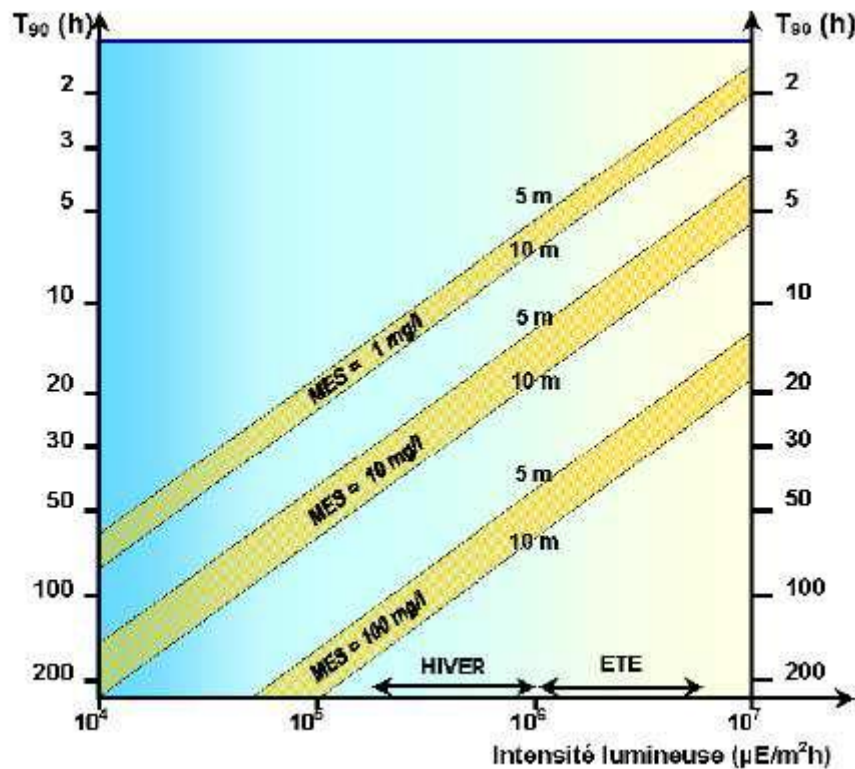


Figure I.6 : Relations entre la profondeur, la turbidité, l'intensité lumineuse et les T90 [42],  
et durée de vie des germes en mer [44] .

Pour conclure, les valeurs des T90 présentes dans la littérature sont à moduler en fonction des saisons, des conditions météorologiques et des différentes variables propres au milieu récepteur étudié (turbidité, débit, facteurs biotiques, salinité et température de l'eau). Il pourrait alors être conseillé de réaliser, malgré la lourdeur de telles études, des mesures in situ de ces différents paramètres caractéristiques de la masse d'eau étudiée, voire même de la décroissance bactérienne et de son T90 afin d'obtenir des valeurs plus précises. [45.]

Dans le chapitre qui suit on a étudié les paramètres du gisement solaire en développant le calcul du taux d'irradiation solaire.

## Introduction

L'énergie solaire est la fraction de l'énergie du rayonnement solaire qui apporte l'énergie thermique et la lumière parvenant sur la surface de la Terre, après filtrage par l'atmosphère terrestre.

Le rayonnement solaire qui arrive au sol se décompose en deux parties : L'une provient directement du soleil (direct), l'autre a été diffusée par l'atmosphère (diffus). L'atmosphère et la terre possèdent également un rayonnement propre. La connaissance de ces divers rayonnements permet d'établir un bilan radiatif du système terre- atmosphère. [24]

### II.1.1. Rayonnement solaire

#### II.1.1. Énergie solaire hors atmosphère

##### II.1.1.1. Soleil

Le Soleil est une étoile de forme pseudo-sphérique dont le diamètre atteint 1 391 000 km. Il est situé à une distance moyenne de 149 598 000 km de la Terre. Composé de matière gazeuse, essentiellement de l'hydrogène et de l'hélium, il est le siège de réactions de fusion nucléaire permanentes et sa température de cœur atteint  $10^7\text{K}^\circ$  [25].

##### II.1.1.2. Énergie du soleil

###### a. Caractéristiques de l'énergie solaire

- ↳ Énergie universelle: l'énergie solaire est disponible partout sur la Terre.
- ↳ Ressource intermittente: le soleil n'est disponible que le jour.
- ↳ Énergie abondante: notre planète reçoit 15 000 fois l'énergie que l'humanité consomme et 5% de la surface des déserts permettrait de produire toute l'électricité de la planète [26].
- ↳ Ressource variable: la latitude et la nébulosité expliquent les variations importantes de l'énergie journalière moyenne reçue par mètre carré selon les saisons.

###### b. Constante solaire

La constante solaire est la valeur moyenne de la puissance solaire reçue par une surface plane d'un mètre carré perpendiculaire au rayonnement solaire et située à la limite de l'atmosphère terrestre. Cette valeur a été évaluée avec précision par la NASA [27] et vaut  $1367\text{W/m}^2$ .

Cette constante varie légèrement au cours du temps

$$I = I_0[1 + 0.033\cos(0.984j)] \quad \text{II.1}$$

Où

$I_0$  est la constante solaire qui vaut  $1367 \text{ W/m}^2$  ;

$j$  est le numéro du jour de l'année ;

avec  $j=1$  pour le 1<sup>er</sup> Janvier et  $j=365$  pour le 31 Décembre.

### c. Spectre solaire

Le spectre du rayonnement extraterrestre correspond environ à l'émission d'un corps noir porté à  $5800 \text{ K}^\circ$  [28]. Sa distribution en énergie est représentée par la figure (II.1)

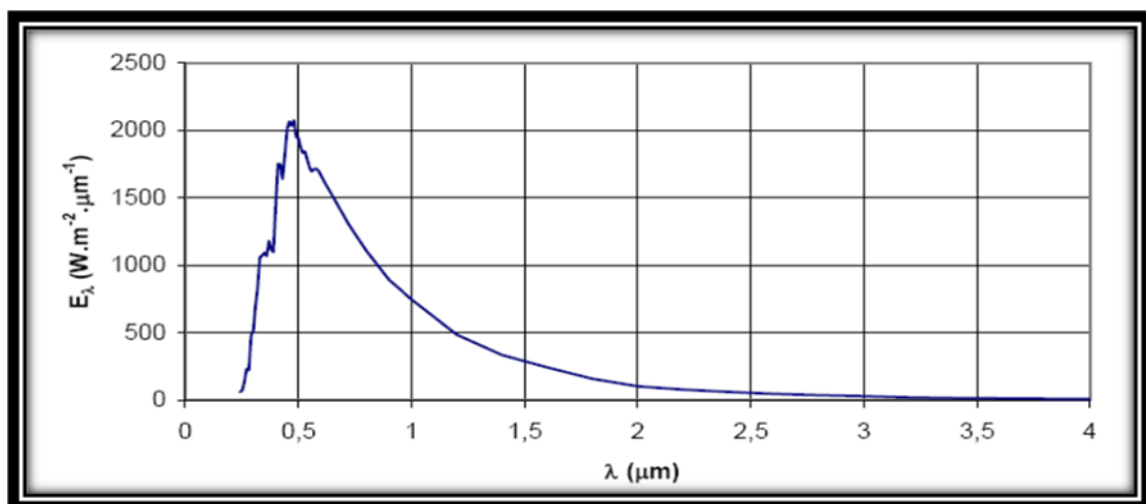


Figure II.1: Répartition spectrale du rayonnement solaire hors atmosphère [29].

### II.1.2. Couple Terre-Soleil

La Terre décrit autour du Soleil une orbite elliptique quasi-circulaire avec une période de 365.25 jours. Le plan de cette orbite est appelé plan de l'écliptique. Elle tourne sur elle-même avec une période de 24 heures. Son axe de rotation (l'axe des pôles) a une orientation fixe dans l'espace, il fait un angle de  $23,45^\circ$  avec la normale du plan de l'écliptique.

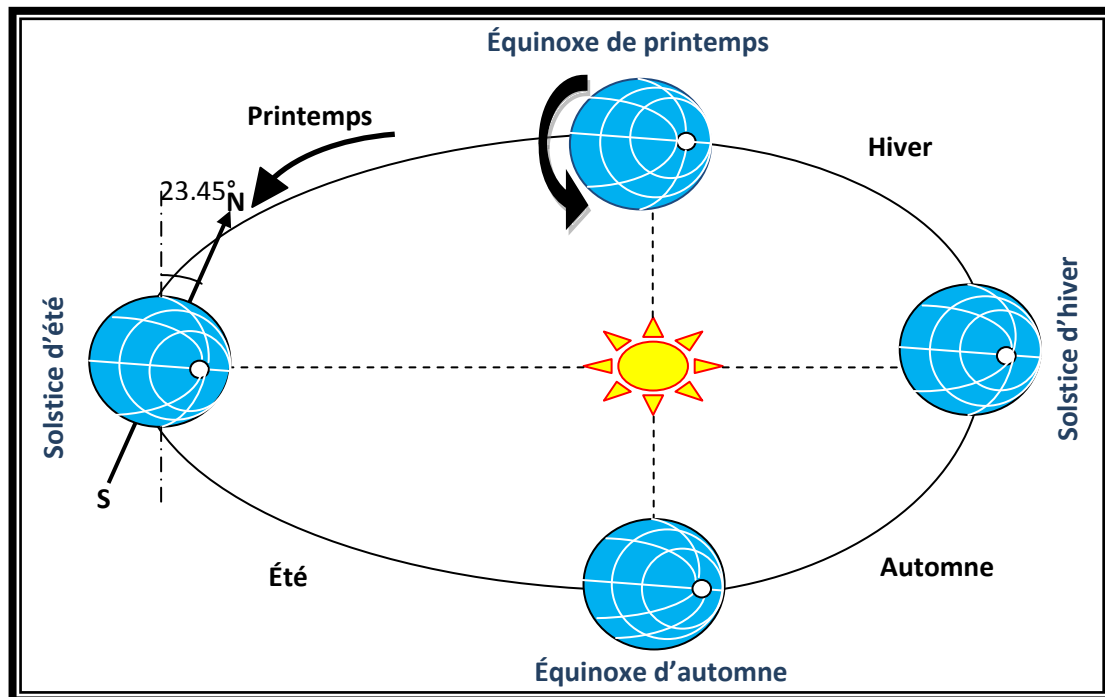


Figure II.2: Plan de l'écliptique: l'orbite terrestre et les saisons [25].

### II.1.2.1. Grandeurs astronomiques

Tout point de la sphère terrestre peut être repéré par deux coordonnées, appelées coordonnées terrestres, à savoir : sa latitude  $\varphi$  (positive dans l'hémisphère nord, négative dans l'hémisphère sud) et sa longitude  $L$  (définie par rapport au méridien de Greenwich : positive à l'ouest, négative à l'est).

Pour un observateur situé sur la surface de la Terre, le Soleil décrit une trajectoire relative qui dépend de la latitude et la longitude du lieu où il se trouve.

La position du Soleil est définie par plusieurs grandeurs:

- a. Paramètres de position

#### ↪ Angle de zénith

L'angle de zénith  $\theta_z$  est l'angle compris entre l'axe de zénith et le vecteur d'incidence du rayonnement solaire direct sur une surface horizontale (figure II.3). Elle dépend de  $\delta$ ,  $\varphi$  et  $\omega$  qu'on va définir par la suite. Il est calculé par [30] :

$$\cos \theta_z = \sin \delta \sin \varphi + \cos \delta \cos \varphi \cos \omega$$

II.2

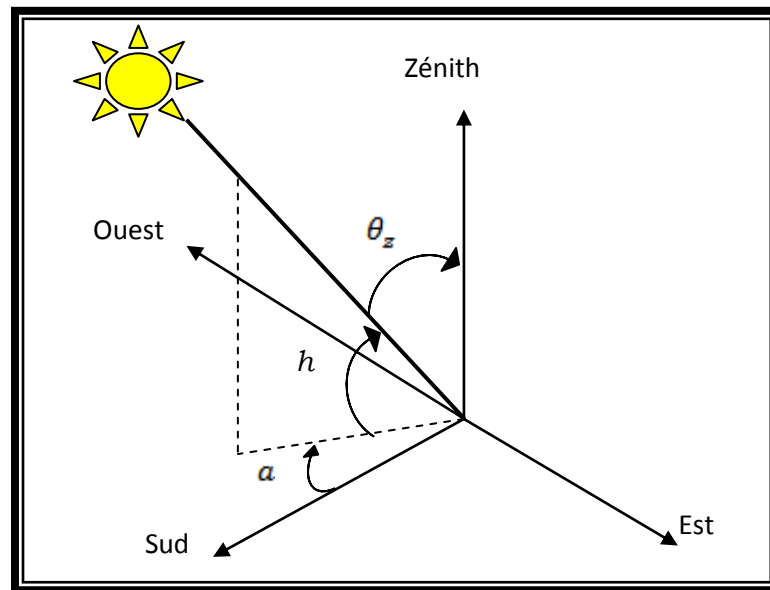


Figure II.3: Définition de la position du Soleil [28].

### ↪ Azimut

L'azimut, c'est l'angle ( $a$ ) compris entre le méridien du lieu et le plan vertical passant par le Soleil. L'origine des azimuts correspond à la direction du Sud dans l'hémisphère nord. L'angle d'azimut est compté positivement vers l'ouest. L'azimut est relié à l'angle horaire  $\omega$ , à la hauteur  $h$  et à la déclinaison  $\delta$  par la relation :

$$\sin a = \frac{\cos \delta \cos \omega}{\cos h} \quad \text{II.3}$$

### ↪ Hauteur solaire

La hauteur solaire est l'angle  $h$  formé par le plan horizontal au lieu d'observation et par la direction du Soleil. Il est donné par la relation [30]:

$$\sin h = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos \omega \quad \text{II.4}$$

### ↪ Angle d'incidence

L'angle d'incidence est l'angle entre un rayon arrivant directement du Soleil et la normale du plan quelconque qui fait un angle  $\beta$  avec l'horizontale. On peut calculer l'angle d'incidence du rayonnement solaire direct par la formule suivante [30] :

$$\cos \theta = \sin \theta_z \cos \beta + \sin \theta_z \sin \beta \cos(a - A) \quad \text{II.5}$$

Où

$\beta$  est l'inclinaison du plan,  $(-90^\circ \leq \beta \leq +90^\circ)$ ,

$A$  est l'angle d'azimut du plan,

$\alpha$  est l'angle d'azimut solaire.

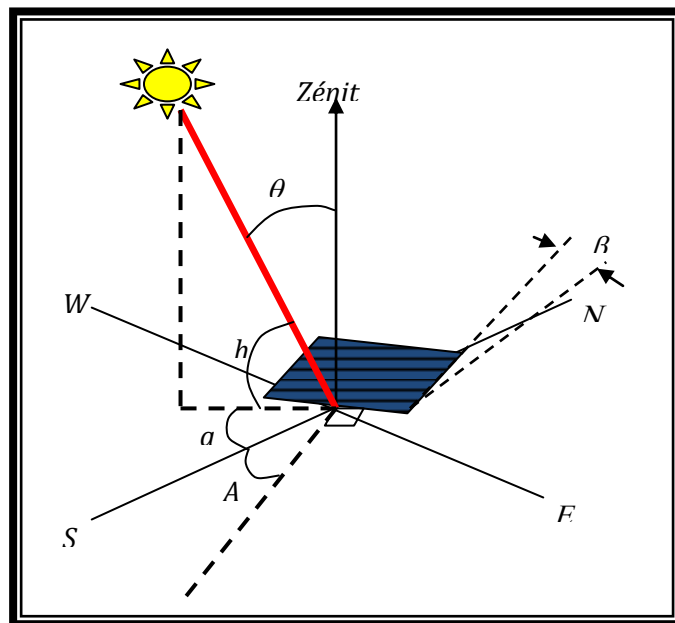


Figure II.4: Angle de zénith, inclinaison, angle d'azimut solaire et angle d'azimut d'un plan incliné [28].

### ↪ Déclinaison

L'angle que fait le plan de l'équateur terrestre avec la direction Terre-Soleil est appelé la déclinaison  $\delta$ . Cet angle varie tout au long de l'année de façon symétrique entre  $-23^\circ 26'$  et  $+23^\circ 26'$ .

La valeur de la déclinaison peut être obtenue avec une bonne précision par la formule suivante (relation de Cooper) [30]:

$$\delta = 23.45 \sin \left( \frac{360}{365} (j - 81) \right) \quad \text{II.6}$$

↵ **Angle horaire :**

L'angle horaire  $\omega$  est l'angle que fait le plan contenant le cercle horaire du Soleil avec le plan contenant le méridien céleste. Il est mesuré sur l'équateur, positivement à l'ouest, négativement à l'est.

b. Paramètres de temps :

↵ **Durée d'insolation**➤ **Durée d'insolation maximale**

C'est la durée astronomique du jour. Elle s'obtient à partir des valeurs du lever (du coucher) du soleil en utilisant la relation suivante [27]:

$$SS_0 = \frac{2}{15} \omega_0 \quad \text{II.7}$$

Où  $\omega_0$  est le temps du coucher du Soleil.  $\omega_0$  est déterminée à partir de la relation suivante [31]:

$$\cos \omega_0 = -\operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \delta \quad \text{II.8}$$

➤ **Durée d'insolation réelle**

C'est la durée réelle du jour.

On peut définir le facteur d'éclairement par le rapport entre la durée d'insolation réelle  $SS$  et la durée d'insolation maximale  $SS_0$ :

$$\sigma = \frac{SS}{SS_0} \quad \text{II.9}$$

↵ **Temps solaire vrai**

Le temps solaire vrai est le temps donné par les cadrans solaires.

Il existe une relation simple entre l'heure solaire vraie (TSV) et l'angle horaire  $\omega$  [27] :

$$\omega = 15(TSV - 12) \quad \text{II.10}$$

↵ **Temps solaire moyen**

On introduit la notion de temps solaire moyen TSM qui varie de  $\pm 16 \text{ min}$  par rapport au TSV.



on a :

$$TSM = TSV - ET \quad \text{II.11}$$

où : ET est appelé l'équation du temps.

### ↳ Équation du temps

L'équation du temps peut être calculée par la formule suivante [27]:

$$ET = 0.0002 + 0.4197 \cos \alpha - 7.3509 \sin \alpha - 3.2265 \cos 2\alpha - 9.3912 \sin 2\alpha - 0.0903 \cos 3\alpha - 0.3361 \sin 3\alpha \quad \text{II.12}$$

Avec  $\alpha = 360 \frac{j}{366}$

#### II.1.2.2. Atmosphère terrestre

L'atmosphère contient une majorité d'azote et d'oxygène, mais aussi de l'argon, du  $\text{CO}_2$ , de la vapeur d'eau, et la fameuse couche d'ozone de la stratosphère, dont le rôle de filtrage des UV les plus durs est si important. Les poussières et les nuages ont aussi leur importance dans la diffusion du rayonnement solaire [25].

##### a. Masse d'air

Considérons un plan horizontal, à la limite de l'atmosphère terrestre, situé à une latitude  $\varphi$ .

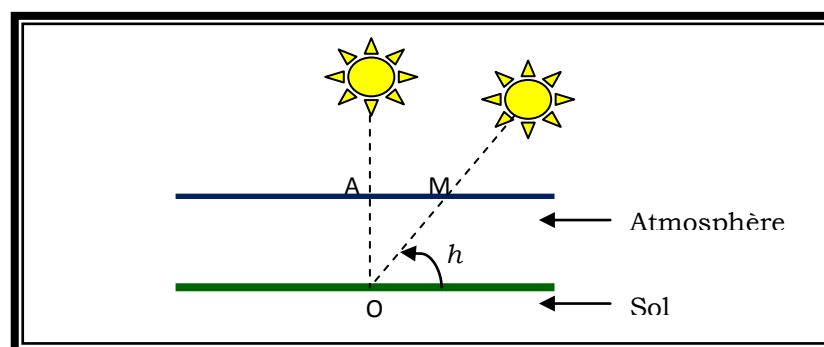


Figure II.5: Définition de la masse d'air [25].

On appelle masse d'air, le rapport entre l'épaisseur d'atmosphère traversée par le rayonnement direct pour atteindre le sol et l'épaisseur traversée à la verticale du lieu.

$$\frac{OM}{OA} = \frac{1}{\sin h} \quad \text{II.13}$$

où  $h$  est la hauteur angulaire.

Notons  $I_{h0}$  l'éclairement solaire hors atmosphère. On a :

$$I_{h0} = I \sin h \quad \text{II.14}$$

### b. Influence de l'atmosphère

Deux phénomènes atténuent le rayonnement solaire traversant l'atmosphère terrestre : l'absorption et la diffusion.

La figure (II.6) montre l'atténuation observée après le passage à travers l'atmosphère.

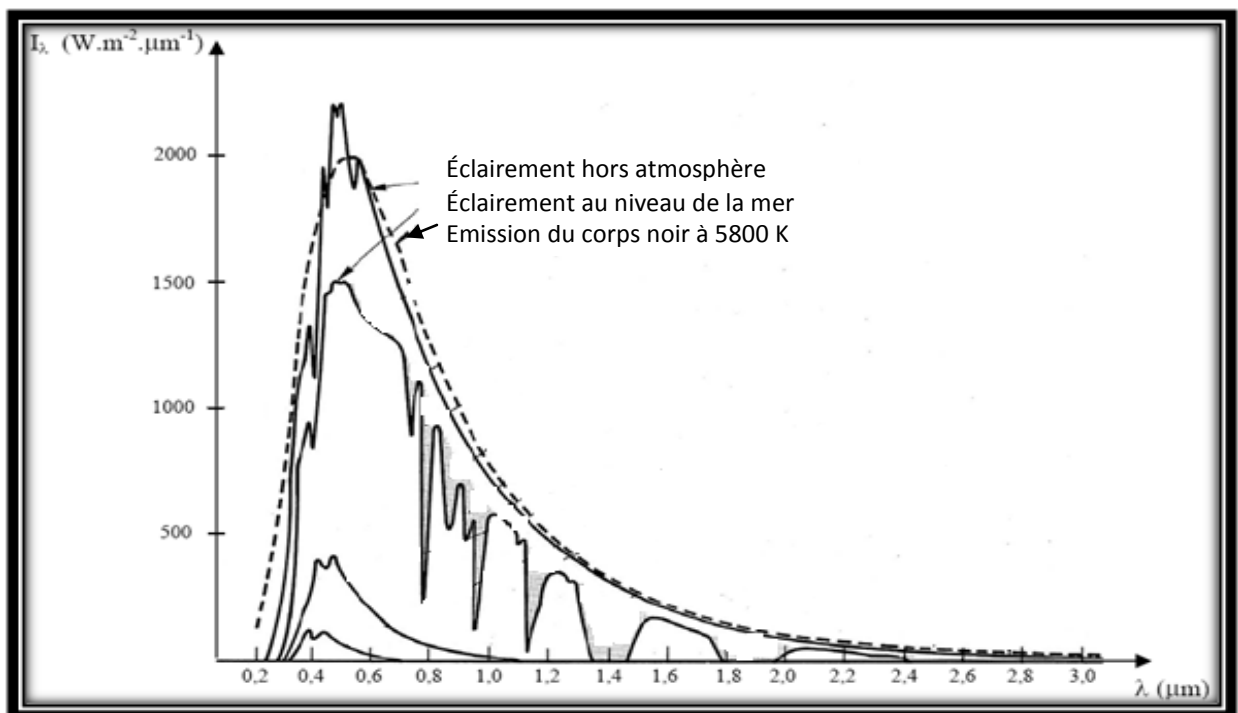


Figure II.6: Répartition spectrale du rayonnement solaire au niveau du sol terrestre [29].

### II.1.2.3. Composantes du rayonnement solaire

En traversant l'atmosphère, le rayonnement solaire est absorbé et diffusé. Au sol, on distingue plusieurs composantes :

➤ Le rayonnement direct est reçu directement du soleil, sans diffusion par l'atmosphère. Ses rayons sont parallèles entre eux, ils forment donc des ombres et peuvent être concentrés par des miroirs [30].

➤ Le rayonnement diffus par la voûte céleste est constitué des photons diffusés par l'atmosphère (air, nébulosité, aérosols). Sa structure varie avec les conditions météorologiques [25].

➤ Le rayonnement réfléchi, il dépend de l'environnement du site. Le rapport entre le rayonnement réfléchi et le rayonnement incident est dit l'albédo. Il faudra en tenir compte pour évaluer le rayonnement sur plans inclinés.

**Tableau I I.1: Coefficients d'albédo usuels [28].**

Type de surface	Albédo
Milieu urbain	0.14-0.20
Herbe	0.15-0.25
Herbe fraîche	0.26
Neige fraîche	0.82
Neige mouillée	0.55-0.75
Asphalte sec	0.09-0.15
Asphalte mouillé	0.18
Béton	0.25-0.35
Tuiles rouges	0.33
Aluminium	0.85
Cuivre	0.74
Acier galvanisé neuf	0.35
Galvanisé très sale	0.08

Le rayonnement global est tout simplement la somme de ces trois rayonnements [25].

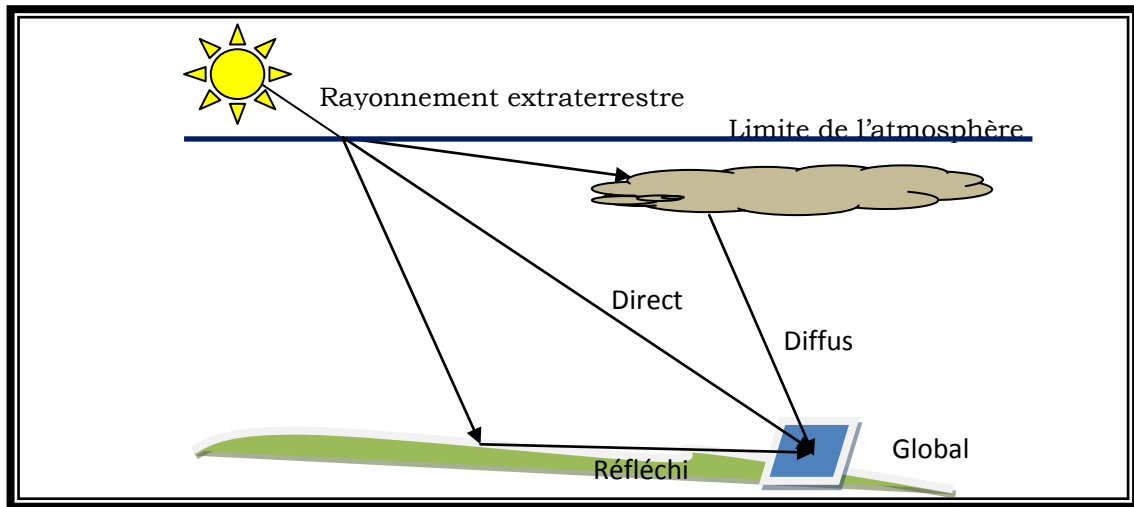


Figure II.7: Composantes du rayonnement solaire au sol [25].

### I.1.3. Irradiation solaire

#### I.1.3.1. Irradiation hors atmosphère

En déterminant l'irradiation solaire hors atmosphère, on élimine le problème climatologique qui tient compte du lieu d'étude, de la saison et de la nébulosité du ciel [27].

Notons  $H_{0j}$  l'irradiation extraterrestre journalière. On a :

$$H_{0j} = \int_{\text{journées}} I_{h_0} dt \quad \text{II.15}$$

L'intégration donne alors :

$$H_{0j} = \frac{24 \times 3600}{\pi} I \times E_0 \left[ \cos \varphi \cos \delta \sin \omega + \frac{\pi}{180} \omega \sin \varphi \sin \delta \right] \quad \text{II.16}$$

Où  $E_0$  est le facteur excentrique de correction de l'orbite de la Terre.

L'expression suivante peut être utilisée pour le calcul d' $E_0$  avec précision [27]:

$$E_0 = 1 + 0.033 \left[ \cos \left( \frac{360 \times j}{365} \right) \right] \quad \text{II.17}$$

**II.1.3.2. Paramètres affectant le rayonnement solaire**

## a. Effet cosinus [25]

On appelle rayonnement direct normal le rayonnement direct mesuré perpendiculairement aux rayons du Soleil. Mesuré selon un plan non perpendiculaire, le même rayonnement irradie une plus grande surface, il est donc moins intense, c'est ce qu'on appelle « l'effet cosinus ».

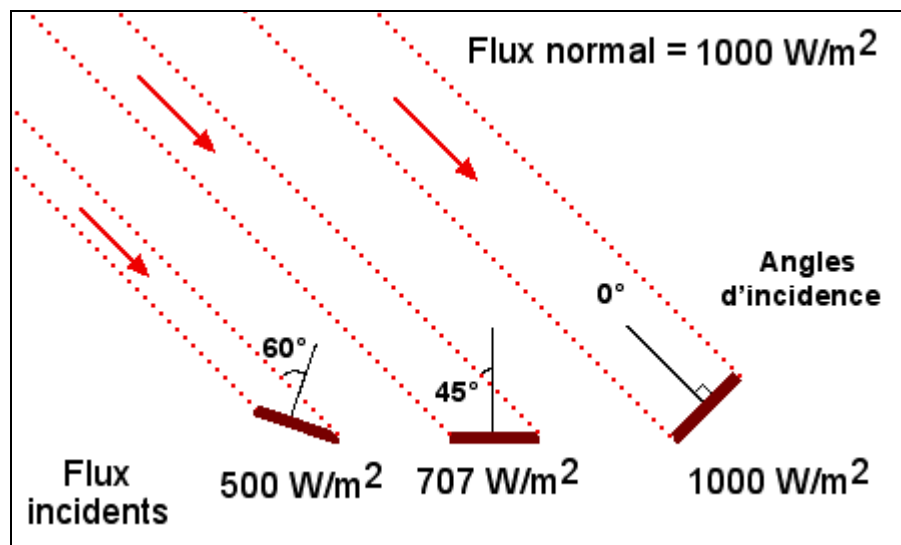


Figure II.8: Effet cosinus [82].

## b. Influence de l'état du ciel sur le rayonnement solaire

Trois conditions de base du ciel peuvent être identifiées :

- ✓ Ciel clair sans nuages ;
- ✓ Ciel partiellement nuageux ;
- ✓ Ciel nuageux.

Selon l'état du ciel on définit l'index de clarté  $K_T$ , qui est équivalent au rapport entre le rayonnement reçu au sol, et le rayonnement hors atmosphère.

Les valeurs journalières de l'index de clarté, peuvent être calculés par :

$$K_T = \frac{H_j}{H_{0j}}$$

II.18

où  $H_j$  est la valeur journalière de l'irradiation solaire mesurée au niveau du sol.

**Tableau II.2: Index de clarté pour différents états du ciel [32].**

Index de clarté	État du ciel
$0.7 \leq K_T < 0.9$	Ciel clair
$0.3 \leq K_T < 0.7$	Ciel partiellement nuageux
$0 \leq K_T < 0.3$	Ciel nuageux

### II.1.3.3. Irradiation solaire au niveau du sol

Plusieurs formules empiriques ont été utilisées pour l'estimation de l'irradiation solaire à partir de la durée d'insolation pour des régions différentes.

a. Modèle linéaire (modèle d'Angström) :

Angström a donné le premier modèle pour estimer l'irradiation solaire à partir des données de la durée d'insolation. Ce modèle exprime le rapport entre l'irradiation terrestre  $H$ , et l'irradiation extraterrestre  $H_0$  en fonction du rapport entre les durées d'insolation moyenne  $SS$  et maximale  $SS_0$  :

$$\frac{H_j}{H_{0j}} = a' \frac{SS}{SS_0} + b' \quad \text{II.19}$$

Les coefficients  $a'$  et  $b'$  varient d'une région à une autre en fonction du climat.

Mefti et al ont proposé différentes valeurs de  $a'$  et  $b'$  pour les différentes régions de l'Algérie [33].

**Tableau II.3: Paramètres de régression a' et b' du modèle d'Angström en fonction de la latitude [33].**

Latitude	a'	b'
$33^\circ < \varphi < 37^\circ$	0.50	0.23
$22^\circ < \varphi < 33^\circ$	0.45	0.38

#### b. Modèles non-linéaires

La plupart des modèles non-linéaires, cités dans la littérature, sont basés sur le modèle d'Angström en introduisant d'autres paramètres géographiques et météorologiques tels que l'humidité, la température et l'altitude du lieu.

Du point de vue application, seulement les modèles de Hussain et celui de Garg et al ont donné une satisfaction suffisante pour qu'ils puissent être appliqués sur n'importe quel site algérien pour reconstituer l'irradiation solaire globale [34].

#### ↳ **Modèle de Garg et al.**

Garg et al, ont développé une relation multilinéaire reliant l'humidité absolue  $U_a$  à l'humidité relative  $U_r$ , à la température ambiante  $T_a$  (équation (I.21)). A partir de cette corrélation et du facteur d'éclairement, ils ont développé la relation suivante:

$$\frac{H_j}{H_{0j}} = 0.14 - 0.4 \frac{SS}{SS_0} - 0.0055U_a \quad \text{II.20}$$

Avec

$$U_a = U_r(4.7923 + 0.3647T_a + 0.0055T_a^2 + 0.0003T_a^3) \quad \text{II.21}$$

#### ↳ **Modèle de Hussain et al.**

Le modèle de Hussain et al est basé sur le modèle de Garg et al. Ainsi, cette expression permet d'estimer l'irradiation globale en fonction des moyennes mensuelles par jour de l'humidité absolue et de la durée d'insolation. Cette expression est donnée comme suit:

$$\frac{H_j}{H_{0j}} = 0.394 + 0.364 \frac{SS}{SS_0} - 0.0035 U_a \quad \text{II.22}$$

### II.1.3.4. Irradiation solaire sur le plan incliné

L'irradiation totale reçue sur un plan quelconque peut être exprimée par la relation suivante :

$$H_T = H_b + H_d + H_R \quad \text{II.23}$$

Où :

$H_T$  est l'irradiation totale ;

$H_b$  est l'irradiation directe ;

$H_d$  est l'irradiation diffuse ;

$H_R$  est l'irradiation réfléchie.

$$H_T = (H_b + H_d A_i) R_b + H_d (1 - A_i) \left( \frac{1 + \cos \beta}{2} \right) + H \rho_g \left( \frac{1 - \cos \beta}{2} \right) \quad \text{II.24}$$

Avec :

$H$  est l'irradiation sur le plan horizontal ;

$A_i$  est le facteur anisotrope,  $A_i = H_b/H_0$  ;

$R_b$  est le rapport entre l'irradiation directe sur un plan incliné ( $H_{bi}$ ) et l'irradiation directe sur le même plan s'il est horizontal,  $R_b = H_{bi}/H_b$ ;

$\rho_g$  est l'albédo.

Pour notre travail les résultats d'insolation journalière ont été effectués au centre national de la météorologie. (Voir partie expérimentale)

## Conclusion

Dans ce chapitre, on a étudié le gisement solaire car cette étude est très importante pour déterminer la valeur de l'irradiation solaire au cours d'une journée. Après l'étude des différents phénomènes du gisement solaire, on étudiera principalement du point de vue microbiologique le rôle de l'irradiation solaire dans le traitement des eaux usées.



Les bactéries pathogènes à retenir pour l'établissement de critères microbiologique sont celles qu'il est possible de rencontrer en pratique dans les eaux d'irrigation, celui-ci peut devenir le vecteur de maladies transmissibles.

Certaines bactéries ou groupes bactériens mis en évidence par tests spécifiques peuvent être considérés comme témoins de contaminations d'origine humaine ou fécale et indiquer la présence possible de pathogène. Ainsi en est-il par exemple de *Staphylococcus aureus*, témoin de contamination cutanéomuqueuse ; d'*Escherichia coli*, du groupe des coliformes fécaux regroupant notamment *E.coli*, *Klebsiella*, *Enterobacter* ; des enterocoques, témoins de contamination fécale.

### III.1. *Escherichia coli*

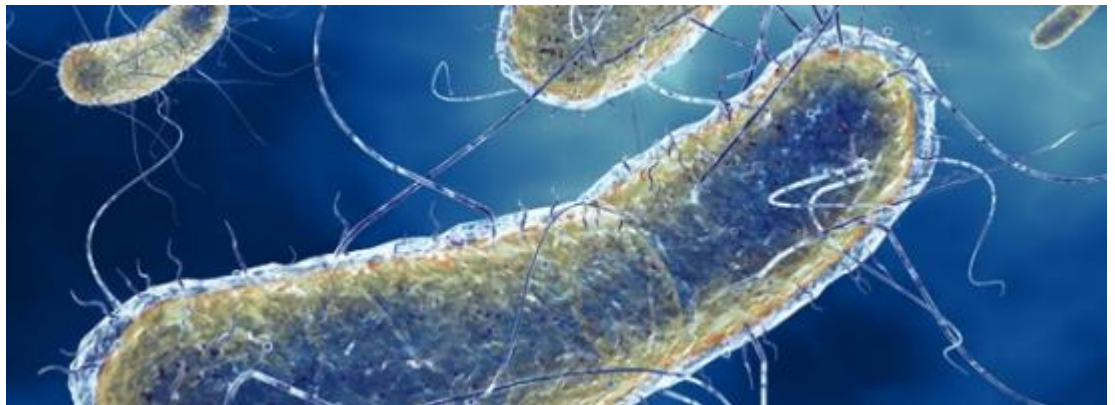


Figure III.1 : *Escherichia coli* dans l'eau [47].

#### III.1.1. Historique

En 1982 aux Etats-Unis (dans l'Oregon puis trois mois plus tard dans le Michigan), deux épidémies de colites hémorragiques sévères, nécessitant une hospitalisation de 70% des malades, apparurent après la consommation de hamburgers insuffisamment cuits provenant d'établissement d'une même chaîne de restauration rapide, les analyses mises en œuvre, d'une part sur les selles des patients et d'autre part sur de la viande de bœuf hachée congelée d'un même lot dont prévenaient les hamburgers incriminés, mirent en évidence une souche de *Escherichia coli* d'un sérotype particulier O157 :H7.[46]

Peu de temps après, une étude menée sur les selles d'enfants atteints par syndrome hémolytique et urémique (SHU) montra la présence d'une toxine,

cytotoxique pour les cultures cellulaires Véro (cellule rénale du signe vert d'Afrique), d'où son nom de « vétoxine », dénommée également « Shiga-toxine » du fait de sa grande similitude avec une toxine produite par *Shigella dysenteriae*<sup>17</sup>.

Les souches dites STEC (Shiga toxine-producing *E. coli*) sont toutes les souches de *Escherichia coli* ayant les gènes *stx* codant les Shiga-like toxine et verotoxines. La dénomination VTEC (verotoxin-producing *E. coli*) a été couramment utilisée jusqu'à aujourd'hui, la convention internationale de dénomination de ces pathogènes recommande le terme STEC. Les souches isolées chez les malades sont appelées EHEC<sup>12</sup>

*Escherichia coli* O157:H7 est le principal sérotype de *E. coli* responsable de pathologie chez l'homme.

Depuis 1982, de nombreux autres cas d'infections humaines consécutives à la consommation d'aliments contaminés par des STEC ont été rapportés à travers le monde<sup>14</sup>.

Il est habituel de qualifier ces pathogènes d'émergents alors même que *Escherichia coli* a été une des premières espèces bactériennes étudiées.

L'émergence de STEC est à associer à la double circonstance suivante : la description des SHU est assez récente (1950) de même que celle des épidémies liées à *E. coli* O157:H7 (1980).

Les habitudes alimentaires de l'homme ont évolué vers une augmentation du nombre de repas pris hors foyer, notamment des habitudes alimentaires nouvelles (moins cuisson de certains aliments par exemple) et constituent certainement une circonstance favorable à l'explosion des cas d'infections humaines liées au EHEC<sup>12</sup>.

### III.1.2. Taxonomie

*Escherichia coli* est considéré comme une hôte normale de la microflore digestive de l'homme et de nombreuses espèces animales. A ce titre *Escherichia coli*, et plus largement les coliformes thermolérants, sont recherchés dans les aliments comme indicateurs de contamination fécale ; leur présence fournissant une indication sur l'éventuelle contamination de l'aliment par des bactéries pathogènes d'origine digestive, notamment les Salmonelles. En outre certaines souches pathogènes

d'Escherichia coli sont connues des médecins comme des agents responsables de gastro-entérite infantile ou de la fameuse « diarrhée du voyageur » ; souvent d'origine hydrique. Les principaux pathotypes intestinaux, décrit en fonction des signes cliniques engendrés et des facteurs de pathogénicité exprimés, sont les Escherichia coli entérotoxigènes (ETEC), les Escherichia coli entérotoxigènes (EPEC), les Escherichia coli entérogrégatifs (EAaggEC), les Escherichia coli entérohémorragiques (EHEC) et les Escherichia coli entéroinvasifs (EIEC)<sup>31</sup>.

Les Escherichia coli appartiennent à la famille des enterobacteriaceae. Au sein de cette famille, on trouve de nombreux genres, parmi lesquels Salmonella, Shigella, et Escherichia coli qui compte 05 espèces dont coli.

À l'heure actuelle, il n'existe pas de classification standardisée des souches appartenant à l'espèce E.coli. Les médecins utilisent une classification comprenant 06 groupes. Cependant cette dernière, basée uniquement sur la pathogène des syndromes diarrhéiques, n'inclut que les souches de STEC entérotoxigènes, qui forment alors le groupe de E.coli entérohémorragiques ou EHEC. Or, toutes les souches de STEC ne provoquent pas de syndrome diarrhéique. Aussi la classification la plus utilisée par les microbiologistes est basée sur :

- La détermination du sérotype .depuis 1947 le sérotype est identifié par rapport aux antigènes somatiques « O ». plus de 170 sérotype de « O » de E.coli sont actuellement connus ;
- La détermination, au sein du sérotype, du sérotype : Le sérotype est identifié par rapport aux antigènes d'autres structures présentes à la surface des bactéries comme les antigènes « H » du flagelle et les antigènes « K » de la capsule.

L'établissement d'un sérotype complet correspond à l'identification des antigènes O,H et K. Il s'agit évidemment d'un travail réservé aux laboratoires spécialisés. Actuellement en Europe seuls deux laboratoires, l'un en Angleterre et l'autre au Danemark, réalisent le sérotype complet des STEC<sup>24</sup>.

### III.1.3 Bactériologie et physiologie

Tous les STEC ont une même morphologie. Celle-ci est caractéristique de *Escherichia coli* : des bacilles fins (0.5 micron de diamètre sur 2 à 3 microns de long) dont la coloration de Gram est négative. Ils ne sporulent pas.

À ce jour, les données sur la physiologie des STEC concernent essentiellement le seul sérotype O157:H7. Pour les autres sérogroupes (O26, O103, O111, O145...), les données sont beaucoup plus rares.

*E. coli* O157:H7 présente une plage de température permettant la croissance (6-46 °C) analogue à celle des *E. coli* en général et ne montre pas de résistance accrue aux traitements thermiques (les recommandations pour la cuisson de steaks hachés sont, aux États-Unis, d'atteindre une température de 71°C à cœur et, au Royaume-Uni, de maintenir une température à cœur de 70°C pendant 02 minutes).

L'activité de l'eau minimale pour la croissance ( $a_{wmin}$ ) de *E. coli* O157:H7 est de 0.96 selon les données de l'ICMSF (1996). D'après des travaux plus récents, *E. coli* O157:H7 a une  $a_{wmin}$  moyenne de 0.95312. L' $a_w$  optimum pour la croissance est de 0.995 selon des données de l'ICMSF (1996).

*E. coli* O157:H7 est une bactérie anaérobie facultative, elle s'adapte donc bien aux conditions de culture aérobie et anaérobie.

La principale différence entre *E. coli* O157:H7 et les autres *E. coli* est que certaines souches présentent une capacité de survie bien supérieure en conditions acides (produits carnés ou laitiers fermentés, jus de fruits, salades assaisonnées...). Cette survie en milieu acide est favorisée lorsque les aliments sont conservés à une température de réfrigération.

La résistance à l'acidité (« acid resistance » ou « acid habituation » en anglais) fait en général référence à l'exposition prolongée d'un micro-organisme à des conditions modérément acides (pH 5) amenant celui-ci à survivre en environnement très acide, de pH inférieur ou égal à 2.512.

L'acido-tolérance (acid tolerance en anglais) fait elle référence à la survie accrue d'un micro-organisme exposé à des pH allant de 2.5 à 4, après une brève exposition de celui-ci à des pH modérément acide. Cette résistance à l'acidité implique non seulement la survie

prolongée du micro-organisme dans les aliments à pH acide mais joue également un rôle lors du passage de la bactérie dans l'estomac.

Les phénomènes de résistance à l'acidité existent chez de nombreuses entérobactéries dont E.coli et Salmonella sp. Chez les STEC, plusieurs mécanismes ont été décrits.

La survie de E.coli O157:H7 dans des environnements acides est liée à une résistance à l'acidité implique non seulement des cellules de E.coli O157:H7 à des conditions acides (pH5) favorise leur survie dans une solution d'acide lactique à pH 3.85 ainsi que dans des aliments à pH acide (salami et jus de pommes de pH 5 et 3.4 respectivement). Cette phase d'adaptation dans la réalisation de tests d'épreuve microbiologique (« challenge test ») est très importante. Ainsi de nombreux travaux sur E.coli O157:H7 ont montré qu'une croissance en milieu modérément acide (pH5) induit une adaptation qui favorise la survie des bactéries dans des milieux à très bas pH.

Une fois induite, la résistance à l'acidité est stable pendant le stockage réfrigéré<sup>12</sup>.

Par ailleurs, la résistance à l'acidité de E.coli O157:H7 est associée à l'action du gène régulateur rpS12.

D'une façon générale, hormis la résistance accrue de certaines souches de STEC à l'acidité, aucune autre résistance particulière aux traitements assainissant n'est rapporté. Toutefois, rappelons que, comme pour d'autres bactéries pathogènes :

- L'application de chocs physiologiques thermique chauds ou froids ? acides ou salins.....) peut entraîner une résistance accrue à des traitements assainissant appliqués consécutivement aux chocs,
- Les caractéristiques physico-chimiques de la matrice alimentaire (pH,  $a_w$ , teneur en lipides .....) influencent l'efficacité des traitements assainissant.

Les cellules de E.coli O157:H7 lorsqu'elles adhèrent aux surfaces inertes ou aux parties intactes des végétaux, le font sous forme de cellules isolées voire en petits agrégats. Les densités surfaciques qui sont dépendantes du milieu de culture et du support utilisé atteignent aux maximum  $10^6$  ufc/cm<sup>2</sup>. Un milieu minimum apparaît plus propice que les aliments à la formation de biofilms et la formation de polymères exocellulaires.

L'adhésion sur les végétaux se fait préférentiellement sur les racines des plantes et sur les zones abimées et coupées.

Les E.coli O157H:7 ne montrent pas de résistance particulière aux désinfectants et apparaissent avoir une sensibilité proche, voire plus forte, que d'autre E.coli et que d'autres bactéries pathogènes comme *Listeria monosytogènes*, *Salmonella entérica*, *Campylobacter jejuni*<sup>12</sup>.

### **III.1.4 Clinique de l'infection humaine due aux EHEC**

L'infection à EHEC peut revêtir plusieurs aspects dont le plus fréquent est la colite hémorragique. Le tableau clinique peut cependant se compliquer d'un syndrome hémolytique et hurémique (SHU), particulièrement chez l'enfant et le sujet âgé ou d'un purpura thrombotique thrombocytopénique (PTT) chez l'adulte. Ces différentes entités cliniques seront présentées successivement sous l'angle symptomatologique, diagnostique, et thérapeutique.

Le SHU et le PTT sont considérés comme un ensemble de manifestations de micro angiopathie thrombotique. Ces affections ont en commun des lésions des cellules endothéliales de la microcirculation, suivie d'un gonflement cellulaires, d'adhérence plaquettaire et de thrombose. Les manifestations sont déterminés par le lit vasculaire le plus atteint : celui des reins dans le SHU, celui du cerveau dans le PTT. Ces deux affections sont caractérisées par micro angiopathie sévère, ainsi que par une réduction marquée du taux des plaquettes et du taux d'hémoglobine.

Les évolutions cliniques après ingestion de EHEC sont indiquées dans la figure III.2.

Le diagnostic microbiologique des infections à EHEC est difficile, en particulier au moment du SHU ou la diarrhée peut être absente et il est alors nécessaire de pratiquer un écouvillonnage rectal.

Le diagnostic repose d'une part sur la mise en évidence dans les selles ou dans l'écouvillonnage rectal de STEC et/ou des gènes de virulence et d'autre part sur l'augmentation du titre sérique des anticorps anti-lipopolysaccharide.

## ❖ Colite hémorragique

Principale manifestation clinique de l'infection à *Escherichia coli* O157:H7, la colite hémorragique est caractérisée par des crampes abdominales, une diarrhée initialement aqueuse puis sanglante chez un patient généralement apyrétique ou subfébrile. La diarrhée sanglante est retrouvée dans 90% des cas diagnostiqués.

La période d'incubation de 2 à 10 jours est plus longue que celle observée pour les autres diarrhées infectieuses. L'évolution est généralement spontanément favorable en quelques jours. Des nausées, des vomissements, des céphalées et des frissons ont également été rapportés, mais leur fréquence est plus faible.

Le taux d'hospitalisation au cours de la colite hémorragique varie de 03 à 82%, il n'existe pas de traitement spécifique, le traitement est symptomatique. Les EHEC ne présentent pas les seuls micro-organismes potentiellement responsables de diarrhées sanglantes. Des bactéries telles que *Campylobacter* sp., *Clostridium difficile*, certains virus de certains parasites (amibes) peuvent également être incriminés dans l'étiologie des diarrhées sanglantes.

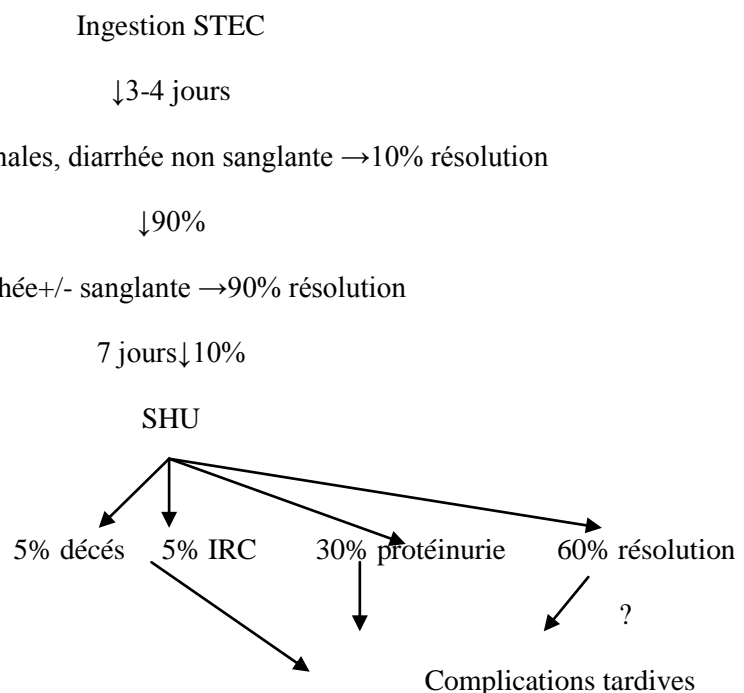


Figure III.2 : Evolutions cliniques après ingestion de EHEC12

(IRC : Insuffisance rénale chronique) [46].

### III.2. Les Salmonelles :( F. Humbert) .

#### III.2.1. Historique

Les salmonelles peuvent être responsables, chez l'homme selon le sérotype en cause et en fonction de l'état physiologique de l'hôte, d'une simple diarrhée accompagnée ou non de fièvre, ou d'une infection généralisée parfois mortelle. La fièvre typhoïde la plus grave de Salmonelles humaines, a été associée à la mise en évidence de bacilles dans des coupes de rate et de ganglio dé 1880 par Eberth. Mais seuls quelques sérovars très particuliers (Salmonella Typhi, Paratyphi A, Paratyphi B, Paratyphi C et Salmonella Sendai) considérés comme étroitement adaptés à l'homme, sont responsables de cette pathologie parfaitement définie : la typhoïde. Les autres sérovars de salmonelles sont associés aux toxi-infections alimentaires collectives (TIAC), définies par l'apparition d'au moins deux cas groupés similaires, d'une pathologie digestive dont on peut attribuer la cause à une même origine alimentaire [48]. (tableau)

Tableau III.1 :

Répartition	<b>S. Typhi A,B ou C et S Sendai</b>	<b>Autres sérovars ubiquistes</b>
	Pays en voie de développement	
Hôtes potentiels	Exclusivement l'homme	Très nombreux hôtes possibles
A l'origine	De la Typhoïde	Des TIAC *

\*Toxi-infection Alimentaires collectives

En raison des progrès considérables réalisés dans le traitement des eaux usées et dans les séparations des circuits eaux usées/ eaux potables, la fièvre typhoïde a pratiquement disparu dans les pays développés ou les sérovars responsables de cette infection sont maintenant presque uniquement isolés de personnes revenant d'un voyage à l'étranger. Par contre, la typhoïde est encore une pathologie fréquente des pays en voie de développement, où les diarrhées constituent toujours la principale cause de mortalité infantile. Pourtant les Salmonelles conservent une importance considérable, même dans les pays industrialisés (en particulier pour les milieux



vétérinaires et agro-alimentaires), puisqu'elles représentent une des causes parmi les plus fréquentes, chez l'homme, de diarrhée bactérienne d'origine alimentaire.

### III.2.2 Taxonomie

Le genre de salmonella est l'un des 32 genres de la famille des Enterobacteriaceae. Il est phylogénétiquement proche des genres *Escherichia* et *Hafnia* et phénotypiquement proche des genres *Citrobacter* et *Hafnia*.

Les hybridations ADN-ADN ont montré qu'il n'existe que 02 espèces dans le genre de *Salmonella* : *Salmonella bongori* (Ancien sous-genre V de la classification de Kaufmann-White) et *Salmonella choleraesuis* également appelée *Salmonella enterica*.

### III.2.3 Identification

#### III.2.3.1 Identification morphologique

Ce sont de petites bâtonnets (2 à 3µm par 0.6 à 0.8 µm ) présentant une ciliature péritriche.



Figure III.3 : colonies de Salmonelles [49].

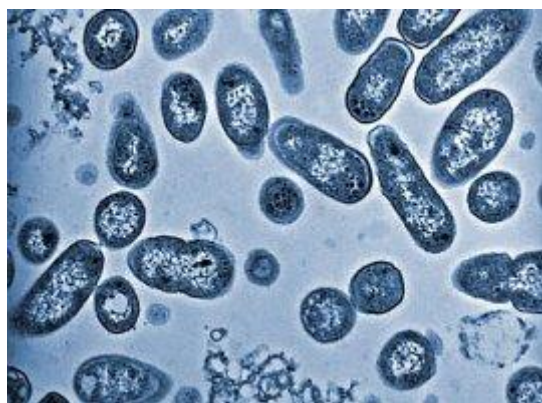


Figure III.4 : Salmonelle [50].

### III.2.3.2. Identification Biochimique

Les salmonelles possèdent les caractères généraux de la famille des Enterobacteriaceae. Sept caractères définissent cette famille :

- ✓ Bacilles Gram négatif, souvent mobiles par leurs ciliature péritriche ;
- ✓ Cultivant sur milieu ordinaires ;
- ✓ Aéro-anaérobies facultatifs ;
- ✓ Fermentant le glucose avec ou sans production de gaz ;
- ✓ Réduisant les nitrates en nitrites ;
- ✓ Donnant une réaction de l'oxygène négative ;
- ✓ Et possédant une catalase.

Les principaux caractères permettant l'identification biochimique du genre Salmonelle sont :

- L'absence d'uréase et de tryptophane(ou phénylalanine) désaminase,
- L'absence de production d'indole et d'acétoïne,
- L'absence de fermentation de lactose, du saccharose, de l'inositol, de l'adonitol et du 2-céto-gluconate,
- La production d'H<sub>2</sub>S à partir du thiosulfate
- La décarboxylation fréquente de la lysine et de l'ornithine,
- La pousse fréquente sur le milieu au citrate de Simmons.

### III.2.3.3. Identification antigénique : subdivision en sérovars

Comme toutes les Entérobactéries, les Salmonelles peuvent posséder 3 types d'antigènes présentant un intérêt diagnostique :

- Les antigènes d'enveloppes,

- Les antigènes de paroi ou antigènes somatiques ou antigènes O résistant a la chaleur et à l'alcool mais sont détruits par le formol.
- Les antigènes flagellaires ou antigènes H sont thermolabiles, mais résistant au formol.

### **III.2.4. Tableau clinique**

#### **III.2.4.1.contamination et incubation**

L'homme ou les animaux se contaminent principalement par voie orale : contact direct avec un homme ou un animal infecté, ingestion d'aliment contaminé. La voie aérienne est également efficace, en particulier dans les élevages intensifs confinés.

L'ingestion de Salmonelle ayant proliféré dans un aliment (dans le cas de l'homme) ou présente à la suite de contamination fécales des auges ou de l'eau de boisson en élevage (dans le cas des animaux), peut entraîner une pathologie variable, selon les souches et la sensibilité des individus.

Les signes cliniques s'expriment après incubation d'environ 17 heures (de 10 à 24 heures) si la dose ingérée est de l'ordre de  $10^5$  à  $10^8$  Salmonelles.

#### **III.2.4.2.Symptomes**

##### **III.2.4.2.1 : Aspects cliniques des TIAC dues aux Salmonelles**

Une gastro-entérite aigue fébrile avec une diarrhée, douleurs abdominales, nausées et vomissement, Céphalées et malaise général. Tout rentre dans l'ordre en 2 à 3 jours, ou au maximum en une semaine. Dans deux cas sur dix, on a recours à une hospitalisation.

##### **III.2.4.2.2. les salmonelles animales**

Ce sont les bovins qui payent le plus lourds tribut à cette affection.

Chez les vaches laitières ou les jeunes veaux , il est caractérisé dans sa forme aigue par une diarrhée accompagnée de fièvre, d'anorexie et de chute de laits importante ou par des avortement survenant dans le dernier tiers de la gestation de la vache.

Chez les volailles, cette pathologie est excessivement rare. Présente des diarrhées ou bien une chute de ponte pour les poules pondeuses.

### III.3.Vibro : (J.Lesne et J-M. Fournier) [48].



Figure III.5 : Vibrio[51].

#### III.3.1.Historique

En 1854-1855, Pacini décrit des « vibrions doués de mouvements spontanés très vifs » Dans les selles de cholérique. Mais c'est Koch, en 1883-1884, qui montre grâce à la confrontation d'observation réalisées à Alexandrie en Egypte, en Inde puis à Toulon en France, que le « bacille virgule » est bien l'agent pathogène responsable du choléra.

La première espèce de Vibrio autre que V. Cholerae a été décrite par Gamaleia en 1888 sous le nom de Vibrio metschnikovii. Cette souche qui avait été isolée d'une poule présentant une diarrhée, n'est que rarement à l'origine de phénomène pathologique chez l'homme. Il fallut attendre 1951 pour qu'une nouvelle espèce de vibrion pathogène pour l'homme soit isolée au Japon chez des patients victimes de Toxi-infections alimentaires consécutives à l'absorption de chair crue de poisson de mer.

#### III.3.2. Taxonomie

Le genre vibrio fait partie de la famille des Vibrionaceae décrite par le Véron en 1965. Cette famille comprend : genres Vibrio, photobactrium, Plesiomonas et Aeromonas. Bien que le genre Vibrio ait été, à l'origine, défini essentiellement sur la base des caractères

morphologiques, culturels et biochimiques, les données récentes de la biologie moléculaire, avec en particulier les études d'hybridation ADN/ADN, ont confirmé la position taxonomique de la plus part des espèces décrites à l'origine comme faisant partie de ce genre.

Ils existe à ce jours 41 espèces de *Vibrio* connues , en distinguant onze espèces pathogènes pour l'homme regrouper dans le tableau ci-dessus.

**Tableau III.2 : les Espèces pathogène pour l'homme**

<b>Espèces pathogènes pour l'homme</b>	
<b>(11)</b>	
<i>V. alginolyticus</i>	<i>V. hollisae</i>
<i>V. cholerae</i>	<i>V. metschnikovii</i>
<i>V. carchariae</i>	<i>V. mimicus</i>
<i>V. cincinnatiensis</i>	<i>V. parahaemolyticus</i>
<i>V. fluvialis</i>	<i>V. vulnificus</i>

### III.3.3. Aspect clinique

La diarrhée explosive, suivi d'une déshydratation potentiellement fatale, qui caractérise le choléra, ne se produit que chez une minorité de personnes infectées par les souches de *V. cholerae* O1 ou *V. cholerae* O139 productrices de la toxine cholérique.

La période d'incubation du choléra peut varier entre quelques heures et quelques jours, la début de la maladie peut être brutal, avec une diarrhée aqueuse profuse, mais il peut aussi y avoir des symptômes prémonitoires comme l'anorexie, l'inconfort abdominal ou la diarrhée banal, au départ les selles sont constituées de matières fécales, mais elles sont rapidement remplacées par un liquide de couleur gris pale, contenant des particules mucus, qui ressemble à de l'eau de riz. Les vomissement sont souvent présents quelques heures après le début de la diarrhée.

### III.4. Les streptocoques [52].

Les bactéries des genres *Streptococcus* et *Enterococcus* sont des cocci à Gram positif, catalase négative, à métabolisme anaérobie. Le genre *streptococcus* rassemble les *streptocoques* sensu stricto et le *pneumocoque*. Le genre *enterococcus* regroupe les streptocoques du groupe D, sauf *Streptococcus bovis*.

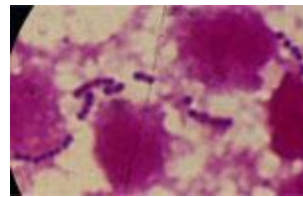


Figure III.6 : Streptocoques [53].

#### III.4.1 Historique

En 1879, PASTEUR décrit dans le pus d'un abcès chaud des micro-organismes en chapelet de grains. ROSENBAACH leur donne, en 1884, le nom de streptocoques.

En 1924, DICK démontre que la scarlatine est due au streptocoque.

En 1928, LANCEFIELD propose la classification antigénique qui porte son nom et qui remplace les classifications précédentes basées uniquement sur les propriétés hémolytiques. Avec la méthode de LANCEFIELD on peut classer les streptocoques en sérogroupes de A à T. Certains streptocoques qui ne possèdent pas d'antigène permettant de les classer selon la méthode de LANCEFIELD sont dits « non groupables ».

En 1936, l'avènement des sulfamides entraîne une baisse de la mortalité par fièvre puerpérale, complication post partum souvent causée par les streptocoques.

### III.4.2. Habitat

Les streptocoques regroupent de nombreuses espèces. Certaines sont des parasites de l'espèce humaine (streptocoques des groupes A, C et G de LANCEFIELD), d'autres des commensaux de la muqueuse buccale (streptocoques du groupe B et streptocoques non groupables et non hémolytiques) ou de la muqueuse génitale (groupe B) ou de l'intestin (anciens streptocoques du groupe D ou entérocoques considérés maintenant comme faisant partie d'un genre à part, le genre *enterococcus*). D'autres encore sont des commensaux des animaux ou des saprophytes.

### III.4.3. Pouvoir pathogène

Les streptocoques sont, après les staphylocoques, les bactéries pyogènes n° 2. Le plus pathogène d'entre eux est le streptocoque bêta-hémolytique du groupe A de LANCEFIELD, appelé *Streptococcus pyogenes*, qui est responsable de la majorité des affections provoquées par les streptocoques. Les réactions immunologiques de l'hôte infecté par *S.pyogenes* sont beaucoup plus complexes que celles qui s'observent lorsqu'il est infecté par *S.aureus* et peuvent conduire à la formation d'anticorps spécifiques à un taux élevé et d'auto-anticorps.

#### III.4.3.1. Maladies provoquées par les streptocoques des groupes A, C, G

Les streptocoques des groupes A, C, G qui sont bêta-hémolytiques (large zone d'hémolyse franche autour des colonies cultivées sur gélose au sang frais), ont un pouvoir pathogène similaire. Ils sont responsables des affections suivantes :

- L'angine rouge ou érythémato-pultacée (de pultis = bouillie, en latin), ou l'infection streptococcique la plus fréquente : elle s'accompagne classiquement de fièvre à 39-40°C, de dysphagie par inflammation amygdalienne et périamygdalienne, d'une adénopathie satellite, de céphalées et d'asthénie.
- *D'autres infections aiguës* : cutanées, muqueuses ou septicémiques. Les unes sont locales, comme l'impétigo (enfant : lésions au niveau du visage et des mains de type vésiculo-pustulaire, puis crouteuses, de contagiosité ++), l'érysipèle (placard rouge surélevé, limité par un bourrelet + signes généraux), ou encore sur les infections des plaies et brûlures.
- Les bactériémies sont souvent secondaires à une infection locale. C'est le cas de la fièvre puerpérale qui fait suite à une infection génitale du post-partum. Il faut citer aussi les endocardites aiguës, les méningites.

- La scarlatine associe une angine et la diffusion à partir du foyer angineux d'une toxine érythrogène secrétée par le streptocoque. La réaction de DICK consiste à tester la sensibilité du sujet à l'inoculation intradermique d'une faible dose de toxine érythrogène.  
Les sujets chez lesquels l'injection de toxine ne provoque pas une réaction érythémateuse sont immunisés contre la scarlatine. Pour l'histoire, la réaction de SCHULTZE et CHARLTON, ou réaction d'extinction, était une épreuve diagnostique qui consistait à injecter par voie intradermique au niveau d'une plaque d'érythème scarlatiniforme un peu de sérum de convalescent de scarlatine. Si l'érythème s'éteignait au point d'injection, c'est qu'il s'agissait d'une scarlatine.
- Des syndromes de choc toxique avec défaillance viscérale multiple, identique à celui observé parfois avec *S.aureus*, d'où son nom de TSLS (*Toxic shock like syndrom*).
- *Des affections auto-immunes*, conséquences d'infections à streptocoque A. C'est le cas du rhumatisme articulaire aigu (R.A.A.), de la néphrite post-streptococcique, de la chorée de SYDENHAM (contractions musculaires, involontaires, persistant pendant le repos, gestes amples et rapides et incoordination des mouvements volontaires). La parenté antigénique entre la paroi du streptocoque et certains tissus humains explique le développement d'auto-anticorps. Elle explique également le traitement des affections auto-immunes : pénicillino-thérapie pour éliminer le streptocoque et cortisone pour diminuer la réaction immunitaire.

En ce qui concerne le nombre d'indicateurs microbiologique utilisés, on passe de trois à deux respectivement. Au départ, les coliformes totaux, fécaux, ainsi que les streptocoques.

Les streptocoques sont utilisés comme guide afin d'obtenir une meilleur qualité de l'eau.

Les deux paramètres indicateurs sont les entérocoques intestinaux (EI) et Escherichia-coli (EC). Ces deux indicateurs fournissent la meilleure correspondance possible entre la pollution fécale et les effets sur la santé dans les eaux. [54]

Parmi les autres types de polluants à caractère toxique, on peut citer l'impact des rejets de métaux lourds sur l'environnement et la santé de l'homme.



### **IV.1.Introduction**

Les métaux lourds sont des polluants engendrés par l'activité humaine qui ont un fort impact toxicologique. Dans un milieu naturel, les éléments métalliques peuvent être classés en deux catégories :

La première catégorie rassemble les éléments qui, présents à l'état de trace, sont essentiels à la croissance, au développement voire à la reproduction des organismes vivants, aussi bien micro que macroscopiques. Les métaux suivants en font partie: Cu, Zn, Co, Fe, Mn, Ni, Cr, V, Mo, Se, Sn. Lorsque la concentration de ces éléments est trop faible, un phénomène de carence est donc observable pour ces organismes. Ainsi, il a, par exemple, été montré qu'un manque de fer pouvait être à l'origine d'une diminution du développement phytoplanctonique. Pour autant, une augmentation forte de la concentration en ces éléments métalliques peut aboutir à des phénomènes de toxicité.

La deuxième catégorie est quant à elle constituée des éléments métalliques toxiques, non nécessaires à la croissance des organismes vivants, tels que le cadmium, le plomb, le mercure.

L'ensemble de ces éléments peut être d'origine naturelle mais leurs concentrations sont généralement modifiées par les activités anthropiques générant d'importantes pollutions. La quantification de ces éléments à l'état de traces est donc une donnée indispensable à l'estimation de leur impact dans un environnement donné [55].

### **IV.2 .Origine des métaux lourds et impact sur l'environnement**

Une quantité importante de métaux lourds est introduite dans l'environnement par l'intermédiaire de sources naturelles et humaines. Cette contamination a plusieurs origines telles que la combustion de fossiles, les gaz d'échappement des véhicules, l'incinération, l'activité minière, l'agriculture et les déchets liquides et solides. Mais elle peut également être d'origine naturelle via les volcans, l'activité des sources thermales, l'érosion, l'infiltration,... D'autre part, le cadmium, l'arsenic, et surtout le mercure et le plomb sont introduits dans l'environnement, de façon quasi exclusive par l'homme.

#### **IV.2.1.Contamination des sols**

Les surfaces concernées par la pollution métallique sont estimées, en France, à 200 000 ha le long des axes routiers et à 400 000 ha à proximité des sites industriels.

Les métaux peuvent être soit fixés sur les roches et les sédiments, soit mobiles. Dans le premier cas, les quantités disponibles sont infimes et ils n'ont aucune signification sur l'environnement. Mais lorsque les conditions changent de telle manière que les métaux redeviennent solubles, l'augmentation de la concentration devient alors une menace directe pour l'environnement du fait de l'augmentation de leur disponibilité pour les plantes. En outre, depuis quelques années, les pluies acides augmentent la mobilité des métaux dans le sol et causent donc une augmentation de leur concentration dans les produits agricoles.

### **IV.2.2. Contamination de l'air**

Les principales sources de métaux dans l'air sont des sources fixes. De nombreux éléments se trouvent à l'état de traces dans des particules atmosphériques provenant de combustions à haute température, de fusions métallurgiques, des incinérateurs municipaux, des véhicules, etc. Les effets biologiques, physiques et chimiques de ces particules sont fonction de la taille des particules, de leur concentration et de leur composition, le paramètre le plus effectif sur l'environnement étant la taille de ces particules. Dans l'air ambiant, on trouve de nombreux éléments, comme le plomb, le cadmium, le zinc, le cuivre, etc., dont la concentration est d'autant plus élevée que les particules sont fines.

### **IV.2.3. Contamination de l'eau**

Il est assez difficile de prévoir l'évolution des métaux dans l'environnement, car ils peuvent subir un grand nombre de transformations (oxydation, réduction, etc.), et car cette évolution dépend fortement du milieu. En effet, la migration des métaux lourds vers la nappe phréatique est fonction de nombreux paramètres:

- la forme chimique initiale du métal.
- la perméabilité du sol et du sous-sol.
- la porosité du sol.
- le pH: dans un milieu acide, les métaux risquent de se solubiliser, alors que dans un milieu alcalin, ils peuvent former des hydroxydes métalliques.
- l'activité biologique: certains micro-organismes ont la capacité d'ingérer des métaux, alors que d'autres les solubilisent par acidogénèse.
- le potentiel redox du sol.

- la composition minéralogique du sol: il peut y avoir formation de composés.

- la teneur en matières organiques du sol: (complexation des métaux par les substances humiques). En général, l'accumulation des métaux lourds dans l'environnement peut se répercuter sur la santé des êtres humains et des animaux. A l'échelle microscopique, les métaux lourds ont aussi des effets néfastes sur les populations bactériennes, ce qui n'est pas sans conséquences sur le fonctionnement de l'écosystème.

En effet, les micro-organismes occupent des positions clés dans les cycles des bioéléments. Les hommes sont exposés par inhalation aux polluants aériens, la consommation d'eau contaminée, l'exposition à des sols contaminés de déchets industriels. Ils s'accumulent dans les organismes vivants et perturbent les équilibres et mécanismes biologiques, provoquant des effets toxiques à court et/ou à long terme. Ils peuvent affecter le système nerveux, les fonctions rénales, hépatiques, respiratoires. Ils peuvent causer des problèmes sérieux comme un retard de croissance et de développement, des perturbations des systèmes biorégulateurs responsables de troubles étiquetés fonctionnels ou psychosomatiques (syndrome fatigue chronique, fibromyalgie) des problèmes neuro-dégénératifs (Parkinson, Alzheimer) et finalement des lésions organiques et des cancers.

L'intoxication par quelques métaux, tels le mercure et le plomb peuvent aussi entraîner des phénomènes d'autoimmunité, dans lesquels le système immunitaire du patient attaque ses propres cellules. Cela peut conduire à des affections articulaires, telle l'arthrite rhumatoïde, des problèmes rénaux, circulatoires et nerveux [56].

### **IV.3. Généralités sur le plomb, zinc, fer, cuivre, cardium**

#### **IV.3.1.Plomb**

Le plomb est un constituant naturel, largement réparti dans la croûte terrestre à des teneurs de l'ordre de 13 mg/kg. Les sols acides sont généralement moins riches en plomb que les sols alcalins. Il peut être présent sous forme de carbonates (cérosite), de phosphates (pyrophosphite), mais surtout de sulfure (galène).

Ce dernier sel, très peu soluble, peut cependant se transformer en hydroxyde ou en carbonate, après avoir été oxydé en sulfate. Il a été estimé qu'environ 160000 tonnes de plomb sont ainsi libérées annuellement dans le monde; seulement 1/6 de ce plomb est sous forme dissoute, le reste est associé aux matières en suspension. De ce fait, la majorité du plomb véhiculé par les

eaux de surface se retrouve dans les sédiments. La nature des matières organiques joue aussi un rôle important dans la concentration en plomb des sols.

Cependant, les végétaux absorbent peu le plomb tellurique et le métal ne se concentre pas le long de la chaîne alimentaire. La désintégration du radon donne du plomb 210 dont la période radioactive est de 22 ans. L'eau de mer contient en moyenne 0,03 µg de plomb par litre mais, dans les zones côtières, les eaux superficielles peuvent en renfermer 10 fois plus.

La quantité de plomb introduite dans les océans à partir des cours d'eau a été estimée à environ 17000 t/an (Patterson). Les eaux de pluie peuvent présenter des teneurs significatives (5 µg/l). Généralement, la concentration des eaux de surface non contaminées ne dépasse pas une dizaine de microgrammes par litre; la présence de plomb à des teneurs plus élevée, qu'il soit solubilisé ou fixé sur les matières en suspension, doit être reliée à une cause externe.

Ce métal est en effet si répandu et si utilisé dans l'industrie que les possibilités de pollution sont extrêmement nombreuses et variées.

Les activités humaines entraînant, la formation d'aérosols plombifères constituent, actuellement, la principale source de plomb dans l'hydrosphère. Les émissions de plomb liées aux activités humaines ont été évaluées à environ 12000 tonnes par an.

La pollution des eaux de surface en plomb à partir de la circulation routière peut avoir un caractère significatif : des teneurs allant de 100 à 200 µg/L sont susceptibles d'être retrouvées aux abords d'une autoroute avec des dépôts de plomb allant de 100 à 1 000 µg/m<sup>2</sup> par jour. Les causes peuvent être liées à la présence de tuyaux en plomb, très utilisée autrefois, ou de brasures au plomb et à l'étain employées pour la liaison des tuyaux en cuivre. En effet, le flux utilisé dans le brasage, de par son action souvent corrosive, constitue un électrolyte favorisant la corrosivité des brasures.

### **IV.3.2.Zinc**

Le zinc se retrouve dans les roches généralement sous forme de sulfure. Le minerai le plus répandu est le sulfure de zinc (blende) qui contient également du fer, du cadmium, du manganèse et de l'arsenic. L'extraction du zinc se fait par grillage du minerai. En métallurgie, il entre dans de nombreux alliages ; et aussi très employé pour la galvanisation des pièces métalliques, dans la fabrication de pigments pour la teinture, les vernis, comme raticide (phosphure de zinc) et dans la fabrication de produits phytosanitaires. Dans l'eau la solubilité

des chlorure et sulfate de zinc est importante, leur hydrolyse conduit à une diminution du pH. En présence d'un excès d'hydrogénocarbonate, la solubilité du zinc est contrôlée par la solubilité du carbonate qui est relativement soluble et de l'hydroxyde qui l'est peu.

D'une façon générale les eaux à pH faible ont des teneurs en zinc plus importantes. La présence de zinc dans les eaux de surface est rattachée à des activités industrielles.

Par contre, le zinc retrouvé dans les eaux de distribution à des teneurs pouvant dépasser 1 mg/l provient généralement des canalisations de laiton ou de fer galvanisé, attaquées par les eaux agressives ou riches en chlorures et sulfates.

Il est à noter que le zinc sous forme d'orthophosphates est utilisé comme inhibiteur de corrosion pour les canalisations en plomb. Le zinc est considéré comme un élément essentiel dans la nutrition humaine et animale. La quantité journalière recommandée serait de 15 mg pour un adulte et de 10 mg pour un enfant; l'apport alimentaire quotidien permet habituellement de satisfaire à ce besoin. La quantité ingérée par l'eau est négligeable.

L'absorption par l'organisme est faible et se réalise par une combinaison avec des métallo-enzymes dont l'action biologique implique la présence de zinc ; l'élimination est principalement intestinale.

Le zinc aurait une action de protection vis-à-vis du cadmium et du plomb et jouerait le rôle d'antioxydant vis-à-vis des radicaux libres.

D'un point de vue physiologique, et sans que la toxicité puisse entrer en jeu, il apparaît surtout que la quantité de zinc tolérable dans l'eau est rapidement limitée par le goût désagréable des sels de zinc (au-dessus de 5 à 10 mg/l).

Pour l'eau destinée à la consommation humaine, en raison de problèmes particuliers susceptibles d'introduire une gêne pour le consommateur (aspect, goût), l'OMS recommande comme valeur limite pour le zinc 3 mg/l.

#### **IV.3.3.Fer**

Très répandu, le fer se classe au 4<sup>e</sup> rang des éléments de la croûte terrestre. Il est largement utilisé dans la métallurgie et ses utilisations secondaires dans la chimie sont très variées. Les eaux de surface peuvent contenir jusqu'à quelques mg/L de fer ayant pour origine la lixiviation des terrains traversés ou les pollutions industrielles. Dans les eaux de distribution,

il provient le plus souvent de la corrosion des conduites d'aménées ou de l'emploi de sels de fer pour les traitements de coagulation-floculation, en particulier dans le cas d'une mauvaise maîtrise des opérations.

Le fer peut se rencontrer jusqu'à 10 mg/L dans les eaux de sondage. Les eaux minérales et principalement les eaux thermominérales peuvent en contenir plus de 10 mg/l.

Ce métal à l'état ferreux est assez soluble dans l'eau ; il précipite à la suite du dégagement de l'anhydride carbonique et par oxydation à l'air. Suivant les cas, il pourra exister en solution à l'état colloïdal, sous forme de complexes organiques ou minéraux, notamment si des polyphosphates sont utilisés dans le traitement de l'eau.

Dans les zones alluvionnaires, l'eau extraite de la nappe peut avoir une teneur en fer et éventuellement en manganèse supérieure à l'eau infiltrée à partir du cours d'eau ; ceci peut s'expliquer par la concentration d'ions métalliques au niveau des boues tapissant le lit des rivières. Dans cette zone, l'activité cellulaire développe une anaérobiose conduisant à la réduction du fer et du manganèse et à leur solubilisation. Ces éléments peuvent précipiter par réoxydation à l'émergence.

Les effets toxiques liés à la quantité de fer alimentaire ingérée peuvent apparaître au-delà de 20 mg/kg de poids corporel. La dose létale chez l'homme est estimée à 250 mg/kg. Indépendamment d'une saveur désagréable pouvant être perçue à partir de 0,05 mg/l, le fer développe dans l'eau une turbidité rougeâtre peu engageante pour le consommateur.

Enfin, les eaux ferrugineuses ont l'inconvénient de tacher le linge. Il existe certaines bactéries très avides de fer : ces ferrobactéries se fixent sur les parois des canalisations et entraînent des phénomènes de corrosion avec formation de concrétions volumineuses et dures.

#### **IV.3.4. Cuivre**

Le cuivre est présent dans la nature sous forme de minerais de cuivre natif, de minerais oxydés ou sulfurés. À l'air, il se recouvre d'une mince couche de carbonate basique. En métallurgie il entre dans de nombreux alliages parmi lesquels le laiton (cuivre et zinc), le bronze (cuivre et étain), le maillechort (cuivre, nickel et zinc). En raison de ses propriétés de bon conducteur de la chaleur et de l'électricité, les usages du cuivre sont très répandus.

Les sels de cuivre (sulfate, acétate, dérivés organiques) sont utilisés comme fongicides ou algicides en agriculture, pour les traitements chimiques de surface, pour le tannage des peaux,

la fabrication de céramiques et de peintures. L'intoxication par les sels métalliques, d'origine accidentelle le plus souvent, se traduit par un syndrome digestif et hémolytique accompagné d'une tubulonéphrite. Biologiquement, ce métal joue un rôle important dans différents métabolismes et dans la synthèse de l'hémoglobine.

Les besoins quotidiens d'un adulte sont estimés à 2 mg. Le cuivre peut se rencontrer dans certaines eaux naturelles généralement à des teneurs inférieures à 1 mg/l sous forme ionique ou de complexes (cyanures, ammoniacque, produits organiques, etc.). En dehors de pollutions industrielles ou de traitements agricoles, ce métal provient habituellement de la corrosion des tuyauteries de distribution (0,5 à 1 mg/l), plus rarement il constitue le résidu d'un traitement des algues par les sels de cuivre.

#### **IV.3.5. Le cadmium**

Le cadmium est un métal d'un blanc argenté, brillant mais qui se ternit; il est malléable et ductile, il ressemble beaucoup au zinc et le remplace isomorphiquement dans presque tous ses minerais. Le cadmium est un élément assez rare. Il est réparti uniformément dans la croûte terrestre, où sa concentration moyenne serait de 0,15 à 0,2 mg/kg La proportion de cadmium par rapport au zinc peut varier considérablement dans la plupart des minéraux et des sols, Dans la nature, on le trouve sous forme de divers composés minéraux et de complexes des chélateurs naturels; les composés organocadmiés, extrêmement instables, n'ont pas été détectés dans le milieu naturel. Bien que le cadmium ne trouve des applications utiles que depuis une époque assez récente, les métaux qu'il accompagne généralement, comme le cuivre, le plomb et le zinc, sont employés depuis plusieurs millénaires. Par conséquent, la contamination de l'environnement s'est produite tout au long de cette période. Les nouvelles utilisations du cadmium n'ont fait qu'aggraver cette diffusion du métal.

Outre la contamination résultant de ses applications connues ou de celles de ses composés, sa présence accidentelle dans l'environnement sous forme d'articles galvanisés, de boues d'épuration et d'engrais ne peut qu'accroître la charge polluante du milieu qui nous entoure. On le qualifie d'élément à utilisation dispersive, en raison de son introduction sans retenue dans l'environnement.

Ce sont les déchets industriels et les ordures ménagères qui constituent les principales sources de pollution par le cadmium. La présence de cadmium dans les végétaux peut provenir du dépôt d'aérosols de ce métal sur les feuilles et autres parties aériennes, et de

l'absorption, par les racines, du cadmium du sol. Les plantes en accumulent diverses quantités par cette dernière voie, et leur tolérance à l'égard du cadmium du sol varie selon les espèces. Les données disponibles montrent que les concentrations normales de cadmium dans les aliments sont bien plus faibles que celles mesurées dans les plantes poussant dans des sols contaminés par ce métal ou à proximité d'usines qui en rejettent. Certains mollusques et crustacés, tels les crabes et les huîtres, peuvent accumuler des concentrations de cadmium extrêmement élevées dans certains tissus, même s'ils vivent dans des eaux à faibles teneurs. Les reins et le foie des porcs, des moutons et des bovins peuvent également concentrer ce métal.

Dans notre travail on s'intéresse aux analyses physico-chimiques et microbiologiques des eaux résiduaires de la STEP de CHLEF et la détection des métaux lourds par la spectrophotométrie d'absorption atomique (SAA).

#### **IV.4. Le dosage du chrome, zinc, nickel, cuivre et cadmium**

Les analyses du cobalt, Nickel, Cuivre, zinc, Cadmium, et Plomb ont été effectuées par spectrométrie d'absorption atomique à flamme (SAA) au laboratoire d'office national d'épuration des eaux de BARAKI (wilaya d'ALGER) selon la norme internationale ISO 8288 de qualité de l'eau. [57].

Les résultats de ces analyses sont dans l'annexe 02.



## Introduction

La ville de Chlef connaît depuis une décennie une croissance démographique galopante.

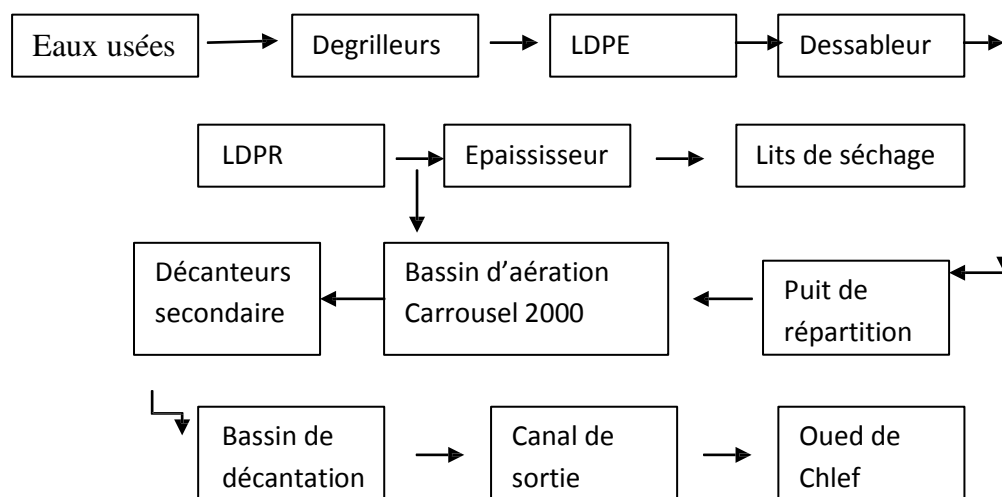
Les nombreuses activités domestiques constituent sans doute un véritable danger pour l'environnement urbain. Les différents quartiers ne disposent pas tous des dispositifs adéquats d'évacuation des eaux usées.

Quelques quartiers bénéficient des systèmes d'évacuation des eaux usées par des réseaux acheminés jusqu'à la station de traitement des eaux.

Le traitement efficace d'un rejet liquide nécessite une bonne connaissance de la quantité, de la qualité et des variations temporelles de la composition de l'effluent. Dans le processus d'identification des eaux résiduaires, la caractérisation physico-chimique est incontournable par une bonne qualité des eaux résiduaires selon les normes. [58],

### V. I. Processus de la STEP de CHLEF [59],

La capacité de traitement de la STEP de CHLEF est de 36405m<sup>3</sup>par jour, la station de traitement des eaux résiduaires de CHLEF applique le processus de traitement de Carrousel2000 dont le procédé est indiqué dans le schéma N°01 :

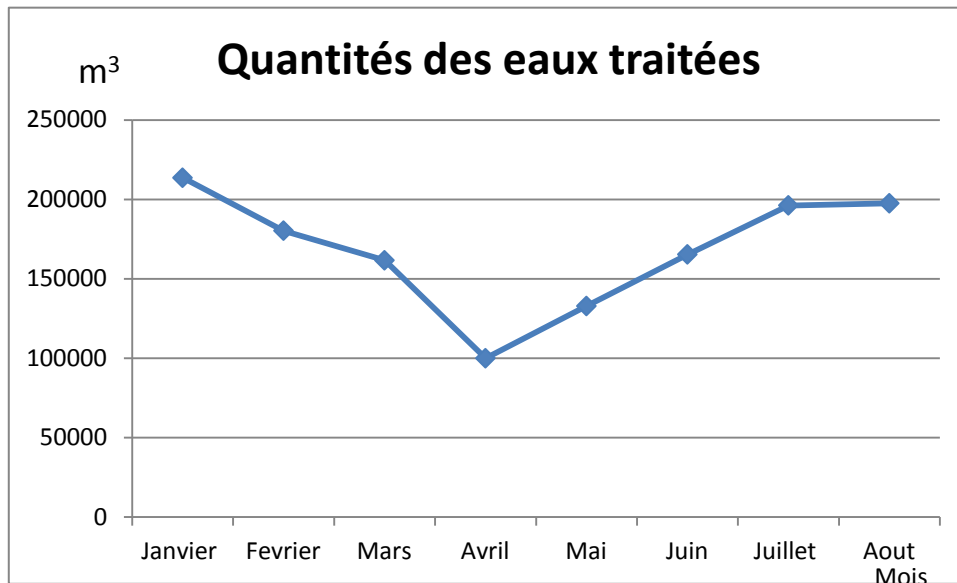


LDPE : local des pompes élévatoires

LDPR : local des pompes de recyclage.

### Schéma N°01 : Organigramme de fonctionnement de la station d'épuration de CHLEF

Le tableau suivant donne un aperçu des quantités d'eaux usées mensuellement (de juin à Aout) durant l'année 2012.



Graphique V.1 : Quantités des eaux usées traitées en moyenne par mois (janvier-Aout 2012)

On remarque des quantités mesurées supérieures à 180 000 m<sup>3</sup> en janvier et février, due à la pluviométrie et aux rejets domestiques. Pour les mois de juin, juillet et août la consommation d'eau augmente due à la forte canicule d'où l'utilisation outrance d'eau.

Par contre en avril la quantité mesurée traitée est inférieure à 100 000 m<sup>3</sup> ce qui peut s'expliquer par un climat froid (printemps) pendant des mois et très peu de pluviométrie.

Le traitement des eaux passe par une étude des principaux paramètres physico-chimiques ce qui peut nous orienter sur le type de traitement.

Le tableau V.2 donne les principaux paramètres analysés d'entrée/sortie.

Tableau V.1 : Caractéristiques principales des eaux

Elément	MES (mg/l)	DCO (mg/l)	DBO <sub>5</sub> (mg/l)	NT (mg/l)
Paramètres en entrés (par conception)	500	750	375	60
Paramètres réels d'entrée	394	729	404	95
Paramètres en sortie (par conception)	30	120	20	15
Paramètres réels de sortie	9,5	51	8,8	12

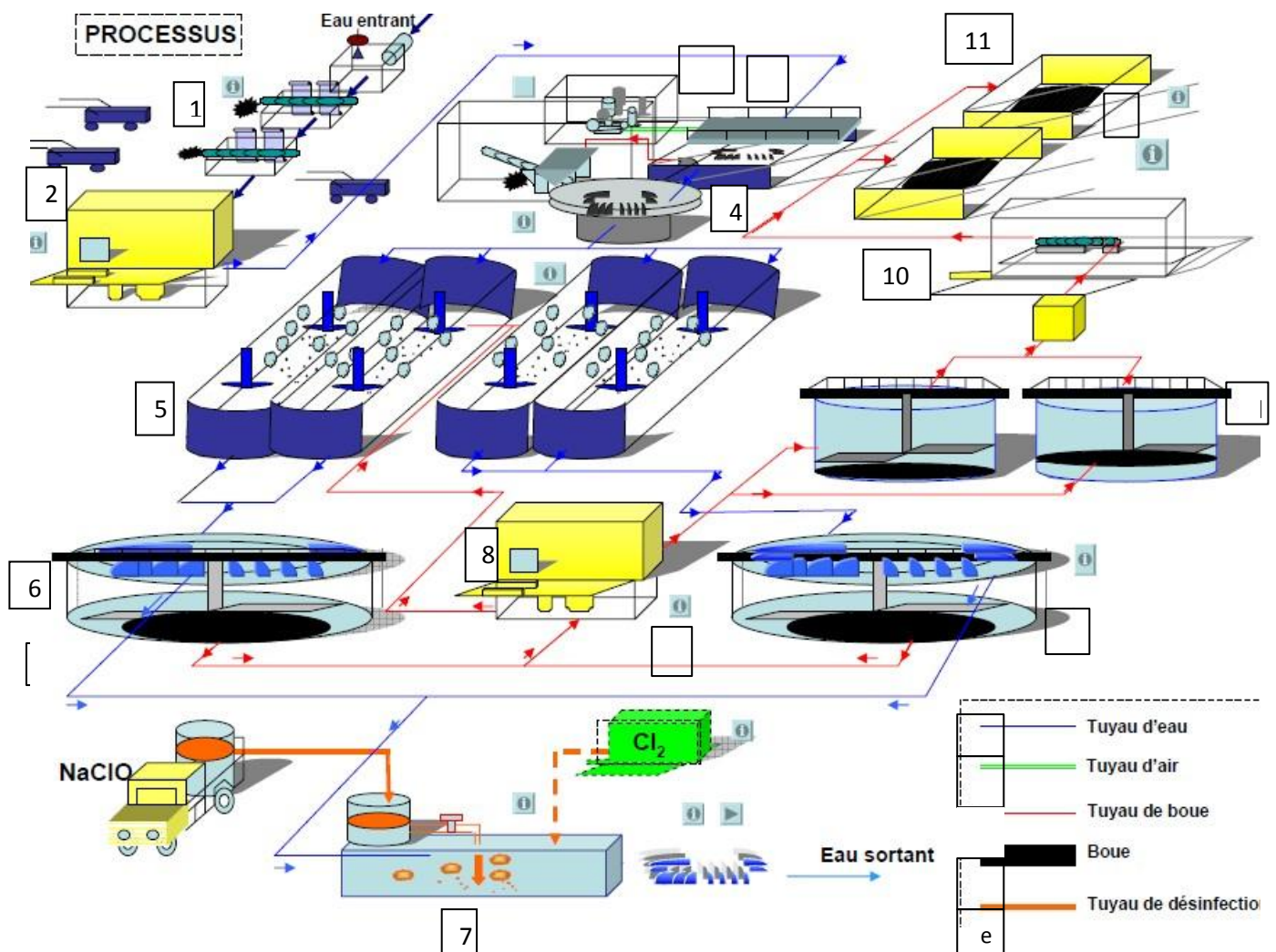
## V.II. Prélèvements et échantillonnages

- **La première tranche: (avant traitement au rayonnement solaire)**

Le prélèvement a été effectué au niveau de la STEP de Chlef exactement du bassin de sortie dans quatre bouteilles de 01 litre en polyéthylène.

Deux bouteilles pour l'analyse physico-chimique au niveau de laboratoire de la STEP, et les deux autres sont transportées dans un sac isolant vers le laboratoire d'hygiène de TENES pour l'analyse microbiologique.

L'acheminement des eaux brutes dans la station d'épuration est schématisé comme suit :



01	Degrilleurs	07	Traitement chimique
02	Local des pompes élévatoires	08	Local des pompes recyclage des boues
03	Dessableur	09	Bassin de decantation
04	Puits de repartition	10	Epaississeur
05	Bassin d'aération	11	Lit de séchage
06	Décanteur		

Schéma N°02 : la STEP de CHLEF

**V.III. Détermination des paramètres physico-chimique. [60],****V.III.1. Détermination du pH**

Le pH des rejets a été mesuré manuellement via un pH mètre modèle HACH session 3.

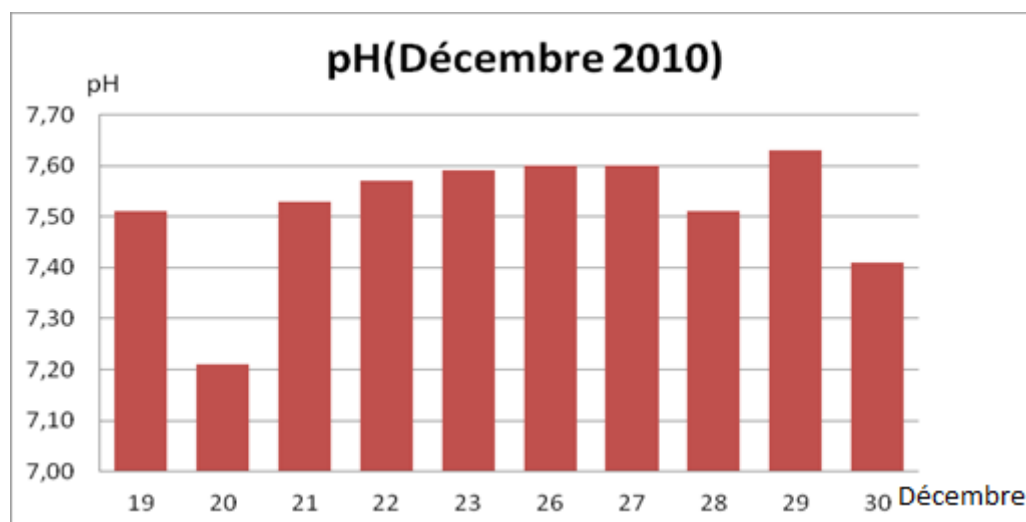
**a) Mode opératoire**

Dans un bêcher graduer de 500ml verser 100ml d'eau analysée, et introduisez la sonde du pH mètre.

Le résultat s'affiche sur l'écran de l'appareil.



Figure V. 1: pH mètre modèle HACH

**b) Expression des résultats**

Graphe V.1 : Variation de pH pour le mois de Décembre

**c) Interprétation des résultats**

Le potentiel hydrogène, plus connu sous le nom de "pH" permet de mesurer l'acidité ou la basicité d'une solution. Le pH de l'eau pure à 25°C, qui est égal à 7, a été choisi comme valeur de référence d'un milieu neutre.

Le pH joue un rôle important dans de nombreux processus, s'il est trop bas ou trop élevée, l'efficacité de l'épuration lors du traitement biologique des eaux usées peut s'en trouver fortement diminuée, en outre la mesure et la surveillance continue du pH avec des systèmes de mesure au fonctionnement fiable sont indispensables pour l'épuration chimique des eaux ou dans de nombreux procédés.

La réglementation algérienne indique que le pH doit être compris entre : 6,5 et 8,5. Les résultats obtenus montrent une faible variation du pH compris entre 7,20 et 7,60 ce qui est conforme aux normes.

**V.III.2 Détermination des matières en suspension**

Mesurer la masse de matières flottantes en suspension et décantables contenues dans les eaux.

**a) Matériel**

- Appareil
- Mixeur
- Bécher 600 ml
- Cuve ronde graduée de 25 ml
- Chiffon sec

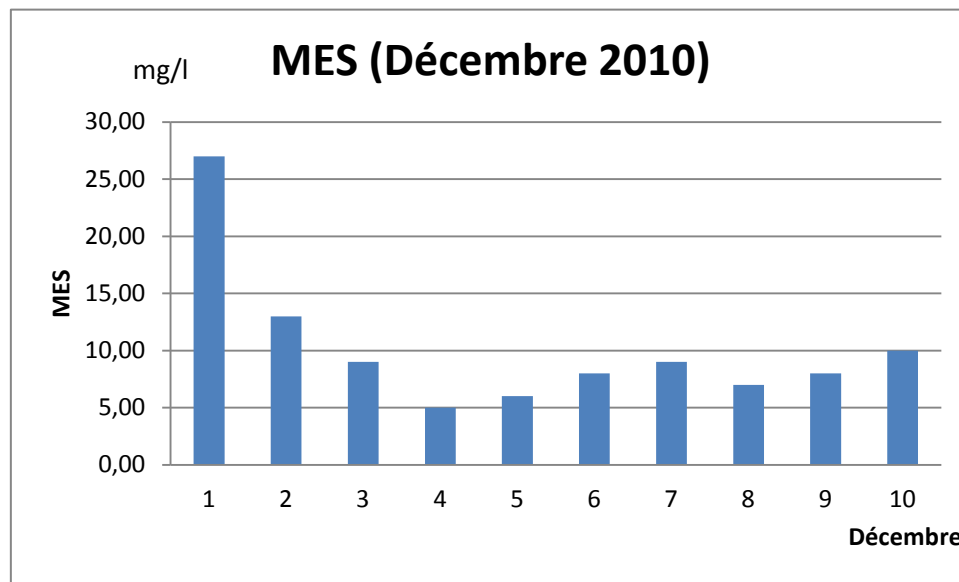
**b) Mode opératoire**

Dans un bécher de 600ml mixer 500ml d'échantillon pendant 02 minutes, puis le transférer dans une cuve ronde graduée de 25ml jusqu'au trait de jauge.

Etalonner l'appareil de HACH DR/2500 méthode 8006 à l'aide d'une cuve ronde remplie d'eau désionisé, ensuite essuyer à l'aide d'un chiffon sec la cuve de l'échantillon et procéder à la mesure.

### c) Expression des résultats

Les résultats d'analyse sont présentés dans le graphe suivant :



Graphe V.2 : Variation des selon le nombre de jour.

### d) Interprétation des résultats

Dans les bassins de décantation, les MES renseignent sur l'efficacité des décanteurs, Elles déterminent la turbidité de l'eau. La quantité de matière qui s'en échappe dans l'exutoire ou la présence de bactéries filamenteuse allégeant la biomasse. [61]

Elles limitent la pénétration de la lumière dans l'eau, diminuent la teneur en oxygène dissous et nuisent au développement de la vie aquatique. [62],

D'après les valeurs indiquées dans le graphe, une hétérogénéité remarquable des MES qui varient entre 05 et 30mg/l.

La réglementation algérienne indique que les MES doit être  $\leq 30\text{mg/l}$ . les valeurs de MES se trouvent dans les normes.

#### V.III.3. Détermination de $\text{DBO}_5$ [63],

La  $\text{DBO}_5$  ou Demande Biologique en Oxygène sur 5 jours, représente la quantité d'oxygène nécessaire aux micro-organismes pour oxyder (dégrader) l'ensemble de la matière organique présente dans un échantillon d'eau maintenu à  $20^\circ\text{C}$ , à l'obscurité, pendant 5 jours.

**a) Matériel**

- Appareil HACH BodTrak™
- Incubateur
- Entonnoir
- 02 Barreaux magnétiques
- Burette graduée en verre.

**b) Réactifs**

- Une gélule d'hydroxyde de Lithium
- Vaseline

**c) Mode opératoire**

- Dans deux flacons de l'appareil de BOD Track verser un volume de l'échantillon de 95ml pour l'eau d'entrée et 420ml pour l'eau de sortie et introduisez les barreaux magnétiques dans les flacons ;

Appliquer de la vaseline sur le bord de chaque flacon pour et mettez une cupule dans le goulot de chaque flacon

A l'aide d'un entonnoir fourni ajouter le contenu d'une gélule d'hydroxyde de Lithium à chaque cupule (ne pas laisser tomber des particules d'hydroxyde de lithium dans l'échantillon. si cela se produit, éliminer l'échantillon et en préparer un nouveau)

Placer les flacons dans l'appareil BOD Track en raccordez chaque flacon au tuyau étiqueté avec le numéro correspond au panneau de commande.

L'appareil BODTrack doit être placé dans l'incubateur et les deux barreaux magnétiques en mouvement ;

Régler l'appareil sur une durée de 05 jours pour les numéros correspondant aux flacons.

Pour lire les résultats il suffit de cliquer sur le numéro qui correspond le flacon.



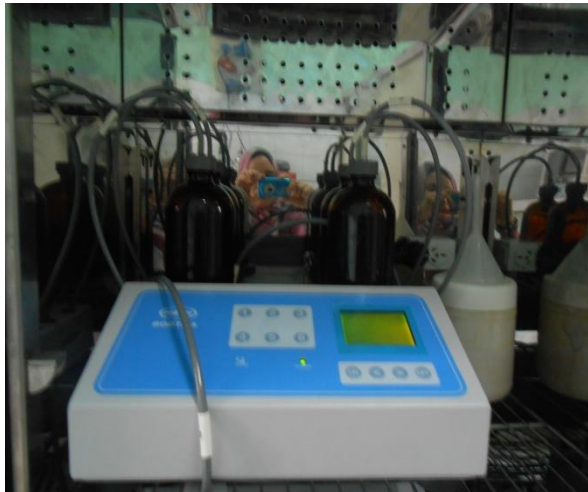
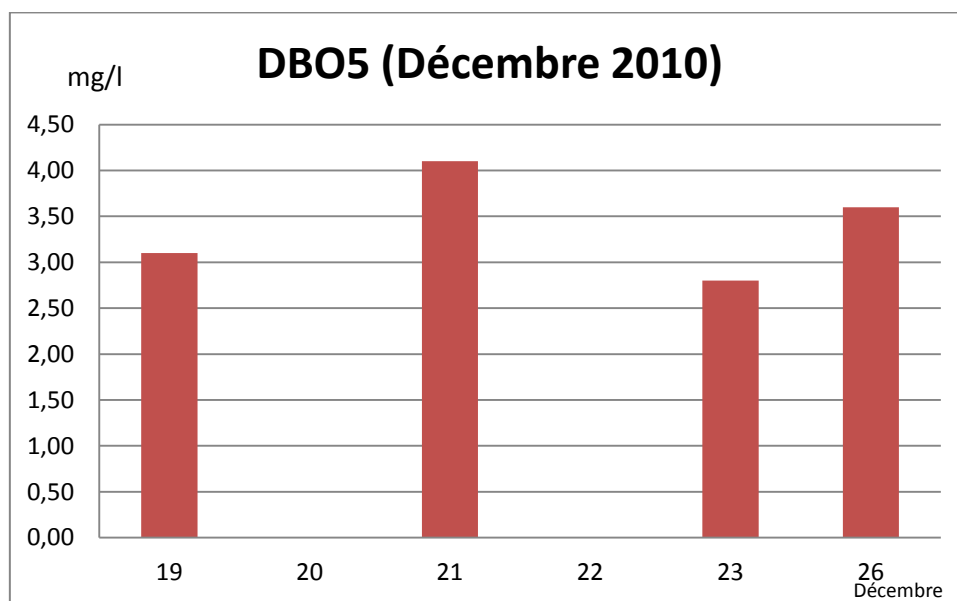


Figure V. 2 : Appareil HACH BodTrak™

Le graphe ci-dessus présente la variation de DBO<sub>5</sub> pour le mois de Décembre 2010



Graphe V.3 : Variation de DBO<sub>5</sub> selon le nombre de jour.

#### e) Interprétation des résultats :

Cette technique permet de mesurer en laboratoire sur 5 jours (à 20° dans l'obscurité), la quantité d'oxygène consommée par le processus naturel de décomposition de la matière organique décomposable présente dans un litre d'eau. Le résultat est donné en mg/L.

Pour mesurer la DBO<sub>5</sub>, on réalise une première mesure de la concentration en dioxygène dans l'échantillon d'eau. On répète cette mesure 5 jours plus tard. La DBO<sub>5</sub> représente la différence entre les deux concentrations mesurées.

La mesure de la DBO<sub>5</sub> est très utilisée pour surveiller les rejets et le fonctionnement des stations d'épuration. [64]

La norme algérienne recommande 30 mg/l, et le graphe présente une variation entre 2.80 et 4.10 mg/l. l'eau répond à la norme.

#### **V.III.4.Détermination de DCO**

##### **a)Matériel**

- Appareil HACH DR/2500 méthode 8000 programme 431 DCO GUB
- Mixeur
- Bécher 250 ml
- Agitateur magnétique
- Réacteur à DCO
- Pipette volumétrique
- Support de tube
- Chiffon humide
- Chiffon sec

##### **b) Réactifs**

02 tubes de réactifs à digestion pour DCO

##### **c)Mode opératoire**

Préchauffer le réacteur à 150°C ;

A l'aide d'une pipette volumétrique, introduire :

- 02ml d'échantillon préparer dans un tube de réactif et fermer,
- 02 ml d'eau desionisé dans le deuxième tube de réactifs (le blanc)

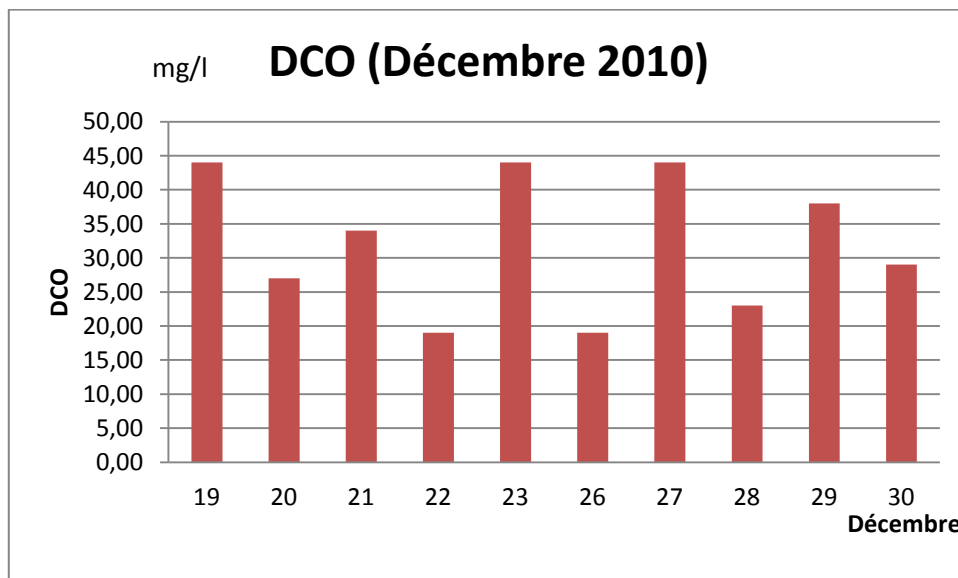
Bien agiter les tubes, puis placer les deux tubes dans le réacteur pendant deux heures à 150°.

Laisser refroidir 20 minutes, agiter, puis essuyer biens les parois des tubes avant les introduire dans l'appareil de DCO.

A l'aide de tube de blanc, étalonner l'appareil ensuite introduire le deuxième tube contenant L'échantillon à analyser, faire la mesure.



Figure V. 3: DCO mètre



Graphe V.4: Variation de DCO selon le nombre de jour.

**e)Interprétation des résultats**

La DCO (demande chimique en oxygène) exprime la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder la matière organique (biodégradable ou non) d'une eau à l'aide d'un oxydant, le bichromate de potassium.

Ce paramètre offre une représentation plus ou moins complète des matières oxydables présentes dans l'échantillon (certains hydrocarbures ne sont, par exemple, pas oxydés dans ces conditions).

La DCO peut être réalisée plus rapidement que la DBO (oxydation " forcée ") et donne une image de la matière organique présente, même quand le développement de micro-organismes est impossible (présence d'un toxique par exemple). Le résultat s'exprime en mg/l d'O<sub>2</sub>. [65]

Généralement, la DCO vaut de 1,5 à 2 fois plus que la DBO<sub>5</sub> pour les eaux usées domestique.

La quantité de DCO dans l'eau varie entre 19 et 44 mg/l. Elle dépend de la qualité des rejets. La norme exige un taux  $\leq 90$  mg/l. l'eau traité présente un seuil de 44 mg/l. l'eau analysé est dans les normes [66].

**V.III.5.Détermination de nitrates****a)Matériel**

- Appareil HACH DR/2500 méthode 10020 sur programme 344 N,Nitrate GH TNT
- Pipette volumétrique
- Support de tube

**b)Réactifs**

- Réactif A NitraVerX
- Réactif B NitraVerX

**c)Mode opératoire**

Mettez l'appareil en marche, puis introduisez 01 ml d'échantillon dans un tube de réactif (A) et renverser le 10 fois.

Lire la valeur de NO<sub>3</sub>-N en introduisons le tube dans l'appareil.

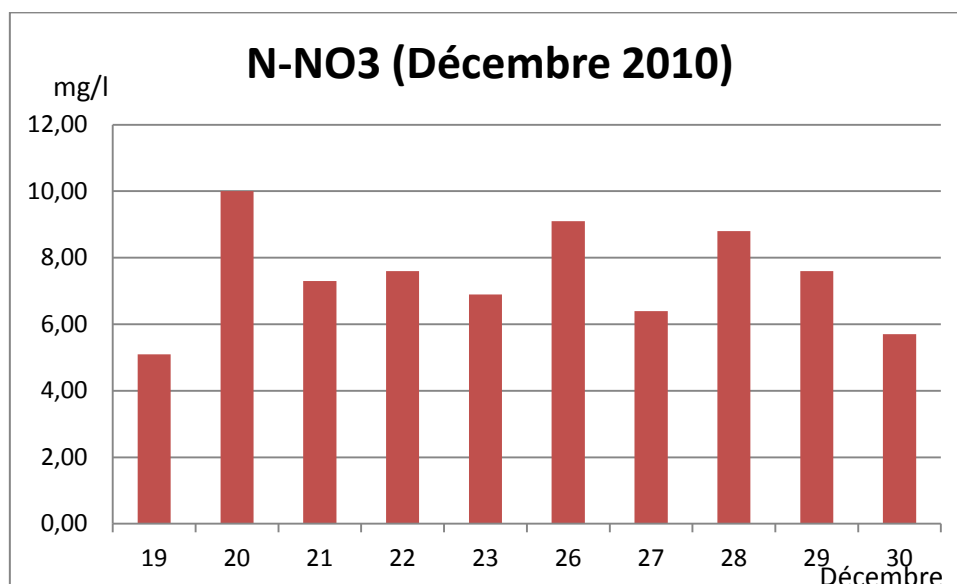
Ensuite reprenez le même tube et introduisez le réactif B et le renverser 10 fois.

Laisser réagir 05 minutes.

Mettre le tube dans l'appareil pour mesurer la quantité de NO<sub>3</sub>-N.



Figure V. 4: Appareil HACH DR/2500 méthode 10020 sur programme 344 N,Nitrate GH TNT



Graphe V.5 : Variation des Nitrates pour le mois de Décembre.

#### e)Interprétation des résultats

Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote. Leur présence dans l'eau, si la source est organique. Ils proviennent du lessivage des engrais et des rejets urbains et industriels. Les nitrates sont l'un des éléments nutritifs majeurs des végétaux. Leur présence associée aux autres éléments nutritifs, stimule le développement de la flore aquatique. Le développement excessif des végétaux aquatiques s'observe au-delà de 2 à 5 mg/l. [67].

Les nitrates constituent aujourd'hui la cause majeure de pollution des grands réservoirs d'eau Souterraine. [68],

La station d'épuration se situe dans une zone agricole ce qui signifie la présence des nitrates

dans les rejets.

La norme algérienne exige 30 mg/l l'eau analysé présente 10 mg/l répond à la norme.

### **V.III.6. Détermination de l'azote ammoniacal**

#### **a)Matériel**

- Appareil HACH DR/2500 méthode 10031 sur programme 343 N,ammon GH TNT
- Pipette volumétrique
- Support de tube

#### **b) Réactifs**

- Tube AmVer de réactif de dilution pour azote ammoniacal, gamme haute
- Pochette de réactif au salicylate d'ammoniaque
- Pochette de réactif au cyanurate d'ammoniaque

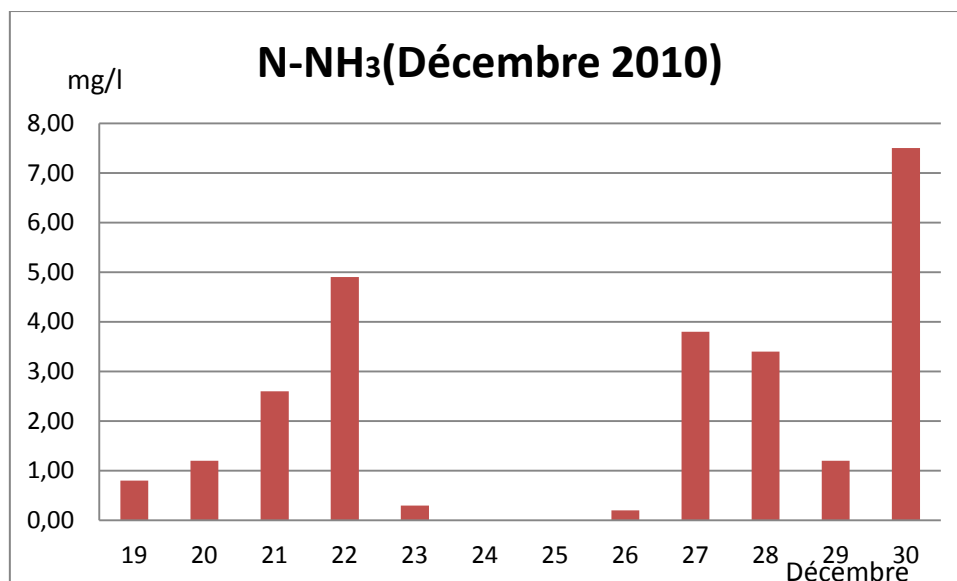
#### **c)Mode opératoire**

Allumer l'appareil en premier,

Prenez 02 tubes de AmVer, introduisez 0.1 ml d'échantillon dans le premier et 0.1ml d'eau sans ammoniaque pour le tube témoin (le blanc).

Ajouter ensuite les réactifs au salicylate d'ammoniaque et au cyanurate d'ammoniaque dans chaque tube, mélanger bien et laisser réagir 20 minutes.

Mettez le tube témoin dans l'appareil pour l'étalonner ensuite introduisez le deuxième tube d'échantillon pour lire les résultats.



**Graphe V. 6 : Variation d'azote ammoniacale selon le nombre du jour.**

#### **e)Interprétation des résultats**

La présence d'ammoniaque en quantité importante est l'indice d'une contamination par des rejets d'origine humaine ou industrielle. Les urines humaines ou animales contiennent en effet de grandes quantités d'urée qui se transforment rapidement en ammoniaque.

Ce paramètre est souvent utilisé comme traceur des eaux usées domestiques. L'ammoniaque présente une forte toxicité pour tous les organismes d'eau douce sous sa forme non ionisée (NH<sub>3</sub>). La proportion de NH<sub>3</sub> augmente en fonction croissante du pH et de la température. [67]

Une haute concentration d'ammoniaque peut changer l'odeur et le goût de l'eau.

Dans les applications industrielles, une forte concentration d'ammoniaque cause la corrosion des tuyaux. [69].

Le graphe présente une grande variété de quantité d'azote ammoniacale entre un Min de 0.20 mg/l et 7.50 mg/l.

#### **V.III.7. le rapport DCO/DBO<sub>5</sub>**

Le rapport DCO / DBO<sub>5</sub> a une importance pour la désinfection 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.

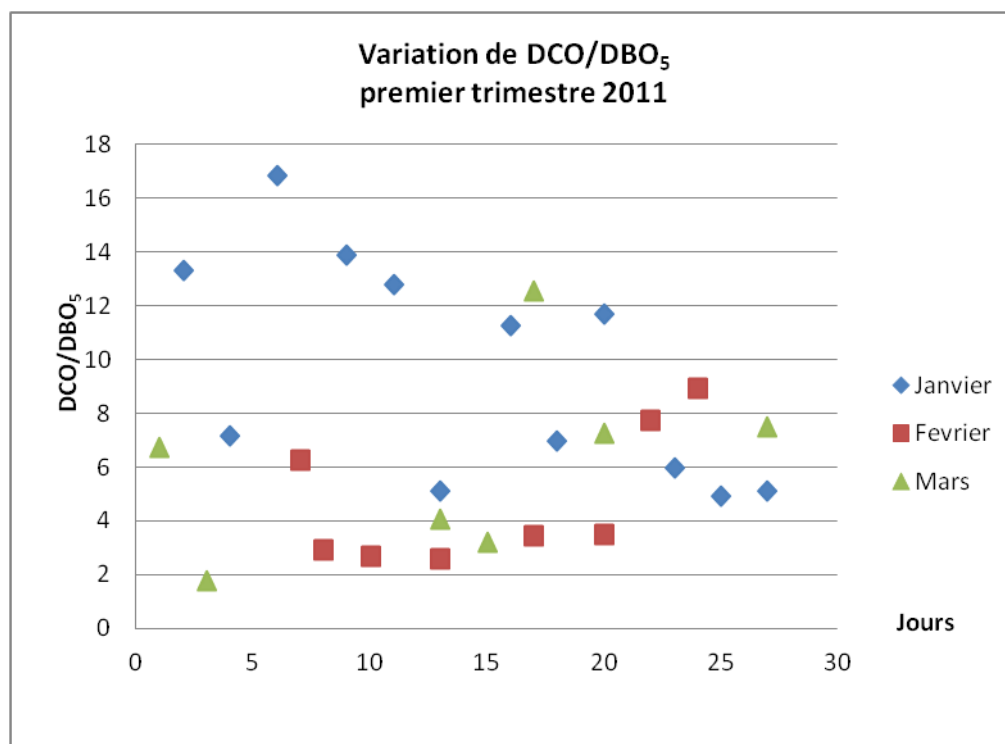
Inversement, une valeur importante de ce rapport indique qu'une grande partie de matière organique n'est pas biodégradable et, dans ce cas, il est préférable d'envisager un traitement physicochimique.

Le rapport DCO/DBO<sub>5</sub> donne une première estimation de la biodégradabilité de la matière organique d'un effluent donné par un traitement d'oxydation biologique.

Généralement les valeurs limites de la biodégradabilité sont données par le tableau suivant :

- DCO/DBO<sub>5</sub><2 effluent est facilement biodégradable : un traitement biologique devant être capable d'éliminer l'essentiel de la pollution.
- 2<DCO/DBO<sub>5</sub><3 : effluent est dégradé avec des souches sélectionnées ;
- DCO/DBO<sub>5</sub>>3 l'effluent n'est pas biodégradable. [70]

Les résultats d'analyse des effluents de la STEP sont présents par les graphes ci-dessus :

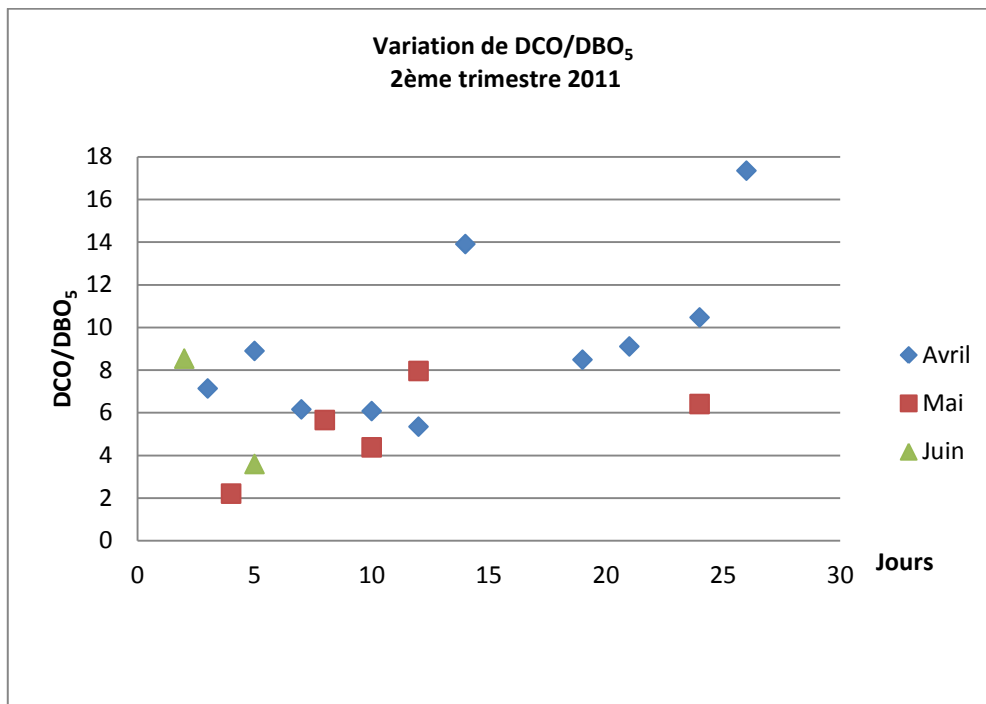


Graphique V.7: rapport DCO/DBO<sub>5</sub> pour le 01er trimestre.

Le graphe du premier trimestre montre la variation du rapport DCO/DBO<sub>5</sub> entre 7 et 17 pour le mois de Janvier, entre 3 et 9 pour le mois de Février, et entre 2 et 13 pour le mois de Mars.

L'eau présente un taux élevée du rapport DCO/DBO<sub>5</sub>, la qualité d'eau du premier trimestre n'est pas biodégradable.

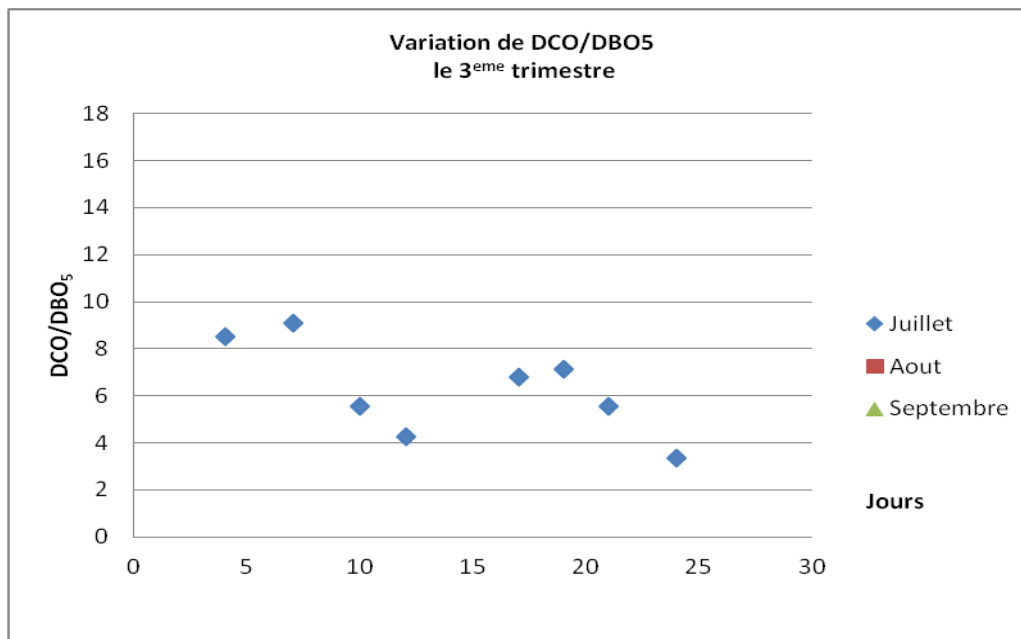




Graphique V.8 : Rapport DCO/DBO<sub>5</sub> pour le 02<sup>ème</sup> trimestre

D'après le graphe on remarque un taux élevée du rapport DCO/DBO<sub>5</sub> pour le du deuxième trimestre.

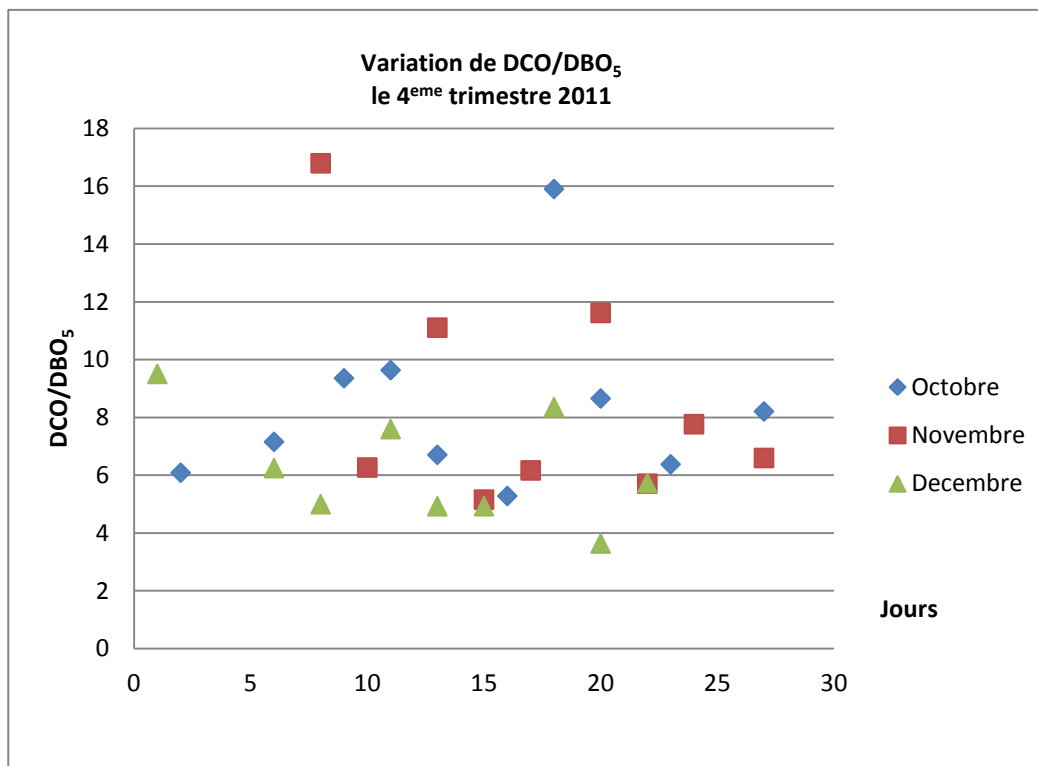
Les valeurs du rapport DCO/DBO<sub>5</sub> obtenus pour ce trimestre donnent une moyenne de 9. Cette valeur montre [70] que l'effluent contient une matière organique non biodégradable.



Graphique V.9: Rapport DCO/DBO<sub>5</sub> au mois de JUILLET durant le 3<sup>ème</sup> trimestre.

Le graphe présente les résultats du mois de Juillet seulement. Par manque de réactifs les analyses de mois d'Aout et Septembre n'ont pas pu être effectuées.

La valeur minimale remarquée de 3 montre que l'eau n'est pas biodégradable.



Graphe V.10: Graphe V.9: Rapport DCO/DBO<sub>5</sub> pour le 4<sup>eme</sup> trimestre.

Le quatrième trimestre donne des résultats très élevés du rapport DCO/DBO<sub>5</sub>, avec un minima de 3 pour le mois de Décembre, et un maxima de 17 correspondants au mois de Novembre.

D'après l'analyse des quatre trimestres de l'année 2011, présentés par les graphes précédents, on remarque que la variabilité du rapport DCO/DBO<sub>5</sub> qui passe de 2 à 17. Ce qui montre que les effluents de la STEP présente une qualité non biodégradable.

Dans ce contexte, un traitement par énergie solaire [35] s'avère nécessaire pour la décontamination de l'eau des germes pathogènes.

### VI.I. Méthode (A) : Dosage direct par spectrométrie d'absorption atomique avec flamme

**Le principe de** cette méthode consiste à une nébulisation dans la flamme d'un spectromètre d'adsorption atomique d'une prise d'essai du filtrat acidifié de l'échantillon. [71].

Détermination directe de la concentration de chaque élément, soit à partir de l'absorbance spécifique de chacun des éléments à l'aide d'un spectromètre équipé d'un système de correction de fond continu, ou, en l'absence d'un tel système, après avoir effectué une correction pour l'absence non spécifique.

#### a) Matériel

Spectrophotomètre d'absorption atomique équipé d'une lampe à cathode creuse d'élément a analysé ou d'une lampe permettent la correction de l'absorbance non spécifique et d'un ensemble nébuliseur-brûleur air-acétylène.

#### b) Mode opératoire général

Dans une fiole jaugée de 100 ml, introduire 10 ml solution mère étalon de l'élément à analysé puis 10 ml d'échantillon. Nébuliser la solution dans une flamme air-acétylène, en intercalant de l'eau permutée entre chaque échantillon. On effectuant les lectures à la longueur d'onde de l'élément dosé.

Elément a dosé	Langueur d'onde (nm)	Flamme
Cr	357.9	Oxyde d'azote-acétylène
Zn	213.86	Acétylène - air
Cu	324.7	Acétylène – air oxydante
Ni	232.0	Acétylène – air oxydante
Cd	228.8	Acétylène - air

#### VI.I.1. Dosage du chrome

Dans les eaux de surfaces et les eaux potables, la répartition du chrome sous ses différentes valences est encore imparfaitement élucidée. En fonction de la réglementation ou des risques toxicologiques, il conviendra de choisir la méthode la plus adapté au problème posé.

Pour la mesure de chrome, l'échantillon doit être additionné d'acide nitrique jusqu'à pH donné.

**a) Réactifs**

- Solution mère étalon de chrome à 1g/l.
  
- Dichromate d'ammonium.
  
- Acide nitrique.
  
- Eau permutée.

**b) Expression des résultats**

Les résultats sont exprimés en milligrammes de chrome par litre

**c) Interprétation des résultats**

Plusieurs activités humaines augmentent le taux de chrome dans l'eau résiduaire, tel la fabrication de l'acier, cuir, des textiles, l'industrie chimique et l'électro-production.

Le chrome peut aussi se dégrader lors de la combustion du charbon. Dans l'eau le chrome se lie fortement aux particules du sol, seules les petites parties qui se trouvent dans l'eau finit par se dissoudre. [72]

La ligne directrice fixée par l'OMS est de 0.1 mg/l.

Pour notre eau traitée la valeur est de 0.35 mg/l, supérieur à la valeur fixé par l'OMS. [59]

**VI.1.2.Dosage du zinc****a) Réactifs**

- Solution mère étalon de zinc à 1g/l :

  - Zinc pur.
  
  - Acide nitrique.
  
  - Eau permutée.

**b) Expression des résultats**

Les résultats sont exprimés en milligrammes de zinc par litre.

**c) Interprétation des résultats**

Pour la vie aquatique, le zinc présente une certaine toxicité, fonction de la minéralisation de l'eau et de l'espèce considérée. La toxicité pour le poisson s'exerce à partir de quelques milligrammes par litre. Pour l'usage agricole, le dépérissement des plantes peut intervenir à partir de 5 mg/l. Pour l'eau destinée à la consommation humaine, l'OMS recommande comme valeur limite pour le zinc 3 mg/l. la réglementation algérienne fixe comme valeur limite 5mg/l.

Pour l'eau étudiée la teneur en zinc est nulle, ce qui répond aux normes.

**VI.I.3. Dosage du cuivre**

Effectuer le dosage du cuivre dès le prélèvement car il a tendance à se fixer sur les parois des flacons. En cas d'impossibilité, acidifier l'échantillon au moment du prélèvement avec 5 ml d'acide chlorhydrique par litre d'eau.

**a) Réactifs**

- Solution mère étalon de cuivre à 100 mg/l :
  - Cuivre pur.
  - Acide nitrique.
  - Eau permutée.

**b) Expression des résultats**

Les résultats sont exprimés en milligrammes de cuivre par litre.

**c) Interprétation des résultats**

Pour l'eau destinée à la consommation humaine, l'OMS recommande une valeur guide provisoire de 2 mg/L compte tenu des incertitudes de la toxicité du cuivre pour l'homme. Toutefois, elle précise que des risques de taches sur les appareils sanitaires peuvent apparaître pour des teneurs supérieures à 1 mg/l. La réglementation algérienne retient comme valeur limite 1.5 mg/L. Cette valeur a été retenue plutôt en raison de la saveur que de la toxicité qui, relativement faible pourrait permettre des doses plus élevées surtout si on les compare aux quantités journalièrement introduites par l'alimentation. Pratiquement, la saveur métallique et astringente des sels de cuivre apparaît pour des doses de 4 à 5 mg/l.

La valeur retrouvée pour notre eau est bien inférieure aux normes prescrites, elle est de 0.033 mg/l pour l'eau traitée.

#### **VI.I.4. Dosage du cadmium**

La limite de détection de la méthode par spectrophotomètre d'absorption atomique avec flamme est de 2 µg/l.

##### **a) Réactifs**

- Solution mère étalon de cadmium à 1 g/l.
- Cadmium pur.
- Acide nitrique.
- Eau permutée.

##### **b) Expression des résultats**

Les résultats sont exprimés en milligrammes cadmium par litre.

##### **c) Interprétation des résultats**

La coagulation au sulfate ferrique élimine plus de 90 % du cadmium à un pH dépassant 8, mais seulement 30 % au pH 7. La réglementation algérienne retient comme valeur limite 0.01 mg/L. Bien que notre résultat est de 0.01 (mg/L pour l'eau brute et qui dépasse un peu la concentration.

#### **VI.I.5. Dosage du nickel**

La limite de détection de la méthode par spectrophotomètre d'absorption atomique avec flamme est de 10 µg/l.

##### **a) Réactifs**

- Solution mère étalon de cadmium à 1 g/l.
- Nickel métallique.
- Acide nitrique.
- Eau permutée.

Diluer au 1 /1000 la solution mère étalon précédente

**b) Expression des résultats** Les résultats sont exprimés en milligrammes Nickel par litre.

**c)Interprétation des résultats**

le Nickel s'utilise sous forme d'alliage avec d'autre composants, même pour la fabrication de plus de 3000000 produits repartis entre les secteurs industriels, des transports et de l'architecture et des produits destiné aux publics et fabrication des cuisines.

Le Nickel est essentiel pour la santé humaine mais quand l'absorption est importante sa devient un danger

L'OMS a donné une marge de 0.2 mg/l.

La valeur de Nickel dans l'eau en question est nulle.

Les différents résultats sont présentés par le tableau suivant :

**Tableau VI.1 : les résultats d'analyse d'eau des métaux lourds.**

Métaux lourds	Cr	Cd	Zn	Cu	Ni
Mesure (mg/l)	0.35	0.015	-0.044	0.033	-0.041

## Conclusion

Dans la nature, l'eau est une véritable source de vie, mais elle peut véhiculer beaucoup de maladies dont certaines peuvent être mortelles.

L'exploitation des eaux résiduaires nous oblige à traiter ces eaux pour les rendre utilisable pour l'irrigation tout en préservant leurs qualités physicochimiques et le contrôle de la présence des métaux lourds.

Les résultats des analyses des métaux lourds ont montré l'absence totale de zinc et de Nickel et avec une présence de cadmium, cuivre et le chrome dans l'échantillon mais leurs existences est dans les normes.

La station d'épuration a pour rôle d'éliminer les diverses pollutions présentes dans l'eau brute de façon à rendre le rejet écologiquement compatible avec le milieu récepteur.

Si l'élimination des matières organiques et minérales est assez bien maîtrisée à ce jour, la réduction de la pollution bactérienne est restée marginale et la mise en œuvre de traitement de désinfection s'est peu développée.

Or, à l'heure actuelle, la situation devient critique et la dégradation bactériologique des zones de baignade ou de conchyliculture ne peut rester sans impliquer un développement rapide d'une stratégie de désinfection.

### **VII.I. Prélèvement et échantillonnage**

Le point de prélèvement au niveau de la STEP est situé dans le bassin de sortie

Notre recherche s'est déroulée en deux tranches :

- La première tranche a pour but de déterminer les caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques de l'eau avant traitement solaire.

Les périodes de prélèvement de l'eau pour l'analyse sont effectués entre le 19/12/2010 et le 17/01/2011

NB : les essais ont été limités à une courte période due à une pénurie des réactifs microbiologiques.

- La deuxième tranche pour l'analyse de l'eau après le traitement solaire sont effectués durant la période allant du 06/08/2012 au 05/11/2012.

La période de traitement a durée du 06/08/2012 au 05/11/2012

#### **VII.I.1. Analyse avant traitement solaire**

Les prélèvements sont effectués au niveau du bassin de sortie de la STEP de CHLEF dans quatre bouteilles de 01 litre en polyéthylène.

- ❖ Deux bouteilles pour l'analyse physico-chimique au niveau de laboratoire de la STEP
- ❖ Les deux autres bouteilles transportées dans un sac isolant vers le laboratoire d'hygiène de TENES pour l'analyse microbiologique.



### VII.I.2. Analyse après irradiation solaire

40 litres d'eau sont prélevés au niveau de bassin de la de sortie de la STEP dans quatre bidons de dix litres pour être déverser dans le bassin en verre (figure 07) pour subir une irradiation solaire.

Après un temps donné, on prélève l'eau dans deux bouteilles de un litre de polyéthylène qui sont transportés dans un sac isolant vers le laboratoire d'hygiène de TENES pour analyse.

**VII.II. protocole expérimental** Pour l'amélioration de qualité microbiologique de l'eau et d'après les recherches similaires qui ont été faite dans le même contexte on a choisi un protocole expérimental qui peut être nous donne de bonnes résultats.

Un bassin de forme parallélépipédique en verre avec un miroir réfléchissant a la base ; les dimensions sont : 120 cm de longueur et 40 cm de largeur et 50 cm de hauteur fermé avec une plaque de verre transparent. Le bassin est déposé sur le toit d'une loge au niveau de la faculté de technologie de l'université de HASSIBA BEN BOUALI-CHLEF.

Les volumes d'eau irradiés sont de 40 litres, exposé au soleil pour différentes durées.

Le traitement par irradiation solaire était divisé en quatre durées :

- la première durée est d'exposé l'eau pendant 07 jours ;
- la deuxième période d'insolation dure 05 jours;
- la troisième durée est d'exposé l'eau au soleil pendant 03 jours ;
- la quatrième et la dernière exposition de l'eau à l'irradiation solaire dure 24 heures.

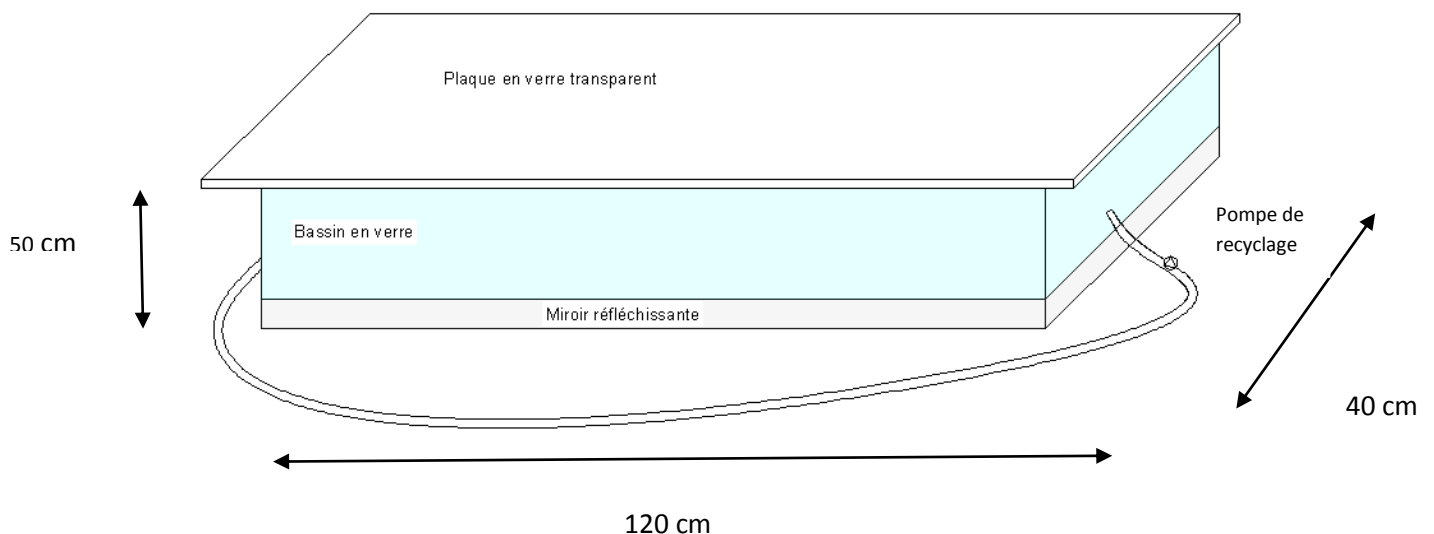


Figure VII.1 : Schéma du bassin

**VII.III.Détermination des paramètres microbiologiques**

Les paramètres microbiologiques étudiés dans notre eau avant irradiation sont les coliformes totaux et fécaux, les salmonelles, les streptocoques, et les vibrio. [73]

**VII.III.1. Colimétrie**

Les coliformes se présentent sous forme de Bacilles Gram négatifs(BGN), non sporogènes, oxydase négative, aéro-anaérobies facultatifs, capables de croître en présence de sels biliaires et capable de fermenter le lactose avec production d'acides et de gaz en 24 à 48 heures à 37°C. [30]

Les coliformes sont considérés comme indices de contamination fécale.

La technique en milieu liquide fait appel à deux tests consécutifs à savoir :

-le test de présomption : réservé à la recherche des coliformes totaux.

-le test de confirmation : encore appelé test de MacKenzie est réservé à la recherche des coliformes fécaux à partir des tubes positifs du test de présomption.

a) Matériel utilisé :

- Bec Benzène
- Chiffon mouillé
- Etuve de 37°
- Etuve 44°
- Pipette volumétrique
- Alcool 90°
- Support de tubes en plastique

b) Réactifs :

- Flacon de 50ml de Bouillon au pourpre de bromocresol double concentré (BCPL D/C)
- 05 tubes de 10ml de Bouillon au pourpre de bromocresol double concentré avec cloche de Durham (BCPL D/C)

- 05 tubes de 10 ml de Bouillon au pourpre de bromocresol simple concentré avec cloche de Durham (BCPL S/C)
- 11 tubes de 10 ml de Bouillon de Shubert avec cloche de Durham
- Kovacs pour la recherche de l'indole

c) mode opératoire :

Pour commencer l'analyse il faut d'abord stériliser le champ de travail avec un chiffon mouillé d'alcool et allumer le bec benzène.

La première étape c'est le test de présomption :

A l'aide d'une pipete introduire :

\*50 ml dans un flacon contenant 50ml de milieu BCPL D/C muni d'une cloche de Durham.

\*5 fois 1ml dans 5 tubes contenant 10ml de milieu BCPL D/C muni d'une cloche de Durham.

\*5 fois 1ml dans 5 tubes contenant 10ml de milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham.

Chasser le gaz présent éventuellement dans les cloches de Durham par un mouvement de haut en bas puis laisser le tube semi ouvert.

Mettez les tubes dans le support et incuber le tous même le flacon dans l'étuve à 37° pendant 48 heures.

Après l'incubation deux réactions sont remarquables dans les tubes et le flacon :

\*un dégagement gazeux (supérieur au 1/10 de la hauteur de la cloche),

\*un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune (ce qui constitue le témoin de la fermentation du lactose dans les conditions opératoires décrites.

Le nombre de tubes et flacon réagissons présentent une lecture qui se fait selon les prescriptions de la table du NPP qui figure en annexe.

Le chiffre trouvé dans la table NPP correspond un autre chiffre sur la table de Mac Grady

Ce chiffre représente les coliformes trouvé par 100ml d'eau à analyser.

La deuxième étape est le test de confirmation ou test de Mac kenzie :

Le test de confirmation ou test de Mac Kenzie est basé sur la recherche de coliformes thermotolérants qui ont les mêmes propriétés de fermentation que les coliformes thermotolérants parmi lesquels on redoute surtout la présence d'Escherichia coli.

Les tubes de BCPL trouvé positifs lors du dénombrement des coliformes totaux feront l'objet d'un repiquage à l'aide d'une pipette dans les tubes contenant le milieu Schubert muni d'une cloche de Durham.

Chasser le gaz présent éventuellement dans les cloches de Durham par un mouvement de haut en bas et laisser le tube entre ouvert.

L'incubation se fait cette fois-ci au bain marie à 44°C pendant 24 heures.

Les tubes positifs présentent à la fois :

\*un dégagement gazeux,

\*un anneau rouge en surface, témoin de la production d'indole par Escherichia Coli après adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif de Kowacs.

La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table du NPP en tenant compte du fait qu'Escherichia Coli est à la fois producteur de gaz et d'indole à 44°C.

Le chiffre trouvé correspond au nombre d'Escherichia coli par 100 ml d'eau a analysé.

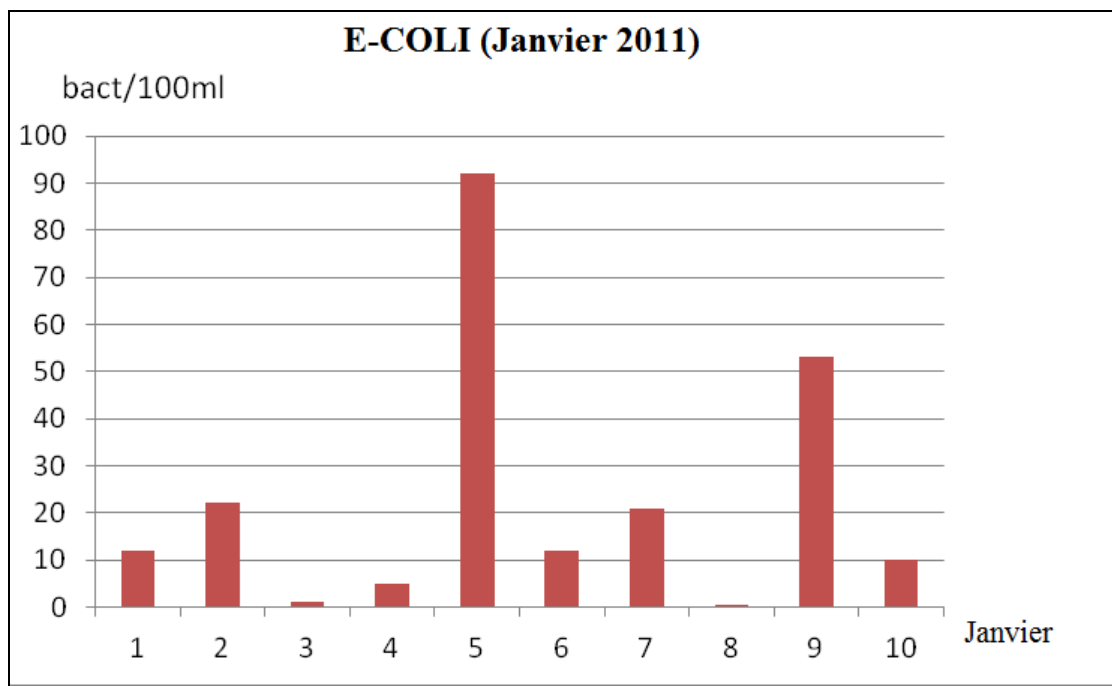
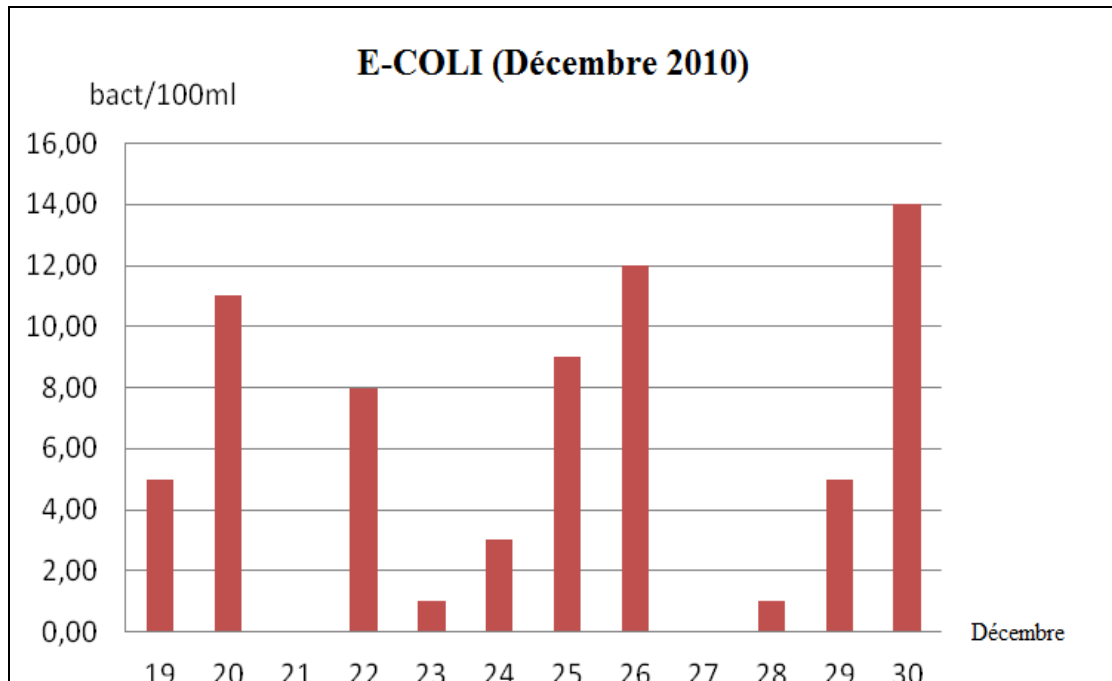
d) interprétation des résultats :

Les coliformes totaux sont utilisés depuis très longtemps comme indicateurs de la qualité microbienne de l'eau parce qu'ils peuvent être indirectement associés à une pollution d'origine fécale.

L'eau analysé présente toujours un virage de la couleur violette vers une couleur jaunâtre et dégagement gazeux dans la cloche de Duhram ce qui indique que le taux des coliformes totaux est supérieurs à 240 Bactéries/100 ml d'eau, cela veut dire qu'il existe une contamination fécale.

Le test de confirmation indique les coliformes fécaux qui représentent généralement E-coli la bactérie responsable des intoxications alimentaires parfois mortelle.

Après le repiquage des tubes positifs dans le milieu de culture et l'incubation un dégagement gazeux remarquable et un anneau rouge en surface, témoin de la production d'indole par E-coli après adjonction de 02 à 03 gouttes du réactif de Kowacs.



**Grphe VII.1 : taux d'E-Coli pour le mois de Décembre et Janvier**

La valeur maximale des coliformes fécaux indiqué par E-coli est 92 bactéries/100ml.

L'eau analysée est contaminée.

On a établie un traitement inspiré par d'autres travaux de recherche dans le même domaine pour l'amélioration de la qualité microbiologique de l'eau. [31]

**VII.III.2. Streptometrie**

Les streptocoques fécaux ou streptocoques du groupe D de la classification de Lancefield, se présentent sous forme de cocci à Gram+ sphériques à ovoïdes formant des chainettes, ne possèdent pas de catalase mais possédant l'antigène du groupe D.

Tout comme la méthode de recherche des coliformes en milieu liquide, celle de la recherche et le dénombrement des streptocoques fécaux fait appel à deux tests consécutifs à savoir :

-Test de présomption

-Test de confirmation : réservé à la confirmation réelle des streptocoques fécaux à partir des tubes positifs du test de présomption.

a) Matériel utilisé :

- Bec Bénédict
- Chiffon mouillé
- Etuve de 37°
- Pipette volumétrique
- Alcool 90°
- Support de tubes en plastique

b) Réactifs :

- Flacon de 50 ml de milieu ROTHE double concentré (D/C)
- 05 tubes de 10 ml de milieu de ROTHE double concentré (D/C)
- 05 tubes de 10 ml de milieu de ROTHE simple concentré (S/C)
- 11 tubes de 10 ml de milieu LITSKY EVA

La première étape est le test de présomption :

A l'aide d'une pipette et devant le bec Bénédict introduisez :

\*50 ml dans un flacon contenant 50 ml de milieu ROTHE D/C,

\*5 fois 10 ml dans 05 tubes contenant 10 ml de milieu de ROTHE D/C,

\*5 fois 10 ml dans 05 tubes contenant 10 ml de milieu ROTHE S/C.

Mélanger bien les tubes et le flacon toujours devant le bec benzène pour éviter toutes contaminations extérieures, laisser le tube semi fermé et incubé l'ensemble dans l'étuve à 37° pendant 48 heures.

Après l'incubation les tubes qui présentent un trouble microbien :

\*Ne doivent en aucun cas faire l'objet de dénombrement,

\*Doivent par contre, absolument faire l'objet d'un repiquage sur milieu LITSKY EVA dans le but d'être confirmés.

La deuxième étape c'est le test de confirmation :

Le test de confirmation est basé sur la confirmation des streptocoques fécaux éventuellement présents dans le test de présomption.

Les tubes de ROTHE trouvés positifs feront donc l'objet d'un repiquage à l'aide d'une pipette devant le bec benzène dans les tubes du milieu LITSKY EVA,

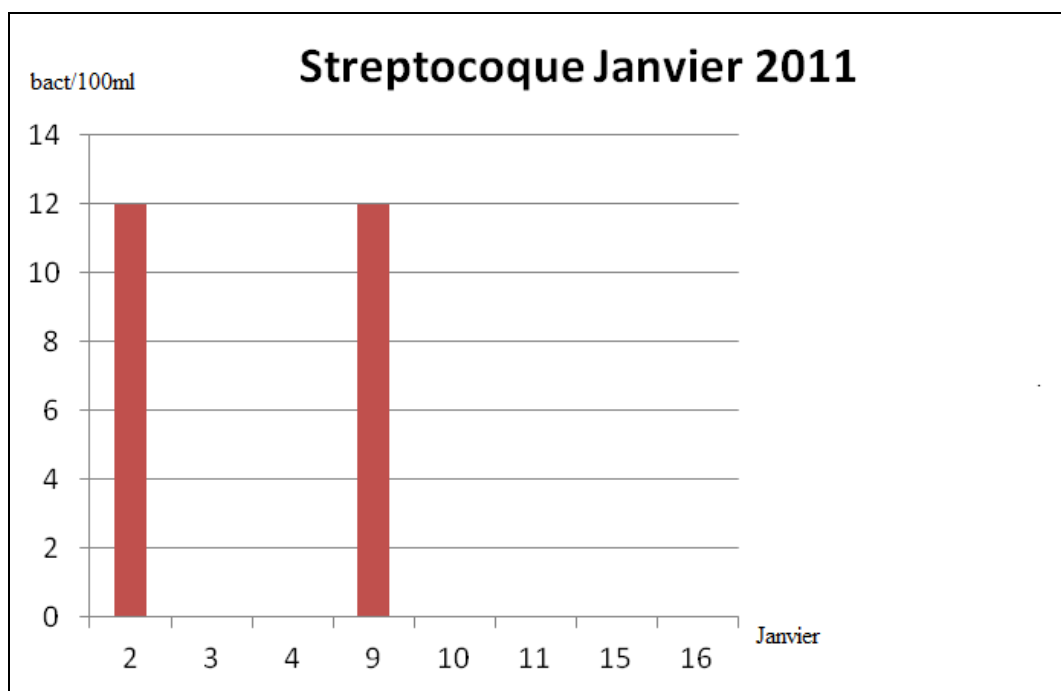
Mélanger le tous par un mouvement va et viens on laisse les tubes entre ouvert puis les incubé à 37° pour 24 heures.

Les tubes considérés positifs qui présente :

\*un trouble microbien,

\*une pastille violette (blanchâtre) au fond des tubes.

La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table du NPP qui figure en annexe 3.



Graphe VII.2 : Variation de Streptocoque pour le mois de janvier.

### c) Interprétation des résultats

Le premier test est le test de présomption des streptocoques totaux. La majorité des résultats ne présente pas une contamination par streptocoques totaux.

Pour les résultats positifs on remarque un trouble microbien dans les tubes et le flacon. Le test de confirmation par le repiquage des tubes positifs dans les tubes de milieu de culture Litsky EVA, et ce pour dénombrer le taux de bactérie, on prend les tubes qui présentent un trouble microbien avec une pastille violette ou blanchâtre et on le convertit au tableau NPP (Annexe 3).

### VII.III.3.Salmonella

Les Salmonella sont des entérobactéries qui se présentent sous forme de Bacilles Gram Négatifs (BGN), ne fermentent pas le lactose, mais fermentent le glucose avec production de gaz et  $H_2S$  ; elles se divisent en deux grands groupes : les mineures et les majeures (hautement pathogènes).

La détection de la bactérie nécessite un enchaînement d'enrichissement dans différents milieux de cultures.



a) Matériel utilisé :

- Bec Benzène
- Chiffon mouillé
- Etuve de 37°
- Pipette volumétrique
- Alcool 90°
- Support de tubes en plastique
- Boite pétrie

b) Réactifs :

- Flacon de 100 ml de milieu Sélénite- Cystéiné double concentré (SFB D/C)
- Tube de 10ml de milieu Sélénite
- Gélose Hektoen
- Gélose nutritive
- 20 Additif sélénite disques

**c) Mode opératoire**

La recherche de la Salmonelle se fait en quatre étapes ;

Le premier jour d'enrichissement

Dans un flacon de 100ml milieu de sélénite-Cystéiné D/C introduisez 100ml d'eau à analyser, mélanger l'ensemble puis l'incuber à 37°C pendant 24 heures.

Le deuxième jour d'enrichissement et isolement

Ce flacon fera l'objet :

\*d'une part, un repiquage sur milieu Sélénite en tubes à raison de 0.1ml pour un deuxième enrichissement.

\*d'autre part, faire fondre la gélose Hektoen dans un bain marie et la versé dans une boîte pétrie ensuite à l'aide d'une pipette en verre prendre quelque goutte du flacon et les mètrent sur la gélose, fermer bien la boîte pétrie pour éviter toutes contamination et l'incuber à 37° pendant 24 heures.

#### Le troisième jour

\*d'une part, le tube de Sélénite fera l'objet d'un isolement,

\*d'autre part, la boîte de gélose Hektoen subira une lecture en tenant compte du fait que les Salmonella se présentent le plus souvent sous forme de colonies de couleur gris bleu à centre noir.

#### Identification morphologique et biochimique

Les colonies trouvées feront l'objet d'une identification morphologique et biochimique qui se déroule comme suit :

\*Etat frais (bacilles, mobilité),

\*Ensemencement d'un tube de gélose nutritive inclinée qui sera incubé à 37°C,

24 heures et qui servira à l'agglutination sur lame,

\*Ensemencement sur une galerie biochimique classique (OPGN, Oxydase, LDC, ODC, ADH, Témoin, Urée, insole, TDA, VP, RM...)

#### **d) Interprétation des résultats**

Les salmonelles appartiennent aux genres des entérobactéries Salmonella. Elles provoquent deux types de maladies : des gastro-entérites par intoxication alimentaire (salmonellose), et des fièvres typhoïdes et paratyphoïdes. [66],

Au cours de notre partie expérimental, on a trouvé quelques tests positifs dans le premier enrichissement dans un milieu de Sélénite-Cystéine double concentré (SFB D/C).

Il présente un trouble bactérien avec un virage de couleur vers le rouge ou l'orange.

**VII.III.4.Vibrio cholérique**

Les vibrionaceae se présentent sous forme de Bacilles Gram Négatifs droits ou incurvés (BGN), très mobiles, possédant une oxydase, aéro-anaérobies facultatifs, fermentant le glucose sans production de gaz ni d'H<sub>2</sub>S. (Hautement pathogènes).

## a) Matériel utilisé

- Bec Benzène
- Chiffon mouillé
- Etuve de 37°
- Pipette volumétrique
- Alcool 90°
- Support de tubes en plastique
- Boite pétrie

## b) Réactifs :

- Flacon de 50 ml de milieu eau peptonée Alcaline 10 fois concentré
- Tube de 07ml de milieu eau peptonée alcaline (EPA)
- Flacon de Gélose nutritive alcaline et biliée (GNAB1)

Le premier jour d'enrichissement

Effectuer le premier enrichissement de 450 ml d'eau à analyser sur le milieu Eau Peptonée Alcaline 10 fois concentré.

Ce dernier sera par la suite incubé à 37°C pendant 24 heures.

Le deuxième jour d'enrichissement et isolement

Le flacon obtenu par le premier enrichissement sert :

\*d'une part, d'un deuxième enrichissement sur un tube de milieu EPA.

\*d'autre part, d'un isolement sur gélose GNAB1.

L'incubation se fait donc à 37°C pendant 24 heures.

### Le troisième jour de lecture des boîtes et identification

La boîte de gélose GNAB 1 subira une lecture en tenant compte du fait que les Vibrions se présentent le plus souvent sous forme de grosses colonies lisses et transparentes caractéristiques.

### Identification morphologique et biochimique

Les colonies caractéristiques et distinctes feront l'objet d'une identification morphologique et biochimique qui se déroule comme suit :

\*Etat frais (bacilles, mobilité)

\*Coloration de Gram (bacilles Gram négatifs),

\*Ensemencement d'un tube de KIA qui sera incubé à 37°C, 24 heures (Saccharose, Glucose, Gaz et H<sub>2</sub>S).

### c) Interprétation des résultats

La bactérie *Vibrio cholerae* est une bactérie gram négatif, en forme de bâtonnet incurvé, mobile et responsable du choléra chez l'Homme, une maladie épidémique contagieuse.

Les résultats étaient positifs que pour le premier enrichissement, l'eau peptonée présente un trouble microbien jaunâtre avec des muqueuses blanchâtre et une odeur agressive.

Après l'analyse physico-chimique, microbiologique et métaux lourds (chapitre 04) on peut dire que l'eau analysée présente des caractéristiques acceptables, il suffit seulement d'améliorer la qualité microbiologique.

### **Introduction**

L'amélioration de la qualité microbiologique de l'eau usée se fait généralement par, oxydation biologique et le rayonnement ultra-violet.

Dans ce contexte nos travaux sont basés sur l'effet de la durée de l'éclairement solaire (photochimie) sur les bactéries trouvées dans les eaux de rejets de la STEP de CHLEF.

**VII.4. Deuxième tranche :(après Irradiation)**

Les procédés d'épuration des eaux usées par voie aérobie dépendent des actions naturelles tels que le l'énergie solaire et la photosynthèse. Les études antérieures sur la désinfection des eaux usées ont montré que le rayonnement solaire est un facteur prépondérant dans l'inactivation des indicateurs fécaux (coliformes) [74], et que, les rayonnements solaires agissent en interaction avec d'autres facteurs, notamment l'oxygène dissous et le PH. Nous traiterons dans ce chapitre l'influence des radiations sur l'inactivation des microorganismes et les interactions des paramètres environnementaux.

L'ultraviolet sont de plus en plus utilisés pour la désinfection des eaux urbaines et industrielles notamment les zones côtières. Leur pouvoir bactéricide, virucide et germicide les rendent particulièrement efficaces et attractifs d'autant plus qu'ils n'entraînent pas l'apparition de sous-produits de désinfection toxiques pour le milieu naturel contribuant à la sauvegarde des zones aquatiques sensibles.

Ce procédé consiste à faire passer dans un réacteur une hauteur d'eau constante au dessus de lampes UV dont le rayonnement (optimal à 254 nm) permet de détruire les cellules par photolyse et oxydation. La puissance des lampes (entre 50 et 60 mW/cm<sup>2</sup>) mises en œuvre détermine l'efficacité de ce traitement. Il existe aujourd'hui plusieurs types de générateurs UV sur le marché présentant chacun leurs avantages et inconvénients (lampes moyenne pression 4000W, lampes basse pression 100W).

Ce procédé présente néanmoins quelques inconvénients non négligeables comme l'absolu nécessité de mettre en place en amont de son installation un système d'élimination des MES (filtration, charbon actif...) inhibant ce traitement, un vieillissement plus ou moins rapide des lampes ou un coût relativement élevé. Malgré cela cette technique simple est en plein essor.

La désinfection par les UV et les radiations visibles apparaissent comme résultant de la capture de la lumière par des agents « photo-sensibilisateurs » qui catalysent la formation d'une sorte d'oxygène réactif (oxygène naissant) qui peut détruire les bactéries et les virus.[76]

En dépit du fait qu'on admet de plus en plus que l'ensoleillement est le principal agent d'une désinfection naturelle dans les bassins de stabilisation, des contradictions apparaissent quant à l'importance relative des différents types de radiation du spectre solaire. Tandis que Calkins et al, Moeller et Calkin, cités par Davies Colley et al, (1997), démontrent que l'élimination des coliformes fécaux dans les bassins de lagunage est corrélée avec la dose d'UV-B, Curtis et al. (1992), rapportent pour leur part dans une série d'expériences au Brésil, que les spectres

visibles du rayonnement solaire sont plus efficaces dans l'élimination des bactéries coliformes. L'influence des radiations, de l'oxygène et d'autres fonctions sont considérées comme des précurseurs des mécanismes de photo-oxydation dans lesquels, les substances humiques réagissent comme des photo-sensibilisateurs. La photo-oxydation semble également intervenir dans les fonctions d'inactivation des coliformes et entérocoques fécaux dans l'eau de mer polluée par les eaux usées ; la profondeur de l'eau, ainsi que la longueur d'onde des radiations influencent le phénomène [77].

On a choisi la région de CHLEF pour élaborer la partie expérimentale en calculons l'irradiation solaire sur le sol du 06/08/2012 au 04/11/2012.

Le modèle linéaire (modèle d'Angstrom) est choisi pour le calcul des irradiances journalières.

Comme exemple on calcule l'irradiation solaire de la journée du 06/08/2012

#### **Application numérique :**

La journée du 06/08/2012 correspond au numéro du jour,  $j = 219$ .

Pour la région de chlef on a les coordonnées :

- Latitude ( $\varphi$ ) : 36.16
- Longitude : 1.35
- L'altitude : 112

On calcul la déclinaison par l'équation II.6,

$$\delta = 16.25 \text{ degrés.}$$

En remplace dans l'équation de l'angle horaire II.8,

$$W_0 = 102.23 \text{ degrés.}$$

On calcule la durée d'insolation maximale par l'équation II.7,

$$SS_0 = 13.63 \text{ heures.}$$

D'après l'équation II.19 et les paramètres de régression  $a'$  et  $b'$  dans le tableau II.3 :

$$H_j/H_{j_0} = 0.5528$$

Le reste des résultats ce trouvent en annexe.

#### **VII.4.1. Le montage expérimental**

En ce qui nous concerne, on étudie l'influence directe des rayons du soleil.

Dans notre cas, l'étude est basée sur l'influence directe du rayonnement solaire (durée d'insolation), qui émet des radiations de longueurs d'ondes très différentes, dont l'œil humain ne perçoit que celles comprises entre 400 et 780 nm. Les ultraviolets se situent juste en dessous entre 180 et 400nm, sur un bassin de forme parallépipédique de dimension

(120\*40\*50 cm) sur lequel est installé sur le fond une plaque miroir pour la concentration du rayonnement solaire, sachant que les rayons solaires constituent 10 % en UV, pour combattre les pathogènes et algues unicellulaires qui provoquent l'eau verte. L'effet est d'autant plus efficace que la structure du micro-organisme se rapproche d'une structure monocellulaire. Les virus, bactéries, germes, champignons et algues sont donc particulièrement sensibles aux rayons UV.

Le bassin est posé sur le toit d'une loge au niveau de l'université de Chlef pour éviter les zones d'ombre.

Le point de prélèvement est le bassin de sortie de la STEP de CHLEF.

Pour notre expérience le volume d'eau prélevé pour traitement solaire est de 40 litre.

Les prélèvements ont été effectués dans des bidons de 10 litres bien fermé et acheminé directement vers le bassin [figure VII.1] qui est équipé d'une pompe pour le recyclage de l'eau.

La hauteur du volume d'eau (40 litre) versé dans le bassin pour irradiation solaire est de 08Cm.

Le traitement ou bien la désinfection de l'eau était réalisé en quatre étapes du 06/08/2012 au 05/11/2012.

-Première étape était d'exposé l'eau au soleil durant 07 jours, la deuxième durant 05 jours, la troisième pour 03 jours et en dernier une journée.

Pour chaque période on change l'eau a traité.

Chaque étape était répéter plusieurs fois on prenant en considération la durée d'insolation, pour voir l'effet du rayonnement solaire sur l'eau.

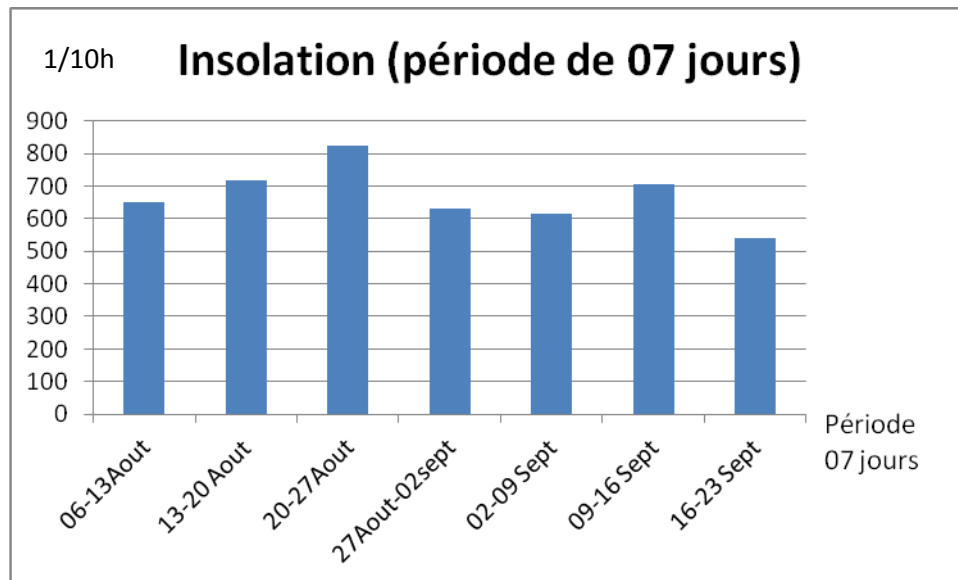
Les échantillons prélevés de l'aquarium dans des flacons en polyéthylène de 01 litre et transporté dans un sac isolant vers le laboratoire de prévention de TENES.

Les résultats de traitement obtenus de chaque étape sont présentés par des graphes (nombre de bactérie et la duré d'insolation en fonction des périodes de traitement).

La durée d'insolation, l'humidité relative et la température sont des paramètres donnés par l'organisation nationale de la météorologie de façon journalière pour chaque période de traitement.

- **La première étape**

Le traitement de l'eau pour une insolation de 07 jours consécutive.



**Graphes VII.3 : taux d'insolation hebdomadaire.**

On observe que le taux d'éclairement solaire pour une période hebdomadaire du 06/08/2012 au 23/09/2012 varie entre 542 et 822(1/10h).

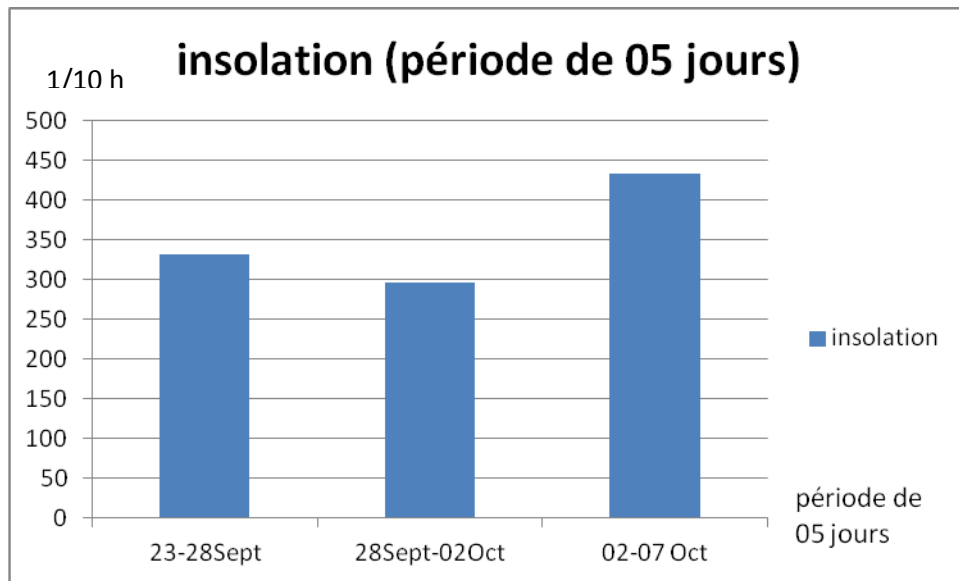
Cette durée nous a donné de très bons résultats après l'analyse de l'eau irradiée par le soleil.

Aucune bactérie n'existe dans le milieu.

- **La deuxième étape**

Le traitement de l'eau pour 05 jours successifs à l'éclairement solaire.





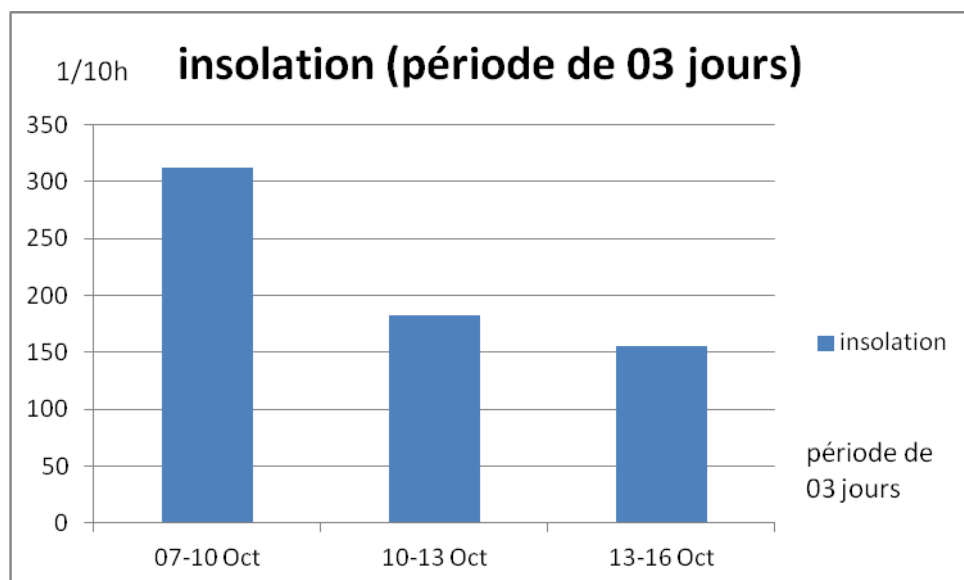
**Graphe VII.4 : taux d'insolation (période de 05 jours)**

On remarque une insolation importante qui varie entre 296 et 433 (1/10h) pour la période du 23/09/2012 au 07/10/2012.

Le nombre d'heures d'éclairement solaire élimine toutes traces de bactérie E-coli dans l'eau irradié.

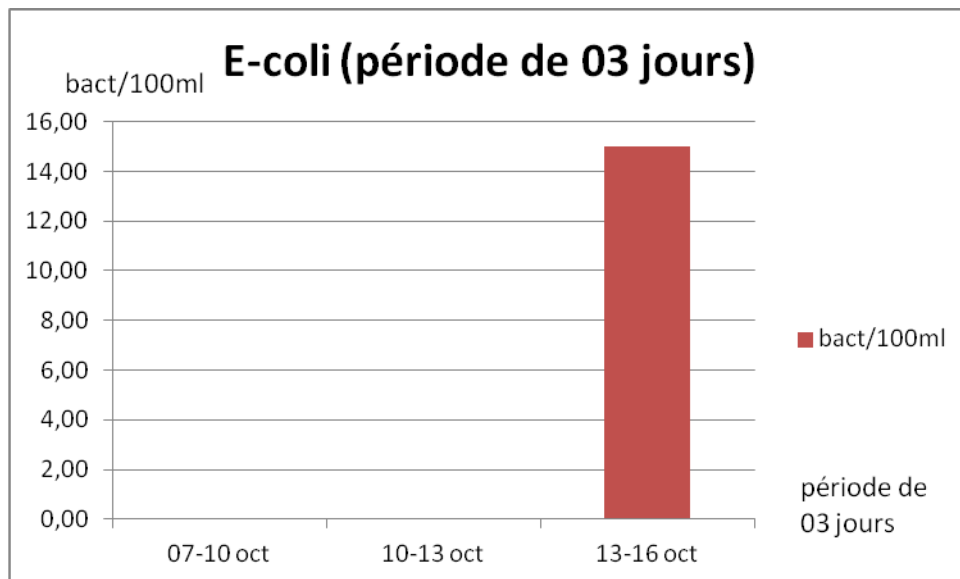
- **La troisième étape**

Une durée d'insolation de trois jours successifs.



**Graphe VII.5 : taux d'insolation (Période de 03 jours).**

Le graphe indique une variation d'insolation entre 155 et 312 (1/10h) pour la période du 07/10/2012 au 16/10/2012;



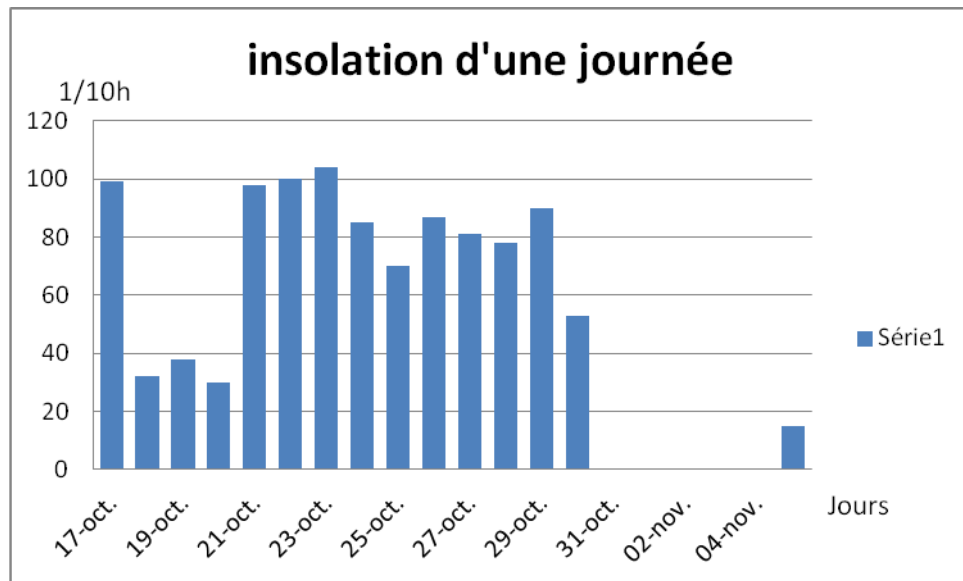
**Graphe VII.6 : comportement d'E-Coli pour une insolation de 03 jours.**

On observe une résistance de bactérie pour une insolation de 155 (1/10h), entre le 13/10/2012 et le 16/10/2012.

On peut dire qu'une insolation de trois jours n'est pas suffisante pour remplacer une lampe ultra-violet.

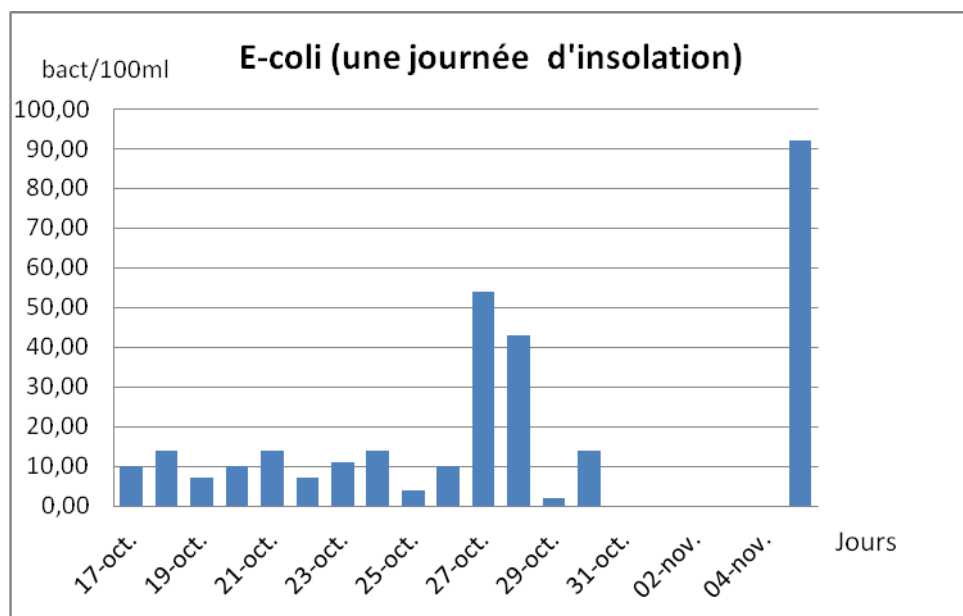
- **La quatrième étape**

Le but de cette étape est complémentaire à celle de la troisième, c'est une confirmation des résultats obtenue en trois jours.



Graphe 1 : insolation d'une journée.

On observe que l'insolation du mois d'octobre varie entre 30 et 99 (1/10h) et pour le 05 novembre l'insolation d'une heure et demi est très faible.



Graphe 2 : E-coli pour une journée d'insolation.

D'après le graphe le taux de bactérie est élevé par rapport au autre période d'insolation.

On comparaison entre le graphe de bactérie et cèle d'insolation on remarque une valeur de 92 bactérie/100ml pur une insolation d'une heure et demi.

Il ya aucune amélioration de la qualité bactérienne de l'eau pour une insolation d'une journée.

### Conclusion

La dose d'absorption d'énergie U.V. dépend de la puissance du rayonnement, de la surface émettrice, du coefficient d'absorption des rayons de l'eau à traiter, de l'épaisseur de la lame d'eau, du temps d'exposition, du débit de la pompe et de la qualité de l'eau (MES, turbidité...).

Il est primordial de filtrer l'eau en amont de l'amélioration de la qualité microbiologique de l'eau afin d'éliminer les MES car elles absorbent ou réfléchissent les rayons UV. Les micro-organismes sont mêmes protégés par celles-ci, on comprend l'intérêt de la filtration gravitaire qui permet cette configuration. [45]

L'influence du rayonnement sur la disparition des bactéries indicatrices de pollution fécale dans un bassin a été discutée par différents auteurs. [78] résume l'influence du rayonnement comme entraînant une diminution rapide du nombre de cellules, bactériennes cultivables, sans entraîner la lyse apparente, et que l'effet peut être direct, en endommageant l'ADN [79], ou indirect par formation dans l'eau des composées qui oxydent la cellule (oxygène naissant). [80].

Après l'analyse de toute les étapes, on peut conclure qu'une insolation au delà de 183(1/10h) désinfecte l'eau de Escherichia-coli.

Alors une insolation de 183(1/10h) pour notre protocole expérimental est suffisante et peut remplacer une lampe ultra-violet.

L'éclairement solaire est une source d'énergie propre, renouvelable peut désinfecter l'eau de Escherichia-coli si la durée dépasse 183(1/10h).

## Conclusion générale.

---

Les eaux usées sont toutes les eaux qui sont de nature à contaminer les milieux dans lesquelles elles seront déversées. C'est pourquoi, dans un souci de respect de ces différents milieux, des traitements sont réalisés sur ces effluents (collectés par le réseau d'assainissement). Ces derniers sont débarrassés de leurs plus grands déchets, au cours des prétraitements, jusqu'aux infimes polluants, au cours des traitements tertiaires.

Les traitements secondaires biologiques, boues activées, lagunage naturel et aéré sont les traitements les plus fréquemment utilisés en Algérie.

Le recours aux traitements tertiaires reste minoritaire et réservé aux traitements poussés des effluents, du fait qu'il présente de nombreux inconvénients, à savoir :

- Des coûts d'investissement importants ;
- Les ultraviolets (UV) ne sont applicables que pour de faibles quantités d'eau ;
- La sur-chloration peut s'avérer cancérogène.

Pour rappel l'objectif principal de ce mémoire était d'étudier la possibilité de traitement d'un effluent contaminé par des bactéries pathogènes prélevées de la station d'épuration d'eau usée domestique de la villa de CHLEF.

Au début on a effectué des analyses pour déterminer les paramètres physicochimiques : les matières en suspension d'une moyenne de 10 mg/l, la DCO varie entre 13 et 83mg/l et la DBO<sub>5</sub> entre 0.2 mg/l et 15mg/l. pour le N-NH<sub>3</sub> ne dépasse pas les 05 mg/l et le N-NO<sub>3</sub> varie entre 02mg/l et 07 mg/l.

Le calcul du rapport DCO/DBO<sub>5</sub>, compris entre 2 et 17, nous permet de dire que la qualité de l'eau est non biodégradable.

Les métaux lourds analysés donnent des concentrations de 0.35mg/l pour le Chrome, 0.033mg/l pour le cuivre, et 0.015mg/l pour le Cadmium. Absence totale du Zinc et du Nickel.

Le cumul des métaux lourds dans les eaux usées peut avoir des effets néfastes sur la santé humaine.

Les paramètres microbiologiques ont révélé la présence d'une contamination pathogène par des coliformes fécaux (*Escherichia-coli*) d'une moyenne de 92 bactéries/100ml.

## Conclusion générale.

---

D'après les résultats un traitement pour la décontamination de ces eaux c'est avéré nécessaire pour améliorer la qualité microbiologique de l'eau.

Le traitement par rayonnement solaire pour différents taux d'ensoleillement nous a permis de constater que pour une insolation supérieure à 183 (1/10h) l'eau traité est totalement désinfecté.

Le traitement par rayonnement solaire est normal, librement disponible et n'implique aucun produit chimique comme le chlore ou l'ozone (Davies colley et al, 1998) [75]. Il s'agit d'une énergie renouvelable qui peut être utilisé dans de nombreuses régions notamment les zones sous climat subtropical. L'intérêt de l'énergie solaire tient autant à l'ensoleillement au m<sup>2</sup>. C'est une énergie dont l'utilisation ne pollue pas l'atmosphère ; elle est utile pour la santé ; Le rayonnement solaire est responsable de l'évaporation de l'eau qui retombe sous forme de pluie et entraîne les roues des moulins. Il est essentiel aux organismes vivants qui sont à l'origine du charbon, du pétrole et du gaz naturel. [81].

La continuité de ce travail s'avère nécessaire pour la compréhension des divers phénomènes aussi bien physicochimiques que bactériologique en y intégrant d'autres procédés tels que les techniques membranaires.

## Liste des références bibliographiques

- [1] Philippe Mercier, Pierre Servais, une technique compétitive pour la désinfection des eaux usées, 2002-2003
- [2] Technique de l'ingénieur P4200 (Marc ELKENS) Analyse des eaux résiduaires
- [3] Water Environment Federation « Wastewater disinfection » Manuel of partcipe FD-10 (1996)
- [4] Hayet Milous, Modélisation par la méthode numérique de la dynamique des fluides du procédé de désinfection des eaux par les rayonnements ultraviolets (UV), Mémoire de magister 16/06/2011. P 1-2.
- [5] TERNISIEN (J.A.). – Les pollutions et leurs effets. Collection Sciences Vivantes – PUF (1968)
- [6] MEINCK (F.), STOOFF (H.) et KOHLSCHUTTER (H.). – Les eaux usées industrielles. Masson Éd. Paris (1977). MEINCK (F.), STOOFF (H.) et KOHLSCHUTTER (H.). – Les eaux usées industrielles. Masson Éd. Paris (1977).
- [7] ECKENFELDER (W.W.). – Gestion des eaux usées urbaines et industrielles. Caractérisation. Technique d'épuration. Technique et documentation, Paris (1982)
- [8] BLOCK (J.-C.) et SCHWARTZBROD (L.). – Analyse virologique des eaux. Technique et documentation, Paris (1982)
- [9] BONTOUX (J.). – Introduction à l'étude des eaux douces. Eaux naturelles, eaux usées, eaux de boisson. Technique et documentation Paris et Cebedoc - Éd. Liège (1983).]
- [10] Sté DEGREMONT. – Mémento technique et documentation. Paris (1989).
- [11] PINTA (M.). – Spectrométrie d'absorption atomique. Masson, vol. 1 (1979) ; vol. (2) 1980.
- [12] VIAL (J.). – Étude des critères globaux permettant l'évaluation des pollutions de l'eau. CPT (Centre de perfectionnement technique), Paris (1972)
- [13] MARTY (J.-L.) et BEN AIM (R.). – La mesure automatique de la demande totale en oxygène appliquée au contrôle des eaux résiduaires. TMS l'Eau, 1976 (12) p. 531-541.
- [14] RODIER (J.). – L'analyse de l'eau. Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 7e édition Dunod (1984).]
- [15] TRANCHANT (J.). – Chromatographie en phase gazeuse. Techniques de l'Ingénieur P 1 485. (1996). Traité Analyse et Caractérisation, vol. P2.
- [16] CAUDE (M.) et JARDY (A.). – Chromatographie en phase liquide. Techniques de l'Ingénieur P 1 455. (1994). Traité Analyse et Caractérisation, vol. P2.
- [17] HOENIG (M.) et KERSABIEC (A.M.). – L'atomisation électrothermique en spectrométrie d'absorption atomique. Masson (1990).

- [18] RANCHET (J.) et coll. – Essais inter laboratoires — Dosage de Cd, Cr, Cu et Pb dans les solutions synthétiques par spectrométrie d'absorption atomique sans flamme. Analysis févr. 1982, 10, p. 71-77.
- [19] BLOCK (J.-C.) et SCHWARTZBROD (L.). – Analyse virologique des eaux. Technique et documentation, Paris (1982).
- [20] (Deniygba K. (2003) : Cours de Biotechnologie environnementale, Génie sanitaire et environnement –EIER, Ouagadougou 162 p )
- [21] Satin et Selmi (1999) : Guide Pratique de l'Assainissement
- [22] Guide technique de l'assainissement 2<sup>ème</sup> édition. 1999, Edition moniteur paris. « Traitement complémentaire : désinfection des effluents.
- [23] Memento Technique de l'Eau, Degrémont (1989)., ISBN 2.9503984.0.5
- [24] [[1] R. Bernard, G. Menguy, M. Schwartz, 'Le Rayonnement Solaire, Conversion Thermique et Applications', Technique et Documentation, 2ième Edition, 1980
- [25] A.ALABOURET,M.VILLOZ »Energie solaire photovoltaïque », Dunos France, 2<sup>ème</sup> édition 2005
- [26] J.BONAL,P.ROSSETTI, »Energies alternatives »OMNI SCIENCE,France 2007
- [27]J.Bernard « Energie solaire calculs et optimisation »ELLIPSE France 2004
- [28] J-M.COTTIER, A.MERMOUD.M.VILLOZ,J.GRAF « Centrales photovoltaïques, guide pour le dimensionnement »
- [29] Y.JANNOT, « Thermique solaire », www.libre cours2003
- [30] J.A DUFFIE,W-A.BEKMAN « Solar engineering of termal processes » John Wiley et Sonsinc 2eme édition New york USA1980
- [31],S.Chergui Bouafia et R.Alloune, procédé d'oxydation avancé pour le traitement des eaux usées, principe et application, Revue des énergiesrenouvelables ICRES.D.7 Tlemcen (2007) 163-170
- [32]M.BOUHALA « Design et dimensionnement d'une installation autonome PV-hydrogène » Mémoire magister, Université Dr Yahia FARES de MEDEA (Algérie) 2009
- [33],A.MEFTI,M Y BOUROUBI,A ADANE « generation of hourly solar radiation for inclined surfaces using monthly mean sushine duration in Algéria.” Energy conversion and management 44 (2003) 3125-3141
- [34] M.KOUSSA .M.HADDADI, A. MALEK “reconstitution des irradiations globales et diffuse en fonction de quelques paramètres météorologiques pour un ciel quelconque » Revue des Energies renouvelables Vol10 N°01 (2007) 75-92
- [35] SteriPEN-09-FR-WEB.pdf. Système portable désinfection de l'eau au UV



- [36] [MEZRIOUI N, 1987. Etude expérimentale des effets du pH, du rayonnement solaire et de la température sur la disparition des bactéries d'intérêt sanitaire et évaluation de la résistance aux antibiotiques d'E. coli lors de l'épuration des eaux usées. Thèse de Doctorat d'Université de Montpellier, 186 p.
- [37] (CHAMBERLIN et MITCHELL. 1978; FUJIOKA et al., 1981 et GAMESON et GOULD, 1985).]
- [38] Jean- François guillard, Louis-Alexandre Romana. Institut français de la recherche pour l'exploitation de l'eau de mer. Bendor 13-15 juin 1990
- [39] P. Riou, 2009, communication personnelle
- [40] (Sinton et al., 2007)
- [41] Kay et al., 2005
- [42] Institut Pasteur, Lille, 1985
- [43] Bonnefont J.L, Martin.y.P et Guinnet B.1990. Etude expérimentale de la décroissance des bactéries fécales en milieu marin, Contamination facteur impliqués. Wat.Research vol.24, N°3, 267-293
- [44] Pommepuy et Guillaud, IFREMER
- [45] Références de la directive : Annexe III, 1.b de la directive 2006/7/EC : « Le profil de l'eau de baignade référencé dans l'article 6 consiste à : (...) une identification et à une évaluation des causes de pollution qui pourraient affecter les eaux de baignade et nuire à la santé des baigneurs »
- [46] Michel-Federighi, « Bactériologie alimentaire (p 53-58) Ed economica.2005 compendium d'hygiène des aliments 2<sup>ème</sup> édition
- [47] [www.inovaltech .ca/tag.lacia](http://www.inovaltech.ca/tag.lacia)
- [48] Laurent Sutra, Michel Federighi –jean louis.jouve Manuel de bactériologie alimentaire-polytechnica 1998(p27-41)-(p262-265)
- [49] [www.lixibio.fr](http://www.lixibio.fr)
- [50] [www.planete-mars.com/Salmonelles -que vous il arrive](http://www.planete-mars.com/Salmonelles -que vous il arrive)
- [51] [www.wadsworth.org.data bank/vibrio htm](http://www.wadsworth.org.data bank/vibrio htm)
- [52] traduction HTML V2.7. V. Morice, Chapitre 4 - Les streptocoques, entérocoques et pneumocoques
- [53] [www.microbe.edu.org](http://www.microbe.edu.org)
- [54] Institut of général and environmental hygiene university of Tubigen (DE) (2000-2001) organisation mondial de la santé(Farnham report)(2001)
- [55] Basma Khadro, conception et réalisation de bioréacteurs pour le suivi de polluants dans les eaux naturelles, N° d'ordre 284-2008.p115
- [56] M.Di.Beneditto, Méthode spectrométrique d'analyse et de caractérisation les métaux lourds 1997 p8-p9

- [57] Norme française FD.T90-112. Juillet 1998 Qualité de l'eau, dosage des huit éléments métalliques par spectrométrie d'absorption atomique dans la flamme
- [58] Dr R.SALGHI « Différentes filières de traitement des eaux (ENSA agadir) »
- [59] Manuel des processus et d'exploitation de la STEP de CHLEF (CETIC 23/04/2008)
- [60] Guide de DR/2500 Spectrophotomètre de Procédures.
- [61] [<http://moodle.epfl.ch/>]
- [62] [www.memoireonline.com](http://www.memoireonline.com)
- [63] Manuel Bod. Track <sup>TM</sup>
- [64] [<http://www.cpepesc.org/>]
- [65] [<http://www.oieau.fr/>]
- [66] [www.Futura-sciences.com](http://www.Futura-sciences.com)
- [67] [<http://syndicatdelorge.fr/>]
- [68] [www.C.N.S.fr](http://www.C.N.S.fr)
- [69] [www.hannacan.com/Fiches /Nitrogen-Ammonia-Nitrate-Nitrite.fr.pdf](http://www.hannacan.com/Fiches/Nitrogen-Ammonia-Nitrate-Nitrite.fr.pdf)
- [70] ONEP, « Approche de la typologie des eaux usées urbaines au Maroc ». ONEP et GTZ. Rabat (1998)
- [71] norme FD T 90-112, Juillet 1998
- [72] <http://www.lenntech.fr/data-perio/cr.htm>
- [73] Manuel des travaux pratiques, rédigé par Dr E.LEBRES (unité microbiologie des eaux, boissons et des produits de la mer)
- [74] Maya, 1989. Curtis et al, 1992 ; Davies-Colley et al, 1997,2000) [Davies- Colley Robert J, Rupert J. Craggs, Alec Zwart, John W. Nagels (2003) : Modelling sunlight disinfection in a rate pond. Ecological Engineering 22 pp. 113-122]
- [75] [Davies-Colley R. J., A. M. Donnison, D. J. Speed, C. M. Ross and J. W.Nagels (1999). Inactivation of faecal indicator micro-organisms in wastestabilisation ponds; interactions of environmental factors with sunlight. Wat. Res vol.33 (5) pp.1220-1230]
- [76] (Jagger, 1985 ; Whitelam et al, 1986)[ Jagger J. (1958). Photoreactivation. Bacteriol. Rev. 22,]
- [77] (Davies et al, 1995 ; Sinton et al, 1994)[ Sinton W. L., Carolyn H. Hall. Phillippa A. Lynch, and Robert J. Davies- Colley (): sunlight inactivation of fecal indicator bacteria and bacteriophages from waste stabilization pond effluent in fresh and saline waters. Revue science de l'eau du 3 Juillet 1992.Résultats de recherches scientifiques].
- [78] MEZRIQUI ? 1987°. Bonnefout et al..GALES (1994)

[79] Effect of gamma and UV-B/C radiation on plant cells. Kovács E<sup>1</sup>, Keresztes A. 2002;33(2):199-210 Central Food Research Institute, Department of Microbiology and Post-harvest Physiology, Budapest, Hungary. h9746kov@ella.hu

[80] MEMOIRE DE FIN D'ETUDE D'INGENIEUR DE GENIE RURAL Présenté par Yonzo Ndé Jean Mathieu, 35ème Promotion EIER, Juin 2006]

[81] (Jurdi et al 1990)

[82] [thiers.stephane.free.fr/repcours/CoursSolEPF2010.P1.pdf](http://thiers.stephane.free.fr/repcours/CoursSolEPF2010.P1.pdf)

## **Résumé :**

Le but de ce travail est l'étude physicochimique et bactériologique pour une amélioration de la qualité des effluents de la station d'épuration des eaux usées de CHLEF en utilisant l'énergie solaire (éclairage) comme source naturelle.

Dans ce contexte, notre étude a été polarisée sur l'analyse des paramètres physicochimiques, métaux lourds et microbiologiques.

La première étape est un prélèvement d'eau du bassin de sortie de la STEP de CHLEF pour une analyse physicochimique qui a révélé une non biodégradabilité.

La deuxième étape est l'étude de l'influence du rayonnement solaire sur les différents germes pathogènes.

Les résultats montre, une désinfection totale des différents contaminons microbiologiques entre autre Escherichia-coli.

**Mots clés :** Energie solaire, ultra-violet, éclairage solaire, Escherichia-coli, contamination pathogène, eaux usées,

## ملخص

الهدف من هذا العمل هو الدراسة الفيزيوكيميائية و البكتيريولوجية من اجل تحسين نوعية المياه المعالجة على مستوى محطة التطهير للمياه القذرة بالشلف, و ذلك باستعمال الطاقة الشمسية كمنبع طبيعي.

في هذا المساق, دراستنا تمحورت حول تحليل المعلمات الفيزيوكيميائية, المعادن الثقيلة و الميكروبيولوجية.

الخطوة الاولى: هي تحليل عينة نم ماء حوض التصفيق و التي اظهرت نتائجها انه ذو نوعية غير قابلة للتحلل.

الخطوة الثانية: هي دراسة تأثير اشعة الشمس على انواع الجراثيم المسببة للأمراض.

نتائج البحث اظهرت تطهير شامل للماء من جميع الميكروبات من بينها اشيريشيا كولي.

كلمات رئيسية: الطاقة الشمسية, أشعة فوق بنفسجية, الاضاءة الشمسية, اشيريشيا كولي, عدوى مسببة للأمراض, مياه مستعملة.

**Abstract:**

The object of this work is the study of chemical-physics and bacteriological for the improvement of the effluents quality of spent water in CHLEF using solar energy as a natural source.

In this context, our study has focused on chemical-physics, heavy metal and microbiological settings.

The first step is a prelevement of out coming water from STEP CHLEF dock for an analyse chemical-physics which discloses non biodegradation.

The second step is the study of the solar ray influence on the different pathogens germs or seed.

The results show, a total disinfection of different contaminous microbiological between that E-COLI.

Key-words: solar system, UV, E-COLI, pathogene contamination, spent water.

DATE	ENTREE STEP							SORTIE STEP						
	VOLUME	MES	DBO5	DCO	N-NH3	T	PH	MES	DBO5	DCO	N-NH3	N-NO3	T	PH
	m3	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	C°		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	C°	
1	6515													
2	8342	712	506	1021	61,70	16,90	7,67	7,00	2,40	32,00	0,10	11,40	14,00	7,20
3	4673	466		284	17,60	14,60	7,44	13,00		19,00	1,70	7,30	14,30	7,28
4	5657	321	292	565	53,00	16,30	7,60	6,00	3,20	23,00	0,90	11,20	14,70	7,23
5	6381	249		530	41,00	16,00	7,79	11,00		30,00	0,40	11,90	14,60	7,51
6	5136	291	296	548	55,30	15,70	7,41	16,00	1,90	32,00	0,80	13,20	14,30	7,09
7	6845													
8	7304													
9	6845	369	322	585	53,60	16,30	7,39	16,00	1,80	25,00	1,40	9,70	14,50	7,07
10	5926	323		560	62,40	16,60	7,50	10,00		22,00	0,90	3,60	15,60	7,11
11	4673	529	270	541	58,60	15,60	7,53	10,00	2,50	32,00	0,50	5,00	15,10	7,18
12	5660	696		835	64,70	16,30	7,35	3,00		36,00	4,90	4,00	15,10	7,11
13	6317	522	430	784	65,00	17,00	7,26	8,00	4,50	23,00	1,70	4,10	15,70	7,04
14	6320													
15	6121													
16	7107	523	390	785	55,60	16,60	7,41	9,00	3,10	35,00	0,60	4,40	15,60	7,05
17	4866	428		790	106,20	17,60	7,49	8,00		17,00	0,70	6,90	15,90	7,03
18	5134	689	532	1073	97,50	15,90	7,41	9,00	4,30	30,00	2,70	5,70	15,50	7,06
19	4868	465		812	70,60	16,10	7,45	8,00		41,00	0,60	5,80	15,40	7,17
20	8423	791	452	868	69,00	16,00	7,42	16,00	3,50	41,00	4,10	5,20	15,30	7,03
21	6582													
22	7831													
23	7307	347	316	626	44,60	16,30	7,43	10,00	5,20	31,00	1,50	5,20	15,60	7,14
24	7629	743		658	51,00	13,90	7,65	3,00		31,00	0,80	2,70	13,10	7,39
25	5462	695	378	841	45,50	14,70	7,40	14,00	7,90	39,00	0,30	4,70	13,00	7,28
26	6770	557		720	76,80	14,40	7,70	14,00		31,00	1,90	9,10	13,20	7,30
27	11122	443	418	735	63,00	15,20	7,40	17,00	4,70	24,00	0,60	7,00	13,70	7,02
28	6581													
29	7305													
30	8933	1054		873	31,50	15,30	7,51	4,00		36,00	0,90	6,70	14,60	7,06
31	8228	454		692	61,90	15,90	7,58	7,00		29,00	0,30	5,40	14,80	7,02

DATE	ENTREE STEP							SORTIE STEP						
	VOLUME	MES	DBO5	DCO	N-NH3	T	PH	MES	DBO5	DCO	N-NH3	N-NO3	T	PH
	m3	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	C°		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	C°	
1	2962	373		266	56,40	13,00	7,61	14,00	&	35	0,60	6,00	14,20	7,16
2	790													
3														
4	1579													
5	855													
6	460													
7	7569	626	310	612	34,00	13,50	7,15	7,00	5,90	37	2,90	9,00	11,70	7,13
8	5856	538	318	579	40,30	13,50	7,23	19,00	5,50	16	2,70	9,50	12,70	7,03
9	5988	534		688	57,90	14,30	7,28	12,00		22	0,40	13,00	13,50	7,03
10	3948	138		229	34,30	15,50	7,30	11,00	6,00	16	0,80	13,30	14,90	7,02
11	4475													
12	5463													
13	5723	413	414	644	69,30	16,20	7,46	11,00	7,30	19	0,40	12,40	13,60	7,01
14	5856	394		632	53,10	16,40	7,26	10,00		36	5,00	7,00	14,50	7,10
15	5791													
16	6713	508		517	72,30	14,00	7,42	7,00		20	1,00	7,80	14,30	7,12
17	6514	428	226	442	33,50	16,40	7,33	11,00	5,80	20	0,90	3,50	14,90	7,08
18	6448													
19	5661													
20	6647	770	130	310	14,90	14,80	7,39	5,00	6,00	21	0,20	3,00	14,40	7,07
21	9016	452		457	44,40	16,00	7,33	11,00		24	1,40	6,10	14,90	7,05
22	8029	723	196	508	37,00	16,80	7,20	16,00	4,00	31	2,10	5,80	15,60	7,07
23	5462	500		597	58,00	16,40	7,48	8,00		29	1,00	6,60	15,10	7,19
24	5726	796	326	690	55,50	16,80	7,58	6,00	3,70	33	0,70	7,20	16,00	7,17
25	5001													
26	6910													
27	6384	804		611	76,90	16,60	7,61	8,00		31	4,90	4,90	15,70	7,18
28	5 791	497		720	62,10	17,20	7,54	7,00		17	0,70	10,80	15,70	7,25



DATE	ENTREE STEP								SORTIE STEP					
	VOLUME	MES	DBO5	DCO	N-NH3	N-NO3	T	PH	MES	DBO5	DCO	N-NH3	T	PH
	m3	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	C°		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	C°	
1	9082	872	344	760	40,20	3,00	16,6	7,53	8	6,10	41	0,80	15,1	7,16
2	8557	2376		1001	19,00	0,20	13,9	7,65	12		16	0,30	14,0	7,21
3	5527	464	274	629	44,60	0,40	15,3	7,60	10	7,30	13	1,20	13,4	7,23
4	7833													
5	8227													
6	7878	477	386		66,60	1,00	16,7	7,62	14	5,30			13,8	7,08
7	7833	589			45,20	0,90	16,9	7,61	9			2,40	15,5	7,23
8	7438	568	330		39,00	0,90	17,6	7,66	9	6,70		0,40	16,6	7,29
9	7700	471			51,10	0,60	17,2	7,67	14			4,10	16,2	7,38
10	6974	521	420		60,60	0,90	17,1	7,70	13	7,70		4,10	16,5	7,40
11	8575													
12	6121													
13	8227	612	496	959	76,80	0,80	18,2	7,74	10	6,90	28	3,00	16,7	7,36
14	3754	777			60,90	0,40	18,5	7,05	8			2,10	18,1	7,00
15	7636	376	276	523	41,20	0,70	19,6	7,23	11	8,10	26	0,70	18,0	7,06
16	6911	337			55,60	0,60	18,6	7,56	8			1,30	17,8	7,31
17	5790	602	416	904	72,00	0,30	18,1	7,59	19	3,10	39	0,60	17,1	7,35
18	6317													
19	7435													
20	6911	542	452	829	54,90	0,50	17,9	7,53	5	5,90	43	1,80	16,5	7,29
21	6777	728			58,30	1,20	18,6	7,66	5			2,20	17,1	7,54
22	8876													
23	6516	1631		959	39,70		18,4	7,67	6		39	2,60	17,1	7,40
24	3224													
25	8291													
26	6844													
27	6253	777	390	822	61,50	1,00	18,2	7,26	6	4,80	36	4,20	17,1	7,13
28	6 779	519			67,90		18,50	6,87	19			1,70	17,90	7,50
29	8 028	860		697	46,20	0,40	19,50	7,17	11		50	5,90	18,70	6,76
30	6 647	534			75,50	0,50	19,20	7,31	9			1,90	18,10	7,05
31	6 252	348		541	46,70	1,60	19,50	7,41	3		32	1,10	18,40	7,21

DATE	ENTREE STEP								SORTIE STEP							
	VOLUME	MES	DBO5	DCO	N-NH3	N-NO3	T	PH	MES	DBO5	DCO	N-NH3	N-NO3	T	PH	
	m3	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	C°		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	C°		
1	6450															
2	6844															
3	7238	637	404	795	59,00	0,50	19,5	7,41	12	7,00	50	1,60	3,20	18,4	7,21	
4	6450	525			57,20	0,20	21,1	7,08	5			3,10	1,00	20,1	6,93	
5	5066	666	468	1020	77,00	0,60	20,9	7,15	6	6,50	58	2,30	0,80	20,7	7,04	
6	6778	348			71,20	0,60	21,0	7,10	6			10,10	1,10	20,4	6,94	
7	5988	443	310	678	79,00	0,40	21,5	7,70	3	7,30	45	4,60	1,10	20,5	7,44	
8	7041															
9	6976															
10	6910	805	602	1078	84,80	0,50	21,5	7,49	15	6,90	42	4,20	1,00	21,0	7,37	
11	6295	582			59,50	0,50	21,3	7,57	19			3,30	1,10	20,4	7,43	
12	8161	616	404	879	58,00	0,50	19,9	7,29	16	9,90	53	2,00	1,30	19,6	7,13	
13	6648	732			55,80	0,40	20,5	7,33	22			3,50	0,90	20,2	7,15	
14	6383	947	442	934		0,80	21,1	7,31	26	4,60	64		2,10	19,7	7,21	
15	6586															
16	6253															
17	7173	342	288	571		0,40	22,2	7,29	20	0,40	83		1,00	21,1	7,19	
18	6646	601			59,20	0,30	20,4	7,54	22			2,40	3,40	19,2	7,40	
19	8621	383	322	640		0,30	21,0	7,41	16	7,30	62		2,10	19,6	7,32	
20	8162	892			69,00	0,60	20,7	7,31	23			7,90	0,90	19,9	7,15	
21	8095	642	402	795		0,60	21,6	7,34	14	7,90	72		1,00	21,3	7,24	
22	6578															
23	8028															
24	7371	1603	640	2057		0,60	22,9	7,41	15	4,20	44		0,70	21,9	7,38	
25	12442	818			18,10	0,60	18,3	7,66	11			2,80	1,70	19,1	7,39	
26	8358	499	88	456		0,50	18,3	7,45	28	3,40	59		1,60	18,2	7,30	
27	7370	633			32,40	0,70	19,2	7,21	20			3,10	6,50	18,7	7,03	
28	6 316	468		662		0,30	20,10	7,24	13		54		9,30	19,70	7,08	
29	7 174															
30	10 200															

DATE	ENTREE STEP								SORTIE STEP							
	VOLUME	MES	DBO5	DCO	N-NH3	N-NO3	T	PH	MES	DBO5	DCO	N-NH3	N-NO3	T	PH	
	m3	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	C°		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	C°		
1	10531															
2	9477	255	190	453		0,40	21,2	7,17	18	0,60	55		5,80	21,0	7,02	
3	7174	242			26,60	0,40	18,3	7,21	16			2,60	3,60	18,5	7,01	
4	8853	783	234	548		0,60	19,5	7,32	18	8,60	19		4,60	18,5	7,04	
5	7010	473			71,50	0,20	21,3	7,39	17			1,70	7,50	19,7	7,13	
6	8216															
7	8215															
8	7577	346	260	535		0,50	22,6	7,28	18	8,30	47		5,40	21,0	7,06	
9	8355	341			61,50	0,50	22,5	7,45	4			1,70	4,30	21,2	7,20	
10	7933	353	370	629		0,80	22,1	7,48	19	7,30	32		3,50	21,0	7,28	
11	7199	252			46,80	0,30	23,2	7,48	17			0,60	4,10	21,9	7,38	
12	7199	387	356	689		0,70	23,2	7,48	10	5,40	43		3,60	21,9	7,38	
13	7732															
14	8464															
15	6466	301		643		0,70	23,2	7,63	16		50		3,90	22,2	7,38	
16	6199	375			57,70		23,2	7,47	14			0,50	3,20	22,9	7,29	
17	7064	468		877		0,70	22,2	7,30	12		72		2,50	21,8	7,08	
18	8932	551			45,30	0,40	21,4	7,11	14			4,10	1,30	20,8	6,99	
19	8933	373		631		0,50	21,7	7,16	19		55		1,80	21,1	7,00	
20	6130															
21	9999															
22	8598															
23	6665	311			43,00	0,40	21,7	7,16	20			1,20	10,80	20,6	7,02	
24	5864	730	202	472		0,40	22,3	7,17	11	5,30	34		9,30	20,6	7,00	
25	6531	316			61,90	0,40	23,1	7,20	18			6,50	11,70	21,9	7,01	
26	8999															
27	4999															
28	6 258															
29	6 864															
30	8 331	269			59,40	0,50	24,20	7,44	16			10,30	8,60	23,30	7,23	
31	6 265	393		609		0,50	24,30	7,42	11		50		5,00	23,30	7,24	

DATE	ENTREE STEP									SORTIE STEP					
	VOLUME m3	MES mg/l	DBO5 mg/l	DCO mg/l	N-NH3 mg/l	N-NO3 mg/l	P mg/l	T C°	PH	MES mg/l	DBO5 mg/l	DCO mg/l	N-NH3 mg/l	T C°	PH
1	6599	567			56,90	0,80		24,2	7,45	10			0,60	23,6	7,40
2	4473	409	292	492		0,30		23,1	7,59	8	5,50	47		23,3	7,39
3	6731														
4	5931														
5	6264	484	344	829		0,70		23,0	7,29	17	7,50	27		23,0	7,26
6	8930														
7	6398														
8	7999														
9	5332														
10	6729														
11	7464														
12	6370														
13	6265														
14	6064														
15	7333														
16	6132	236		540				24,0	7,27	17			6,50	22,7	7,20
17	6163														
18	6464														
19	5998														
20	6799									9		23	4,50	24,6	7,08
21	6131														
22	5000									9		53	0,50	24,1	7,11
23	6665									12		56	1,60	25,4	7,10
24	5799														
25	4998														
26	6265									15		44	12,70	24,5	7,17
27	6066									13		43	15,30	23,9	7,17
28	4 732									18		47	0,70	24,10	7,23
29	3 998									14		20	1,00	24,30	7,11
30	5 266									21		40	4,30	24,60	7,12

Tableau de mesure des paramètres physico-chimiques (Juin 2011)

DATE	ENTREE STEP							SORTIE STEP						
	VOLUME m3	MES mg/l	DBO5 mg/l	DCO mg/l	N-NO3 mg/l	T C°	PH	MES mg/l	DBO5 mg/l	DCO mg/l	N-NH3 mg/l	N-NO3 mg/l	T C°	PH
1	7066													
2	4800													
3	6400							13,00		46	1	7	25	7
4	5731	711	554	1043	0,80	24,8	7,30	13	4,80	41	0,60	8,00	24,4	7,18
5	6666													
6	6000													
7	6000	546	422	946	0,80	25,8	7,39	17	7,70	70		8,10	24,1	7,31
8	4396													
9	4733													
10	5134	311	298	599	0,60	26,3	7,45	11	10,20	57		7,70	24,7	7,32
11	6264	279			0,60	26,5	7,57	14			0,70	8,90	25,5	7,42
12	4932	701	490	1062	0,90	27,0	7,54	21	8,20	35		6,70	26,2	7,41
13	6532													
14	2399													
15	6464													
16	5997													
17	5531	456	408	796		25,7	7,33	15	7,50	51		4,80	25,6	7,50
18	4533	511			0,60	27,0	7,40	18			7,00	2,70	26,9	7,42
19	5998	416	396	771	0,60	26,6	7,31	11	8,70	62		2,90	26,0	7,44
20	7330	496			0,40	26,4	6,74	16			6,20	5,20	25,1	7,46
21	5732	562	506	1031	0,60	25,9	6,52	7	8,80	49	6,80	3,50	24,7	7,38
22	6398													
23	5532													
24	6265	287	290	627	0,50	26,1	7,10	8	15,20	51		1,80	25,3	7,18
25	5466	412			0,50	26,2	7,09	19			0,50	2,40	25,5	7,10
26	5332	431		841	0,40	26,4	7,05	20		59		3,90	25,6	7,17
27	5933	391			0,40	24,8	7,08	11			6,60	5,20	24,1	7,11
28	6 931	204		462	0,40	27,20	7,08	13		31		1,90	25,50	7,09
29	5 065													
30	5 999													
31	6 131	485		953	0,80	28,20	7,21	11		46		3,00	27,50	7,17

DATE	ENTREE STEP							SORTIE STEP					
	VOLUME	MES	DCO	N-NO3	P	T	PH	MES	DCO	N-NH3	N-NO3	T	PH
	m3	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	C°		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	C°	
1	6 726	309		0,50		26,7	7,06	17		0,50	4,50	25,5	7,04
2	8 003	328	604	0,50		26,1	7,27	13	56		2,50	25,6	7,27
3	6 161	444		0,6		26,2	7,51	11		0,7	2,2	25,4	7,44
4	6 514	362	715	0,50		26,6	7,50	20	54		2,40	25,8	7,49
5	6 869												
6	7 578												
7	6 231	450	804	0,60		27,9	7,49	12	28		3,40	26,2	6,99
8	7 434	175		0,40		27,0	7,38	15			3,40	26,8	7,49
9	6 372	450	863	0,50		27,8	7,52	7	61		1,80	26,1	7,49
10	6 939	261		0,40		27,6	7,09	13			0,70	27,0	7,12
11	6 940	532	975	0,50		27,9	7,14	11	42		0,50	26,1	7,24
12	7 035												
13	7 081												
14	8 569	380	754	0,40		27,5	7,08	11	48		0,90	26,3	7,20
15	6 748	427		0,50				10			0,80		
16	7 080	327	576	0,30		27,4	7,23	11	61		1,00	25,8	7,33
17	5 241	364		0,60		28,1	7,39	13			1,00	26,3	7,48
18	5 566	321	609	0,30		28,4	7,17	6	56		1,50	27,1	7,35
19	6 090												
20	5 734												
21	6 233	365	679	0,60		28,3	7,31	4	57		3,00	25,8	7,33
22	5 170	426		0,70		29,4	7,41	14			3,70	26,9	7,44
23	6 656	295	576			27,8	7,46	11				26,0	7,39
24	5 026	778				27,8	7,46	11				26,2	7,40
25	4 460	430	845			27,8	7,49	8	49			25,9	7,39
26	5 948												
27	5 451												
28	5 099	317	575			28,80	7,40	11	56			27,00	7,40
29	5 948	255				27,90	7,45	9				26,30	7,43
30	6 516												
31	5 452												

Tableau de mesure des paramètres physico-chimiques (Aout 2011)

DATE	ENTREE STEP					SORTIE STEP			
	VOLUME	MES	DCO	T	PH	MES	DCO	T	PH
	m3	mg/l	mg/l	C°		mg/l	mg/l	C°	
1	4 732								
2	4 544								
3	6 305								
4	7 570								
5	6 251	376		25,6	7,19	10		24,4	7,29
6	5 392	1227	1225	26,4	7,22	12	43	24,7	7,25
7	6 853	367		26,5	7,28	18		24,5	7,25
8	4 627	275	433	26,4	7,40	12	51	24,3	7,26
9	6 037								
10	5 938								
11	5 955	340	723	27,7	7,47	6	33	25,2	7,24
12	5 403								
13	5 563								
14	6 078								
15	4 903	280		26,9	7,42	8		25,3	7,32
16	5 842								
17	4 858								
18	6 445	259		26,8	7,42	10		26,1	7,29
19	5 579	264	493	25,4	7,60	6	33	24,5	7,43
20	5 953	234		24,4	7,48	2		24,0	7,39
21	5 915	289		25,8	7,48	3		24,0	7,33
22	4 668	233	493	25,6	7,46	15	37	24,1	7,23
23	4 831								
24	5 905								
25	6 028	258	514	24,9	7,35	8	62	23,7	7,17
26	6 330	243		25,1	7,14	8		23,5	7,16
27	5 667	292	648	25,4	7,41	8	40	23,5	7,11
28	5 638	292		25,10	7,35	6		23,70	7,20
29	6 094	296	581	24,60	7,10	4	46	23,10	7,19
30	5 368								

Tableau de mesure des paramètres physico-chimiques (Septembre 2011)

DATE	ENTREE STEP						SORTIE STEP				
	VOLUME m3	MES mg/l	DBO5 mg/l	DCO mg/l	T C°	PH	MES mg/l	DBO5 mg/l	DCO mg/l	T C°	PH
1	4 547										
2	5 704	347	284	633	24,8	7,48	17	8,20	50	23,2	7,21
3	6 750	199			24,9	7,35	10			23,1	7,16
4	6 553	348	246	665	24,6	7,61	10	0,20	73	23,6	7,38
5	6 097	317			24,0	7,58	12			22,8	7,22
6	5 110	284	230	452	23,7	7,61	12	6,00	43	22,4	7,22
7	6 007										
8	6 531										
9	7 027	329	196	497	22,5	7,59	17	5,50	53	21,5	7,35
10	2 610	252			24,0	7,60	10			21,6	7,45
11	5 433	434	338	735	23,4	7,21	11	5,70	55	21,6	7,29
12	6 901	340			23,5	7,51	12			22,2	7,48
13	7 486	225	194	412	23,8	7,44	25	6,40	43	22,3	7,31
14	6 014										
15	6 446										
16	4 907	461	318	708	23,7	7,34	16	7,00	37	21,3	7,04
17	5 420	238			22,1	7,18	17			22,4	7,05
18	5 238	187	136	355	22,7	7,50	13	4,40	70	20,2	7,27
19	6 487	448			22,7	7,63	22			19,9	7,40
20	5 912	294	196	532	22,4	7,75	14	6,00	52	20,0	7,46
21	7 663										
22	5 565										
23	7 062	679	488	890	22,7	7,74	19	7,20	46	21,2	7,37
24	7 196	346			23,1	7,52	18			21,5	7,22
25	6 788	376		637	22,9	7,49	14		56	21,3	7,21
26	5 673	206			21,4	7,43	18			20,6	7,17
27	4 717	223	172	356	23,0	7,58	17	5,60	46	20,9	7,36
28	6 431										
29	9 284										
30	6 581	389		308	20,9	7,31	5		42	20,3	7,22
31	6 847	372			21,3	7,42	14			20,50	7,22

Tableau de mesure des paramètres physico-chimiques (Octobre 2011)



DATE	ENTREE STEP						SORTIE STEP				
	VOLUME	MES	DBO5	DCO	T	PH	MES	DBO5	DCO	T	PH
	m3	mg/l	mg/l	mg/l	C°		mg/l	mg/l	mg/l	C°	
1	6 735										
2	6 877	393			21,9	7,44	14			20,0	7,18
3	6 771	140	130		20,9	7,36	14	6		20,2	7,07
4	6 023										
5	9 107										
6	6 485										
7	-										
8	6 122	302	84	246	18,6	7,36	20	2,50	42	16,5	7,20
9	5 050	305			19,6	7,61	11			17,0	7,07
10	5 375	682	184	434	18,6	7,46	29	5,90	37	17,3	7,25
11	5 804										
12	5 840										
13	6 127	164	86	187	20,6	7,35	11	3,60	40	18,0	7,18
14	5 181	265			18,2	7,59	24			18,2	7,39
15	5 254	169	112	225	19,4	7,68	25	12,00	62	18,2	7,47
16	6 797	406			19,0	7,77	21			18,2	7,38
17	8 530	285	260	505	18,8	7,50	12	4,70	29	18,0	7,38
18	6 398										
19	6 731										
20	6 463	305	148	480	18,8	7,59	19	3,70	43	17,8	7,23
21	6 129	749			19,0	7,39	23			18,0	7,18
22	11 197	2263	480	1354	17,5	7,35	18	5,60	32	17,6	7,13
23	6 000	287			18,9	7,41	11			16,8	7,26
24	6 332	261	132	327	17,6	7,43	21	4,50	35	15,9	7,18
25	6 866										
26	6 131										
27	4 732	220	140	411	18,6	7,71	10	5,00	33	17,2	7,12
28	6 598	230			17,8	7,51	19			16,80	7,20
29	6 531	327	270	522	18,7	7,60	18	5,20	42	17,50	7,19
30	8 864	853			17,9	7,45	12			17,6	7,23

Tableau de mesure des paramètres physico-chimiques (Novembre 2011)

DATE	ENTREE STEP						SORTIE STEP		
	VOLUME	MES	DBO5	DCO	T	PH	MES	T	PH
	m3	mg/l	mg/l	mg/l	C°		mg/l	C°	
1	8 511	191	134	257	17,5	7,45	19	17,1	7,13
2	6 373								
3	6 183								
4	7 171	241		330	17,2	7,65	16	16,0	7,21
5	4 035								
6	6 256	240	164	371	16,8	7,49	18	15,7	7,20
7	3 497								
8	6 734	256	190	388	16,2	7,64	22	14,6	7,23
9	3 729								
10	7 580								
11	6 239	254	232	440	18,1	7,47	11	16,1	7,14
12	6 203	449			17,5	7,44	13	15,9	7,22
13	6 280	300	174	460	17,5	7,59	22	15,8	7,19
14	5 383								
15	5 704	274	224	378	17,0	7,40	11	15,8	7,15
16	6 587								
17	5 814								
18	5 470	470	212	601	15,6	7,36	16	14,1	7,07
19	4 800								
20	5 563	359	218	452	14,8	7,51	8	14,1	7,21
21	5 381	228			16,1	7,46	13	14,4	7,16
22	5 217	225	170	385	16,2	7,43	18	13,5	7,19
23	5 291								
24	4 539								
25	5 616	480		612	17,3	7,54	15	15,1	7,18
26	5 095	447			15,3	7,47	4	14,6	7,14
27	8 479	520		483	15,3	7,29	14	14,3	7,00
28	8 294	1 435			15,1	7,47	20	13,40	7,17
29	9 411	806			14,6	7,46	13	13,90	7,26
30	4 672								
31	4 150								

Tableau de mesure des paramètres physico-chimiques (Décembre 2011)

DATE	ENTREE STEP						SORTIE STEP				
	VOLUME m3	MES mg/l	DBO5 mg/l	DCO mg/l	T C°	PH	MES mg/l	DBO5 mg/l	DCO mg/l	T C°	PH
1	5 050										
2	5 090	522	370	734	15,3	7,68	12	4,80	32	13,9	7,21
3	9 175	226	126	253	14,5	7,64	13	7	30	13,8	7,33
4	8 218	377			15,6	7,66	8			13,7	7,27
5	5 819	363	312	699	16,4	7,81	13	5,70	32	13,8	7,44
6	6 147										
7	6 775										
8	7 142	244	150	320	13,8	7,72	17	11,10	76	13,9	7,36
9	5 660	228			14,7	7,73	22			13,7	7,40
10	5 621	197	146	255	13,6	7,46	22	5,90	51	13,2	7,09
11	6 416	359			14,4	7,37	17			13,3	7,08
12	6 060	359	262	477	14,0	7,44	16	4,10	28	13,4	7,10
13	6 142										
14	8 113										
15	7 360	236	226	385	16,0	7,55	16	7,70	51	15,2	7,17
16	6 569	2412			13,8	7,83	8			14,0	7,48
17	12 297	296	98	182	13,1	7,37	16	6,70	58	13,5	7,03
18	8 304	564			14,9	7,28	12			13,9	7,07
19	7 177	347	272	485	15,3	7,42	11	6,70	59	14,3	7,11
20	7 065										
21	5 676										
22	7 459	348	274	516	14,9	7,47	11	7,00	48	14,0	7,22
23	7 655	484			14,6	7,51	17			13,0	7,22
24	7 063	254	114	332	13,8	7,56	19	8,70	51	14,1	7,19
25	5 744	278			15,4	7,55	17			13,6	7,14
26	5 241	224		366	12,9	7,50	21		42	12,9	7,18
27	5 358										
28	6 159										
29	6 587	860		869	14,5	7,46	27		50	14,0	7,17
30	7 590	680			15,7	7,46	13			13,8	7,13
31	8 868	636		425	14,7	7,45	30		47	13,7	7,14

Tableau de mesure des paramètres physico-chimiques (Janvier 2012)

DATE	ENTREE STEP								SORTIE STEP								
	VOLUME m3	MES mg/l	DBO5 mg/l	DCO mg/l	N-NH3 mg/l	NT mg/l	T C°	PH	MES mg/l	DBO5 mg/l	DCO mg/l	N-NH3 mg/l	NT mg/l	N-NO2 mg/l	N-NO3 mg/l	T C°	PH
1	6 914	401					12,7	7,56	21							13,7	7,14
2	7 089	268	114	229			12,2	7,44	22	1,7	44					11,8	7,15
3	16 283																
4	8 980																
5	9 385																
6	4 072																
7	6 047																
8	4 774	1513					12,8	7,64	46							10,7	7,19
9	6 462	644	120	315			12,9	7,73	31	4,0	34					11,8	7,18
10	4 855																
11	5 389																
12	5 715	556	272	571			12,6	7,83	28	2,0	46					11,4	7,34
13	6 506	1165					11,2	7,66	23							11,0	7,23
14	4 844	277	144	162			10,9	7,64	34	7,8	24					11,2	7,07
15	5 696	2440					10,8	7,58	37							10,2	7,13
16	6 436	188	136	191		37	9,9	7,53	34	4,7	50		38,00			9,6	7,25
17	4 178																
18	4 738																
19	5 028	232	108	169			12,0	7,64	28	5,3	35				32,30	11,5	7,27
20	4 486	795			36,00		13,2	7,62	34			0,60			33,50	11,9	7,31
21	4 564	194		248			13,3	7,62	20		19				50,10	12,5	7,31
22	3 722	2420			20,50		11,4	7,61	32			0,80			34,70	11,7	7,15
23	8 177	825	64	532			12,4	7,67	35	6,7	41				31,80	11,4	7,38
24	7 714																
25	6 956																
26	7 035	314		147			12,4	7,58	6		32				25,00	12,4	7,32
27	5 988	208			22,30		12,8	7,57	29			2,30			23,80	12,6	7,36
28	3 130	284					14,3	7,58	6						23,30	12,7	7,26
29	5 141	387			43,10	77	14,2	7,65	16			30,00	30,00		26,40	13,4	7,34

Tableau de mesure des paramètres physico-chimiques (Février 2012)



DATE	ENTREE STEP									SORTIE STEP							
	VOLUME m3	MES mg/l	DBO5 mg/l	DCO mg/l	N-NH3 mg/l	NT mg/l	N-NO3 mg/l	T C°	PH	MES mg/l	DBO5 mg/l	DCO mg/l	N-NH3 mg/l	NT mg/l	N-NO3 mg/l	T C°	PH
1	5801	6552	564	2713				14,4	7,41	15	4,3	29			23,9	13,1	7,28
2	7463																
3	8332																
4	6865																
5	6128	651			54,1			14,8	7,60	13			2,5		20,4	14,3	7,29
6	5797	366	236	443				15,0	7,51	10	6,1	28			18,7	14,9	7,29
7	5931	351			36,7		1,10	13,2	7,71	11			0,3		15,9	13,5	7,24
8	5666	215	90	249	24,1			13,2	8	10	8,8	69	0,3		17,2	13,5	7,24
9	6065																
10	7749																
11	6264	207	156	277				13,6	7,63	15	5,6	44			19,2	13,1	7,31
12	6599	290			52,6			15,5	7,54	15			1,9		21,8	13,4	7,30
13	6531	399	232	472				16,4	7,53	15	4,1	34			20,9	14,9	7,29
14	6315	705			8,4			12,1	8	18			1,2		19,1	13,2	7,34
15	6130	622		466		139		16,1	8	23		31		56	18,2	14,9	7,45
16	4266																
17	3498																
18	4597																
19	3865	1657			60,5			18,5	7,39	25			12,1		16,8	17,0	7,47
20	4466	650	414	742				17,5	7,46	15	10,5	47			23,3	16,3	7,12
21	4265	1390			60,0			17,2	7	15			1,7		34,5	15,8	7,00
22	800																
23	5332																
24	1933																
25	1066																
26	4973	496			46,9			18,9	7,24	29			3,9		25,6	13,2	7,30
27	2399	1085	368	935				19,2	7,14	10	8,6	36			22,4	16,8	7,00
28	5666	365			20,3	109		16,8	7,00	20			10,9	115,0	21,6	16,6	7,27
29	5265	428		575				18,4	7,34	15		28			18,8	17,6	7,27
30	5731																
31	5864																

DATE	ENTREE STEP							SORTIE STEP						
	VOLUME	MES	DBO5	DCO	N-NH3	T	PH	MES	DBO5	DCO	N-NH3	N-NO3	T	PH
	m3	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	C°		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	C°	
1	5 464	603			43,10	19,3	7,46	19			8,40	10,70	18,9	7,30
2	5 195	235	204	375		18,4	7,44	18	15,90	63		8,40	18,1	7,27
3	5 065	475			43,30	18,8	7,38	11			7,30	9,8	17,6	7,23
4	5 199	527	300	622		18,4	7,42	12	4,00	65		13,80	18,3	7,26
5	4 795	236	242	420		17,6	7,54	19	6,50	26		15,90	16,8	7,25
6	6 999													
7	6 264													
8	5 465	181			52,30	17,7	7,55	10			3,50	13,60	16,8	7,32
9	5 133	247		511		17,3	7,51	8		49		12,50	16,2	7,30
10	6 798	116	272		20,30	18,5	7,44	9	4,50		2,30	12,80	17,4	7,32
11	4 864	123	118	154		19,5	7,55	12	13,70	27		6,00	17,6	7,36
12	7 464	155	182	315		15,3	7,36	15	4,90	21		9,50	15,1	7,36
13	2 666													
14	2 466													
15														
16														
17														
18														
19	800													
20														
21	1 933													
22	3 265	813	438	1074	82,80	19,0	7,42	15	5,60	34	6,20	18,90	17,1	7,26
23	2 066	576	210	559		17,3	7,58	15	6,20	31		21,90	16,2	7,34
24	2 932	226			86,30	18,3	7,39	16			0,80	24,00	17,3	7,38
25	2 265	291	232	439		18,0	7,45	17	4,80	47		28,30	16,8	7,17
26	3 062	276		415		18,9	7,40	5		43		32,50	17,8	7,19
27	3 664													
28	3 265													
29	3 597	1 908			36,90	18,5	7,47	12			3,30	25,00	17,3	7,24
30	3 665													

DATE	ENTREE STEP							SORTIE STEP						
	VOLUME m3	MES mg/l	DBO5 mg/l	DCO mg/l	N-NH3 mg/l	T C°	PH	MES mg/l	DBO5 mg/l	DCO mg/l	N-NH3 mg/l	N-NO3 mg/l	T C°	PH
1	3 599													
2	4 065	923	467	903		19,9	7,49	12	3,9	60		22,40	17,4	7,25
3	3 999	565	390	705		19,4	7,46	12	3,9	48		21,5	18,3	7,24
4	3 666													
5	5 264													
6	5 865	560			26,80	18,8	7,30	18			1,20	15,40	18,5	7,22
7	5 062	702	262	578		20,1	7,51	15	4,1	54		4,00	18,5	7,27
8	4 996	533			59,90	20,5	7,48	14			1,20	6,30	19,0	7,29
9	4 330													
10	4 398													
11	3 866													
12	5 063													
13	3 264	581			57,20	23,5	7,35	28			5,40	8,90	21,8	7,32
14	5 198	732	500	1327	86,70	23,2	7,41	18	3,9	57	2,20	0,30	22,4	7,26
15	4 798	333			46,20	23,6	7,35	17			2,60	4,00	22,1	7,26
16	4 665	477	582	782		23,1	7,47	19	12,5	42		3,00	23,2	7,24
17	6 395	354	264	539		24,4	7,39	23	9,6	37		5,50	23,2	7,24
18	5 666													
19	4 197													
20	3 730	1383			73,70	21,4	7,56	19			0,40	6,70	19,7	7,33
21	4 065	937	520	1275		21,8	7,69	19	5,5	51		8,20	19,3	7,36
22	3 465	551			162,40	21,8	7,69	18			0,90	6,60	19,2	7,32
23	3 998	571	328	774		22,4	7,66	15	5,0	34		4,80	20,3	7,38
24	4 730	364	316	627		22,4	7,48	15	7,7	58		1,10	21,7	7,33
25	3 997													
26	4 066													
27	5 198	1044			49,20	24,2	7,42	12			0,10	1,60	21,8	7,28
28	6 930	503	388	678		22,6	7,42	18	8,00	47		1,20	22,10	7,29
29	6 863	549			39,20	23,6	7,40	14			0,40	2,10	22,3	7,31
30	6 533	622		843		24,4	7,40	18		38		1,20	22,9	7,30
31	6 064	362		513		23,6	7,44	15		84		1,30	22,9	7,41



ENTREE STEP								SORTIE STEP							
DATE	VOLUME	MES	DBO5	DCO	N-NH3	T	PH	MES	DBO5	DCO	N-NH3	NT	N-NO3	T	PH
	m3	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	C°		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	C°	
1	5 598														
2	5 464														
3	5 197	447			50,8	23,6	7,50	12			0,4		2,0	24,0	7,41
4	5 145	445	478	802		24,2	7,56	18	5,4	51			2,6	23,2	7,40
5	5 997	361			36,8	24,1	7,50	22			0,3		2,1	23,0	7,45
6	4 399	409	414	720		24,7	7,51	15	3,5	43			4,5	24,2	7,48
7	4 598	304	344	602	54,0	26,6	7,47	20	3,4	29	0,2		3,4	26,1	7,23
8	5 730														
9	5 731														
10	5 263	341				25,2	7,58	16					5,2	24,4	7,45
11	4 865	437		954	53,3	27,1	7,48	13		62	0,5		5,6	26,2	7,48
12	5 196	635				23,9	7,75	16				4	4,1	23,9	7,77
13	5 198	434	300	667	45,5	25,1	7,79	7	4,0	32	0,6		4,7	23,7	7,86
14	5 330	308	390	598	51,4	25,7	7,37	2	3,3	54	0,3		6,3	24,9	7,33
15	4 531														
16	4 664														
17	6 329	228	372	591	43,8	24,9	7,01	11	4,5	38	0,3		7,7	25,0	7,11
18	5 398	1031				25,1	7,10	11					4,2	25,4	7,25
19	5 999	263	394	523	40,3	24,5	7,30	13	4,5	37	0,4	4	2,1	24,2	7,24
20	6 130	249				24,9	7,28	14					1,5	24,9	7,26
21	6 530	381	386	718	65,4	26,2	7,17	15	4,0	65	0,8		1,8	26,5	7,22
22	5 996														
23	5 267														
24	5 332	526	394	753	45,6	25,6	7,39	28	3,9	63	0,6		3,8	25,3	7,30
25	6 266	338				26,4	7,25	25					2,7	25,8	7,23
26	6 063	450	348	691	39,9	25,3	7,28	13	3,3	52	0,4	6	3,1	25,2	7,27
27	6 334	434				25,5	7,32	10					2,6	24,9	7,23
28	5 065	383		774	57,5	25,4	7,30	28		73	0,6		2,4	25,6	7,24
29	6 130														
30	5 598														

DATE	ENTREE STEP								SORTIE STEP							
	VOLUME	MES	DBO5	DCO	N-NH3	NT	T	PH	MES	DBO5	DCO	N-NH3	NT	N-NO3	T	PH
	m3	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	C°		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	C°	
1	5 466	369	494	919	41,0		25,8	7,08	23	4,8	75	0,8		5,1	25,4	7,17
2	6 131	279					26,0	7,19	27					5,4	25,5	7,16
3	5 197	528	318	630	47,5	51	26,2	7,00	25	2,1	55	3,4	7	5,7	26,2	7,13
4	5 665	1078	428	1333	56,7		25,5	7,24	28	5,8	68	0,5		3,0	24,6	7,12
5	6 532															
6	5 464															
7	6 332															
8	7 597	415	490	681	58,0		26,1	7,20	20	5,6	52	1,2		1,9	25,2	7,05
9	8 132	385					25,6	7,49	21					2,4	25,0	7,28
10	6 065	233	216	441	38,0	52	25,8	7,25	28	5,3	54	0,8	7	2,4	25,2	7,25
11	7 197	593					26,4	7,24	17					1,4	26,2	7,14
12	7 398	328	350	556	45,4		25,4	7,19	21	8,0	64	2,9		2,3	24,7	7,05
13	7 131															
14	6 400															
15	6 331	370	424	637	53,8		25,8	7,26	16	22,7	60	2,4		1,5	25,1	7,08
16	6 865	807		1119			26,6	7,31	15		61			2,2	25,9	7,16
17	8 065	160	188	299	49,4	53	26,1	7,02	22	20,7	52	4,3	17	2,0	25,0	7,13
18	7 796	247					26,0	7,30	23					2,7	25,0	7,18
19	6 665	340	300	596	60,2		27,0	7,35	22	11,0	43	7,5		1,9	25,6	7,30
20	6 197															
21	6 531															
22	7 200	424	504	749	42,9		25,3	7,29	22	8,6	52	1,4		2,7	24,7	7,33
23	5 964	452					25,6	7,32	15					2,1	24,9	7,28
24	7 530	524	408	807	33,5	46	24,4	7,36	17	12,3	61	2,0	7	2,1	23,9	7,37
25	7 397	228					27,4	7,40	14					2,1	25,7	7,40
26	7 065	357		703	45,2	52	26,1	7,36	6		68	1,3	7	2,2	24,6	7,28
27	6 463															
28	6 731															
29	6 332	356		692	60,7		25,5	7,37	18		52	4,3		2,1	24,9	7,27
30	6 598	287					25,6	7,26	10					2,3	25,6	7,35
31	6 797	263		526	32,8		26,2	7,19	19		45	1,3		2,0	25,8	7,33

DATE	ENTREE STEP								SORTIE STEP							
	VOLUME	MES	DBO5	DCO	N-NH3	NT	T	PH	MES	DBO5	DCO	N-NH3	NT	N-NO3	T	PH
	m3	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	C°		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	C°	
1	6 398	1182					27,1	7,03	16					2,7	26,0	7,27
2	6 267	469	408	755	55,2	66	26,9	7,35	19	7,3	47	4,9	4	2,1	26,6	7,23
3	5 733															
4	6 731															
5	5 598	274	426	667	41,9		26,5	7,25	14	6,5	80	0,2		2,9	25,8	7,32
6	6 467	558					25,9	7,25	23					2,7	25,0	7,28
7	6 799	378	432	668	38,7		25,5	7,22	21	6,6	53	1,1		2,1	24,8	7,21
8	6 264	475					26,9	7,28	17					3,1	25,9	7,27
9	6 400	633	356	779	50,5	66	26,7	7,21	12	4,8	56	1,2	4	3,8	26,1	7,26
10	6 067															
11	6 532															
12	2 199	797	460	780	41,0		26,1	7,28	13	3,0	45	1,4		3,4	25,7	7,29
13	4 532															
14	5 333	533	526	930	63,3		26,1	7,37	19	4,8	53	1,7		3,3	24,6	7,24
15	6 200	290					26,4	7,25	17					2,3	24,8	7,30
16	9 499															
17	5 733															
18	9 265															
19	6 265															
20	6 998															
21	7 200	469	332	689	48,1	55	26,5	7,27	19	6,0	61	2,2	4	2,6	26,6	7,28
22	7 865	250					26,8	7,18	9					2,5	26,8	7,19
23	7 399	340	602	1205	51,5	51	27,2	7,34	16	8,6	50	3,4	5	2,5	26,9	7,25
24	6 997															
25	6 331															
26	8 531	1291	572	1225	35,2		25,4	7,23	13	6,8	49	1,3		2,7	24,8	7,25
27	7 663	810					26,7	7,39	13					2,3	25,0	7,37
28	7 932	503		876	78,2		26,7	7,31	9		62	2,5		1,7	25,6	7,34
29	7 866	196					27,3	7,44	17					1,3	26,1	7,29
30	7 800	814		1 160	64,6	70	26,7	7,38	19		65	3,7	15	1,6	25,7	7,31
31	8 664															

DATE	ENTREE STEP											SORTIE STEP										
	VOLUME m3	MES mg/l	DBO5 mg/l	DCO mg/l	N-NH3 mg/l	NT mg/l	N-NO2 mg/l	N-NO3 mg/l	P mg/l	T C°	PH	MES mg/l	DBO5 mg/l	DCO mg/l	N-NH3 mg/l	NT mg/l	N-NO2 mg/l	N-NO3 mg/l	P mg/l	T C°	PH	
1	7 665																					
2	7 530	814	488	1160	64,6	70				26,7	7,37	19	12,0	65	3,7	15		1,6		25,7	7,31	
3	6 930	458	470	778	40,2					25,1	7,49	22	3,5	52	0,6			2,1		24,2	7,31	
4	7 797	245								25,2	7,38	14						1,8		24,4	7,25	
5	7 132	451	482	750	40,8					24,6	7,45	21	4,0	61	0,5			3,4		23,4	7,31	
6	8 131	330								25,0	7,37	15						3,2		24,5	7,28	
7	7 398																					
8	7 998																					
9	7 799	243	348	562	67,3	74				26,0	7,62	26	3,1	57	3,1	13		3,2		24,5	7,32	
10	5 263	269	386	444	41,6					26,8	7,62	23	14,7	34	1,1			1,7		25,6	7,28	
11	4 063	281								26,1	7,44	45						3,0		25,4	7,29	
12	5 799																					
13	7 262																					
14	6 664																					
15	5 366																					
16	6 332	309	310	523	34,1					24,9	7,35	28	10,3	57	15,3			0,8		23,6	7,26	
17	4 932	338	532	611	48,0					24,9	7,35	17	1,3	56	0,3			4,0		23,5	7,26	
18	7 131	344								25,4	7,50	30						2,9		24,3	7,39	
19	8 796	235	502	670	45,6	84				26,3	7,46	21	2,0	17	0,7	11		9,8		24,8	7,39	
20	8 598	376								26,1	7,37	7						3,5		24,6	7,25	
21	8 733																					
22	5 932																					
23	4 998	482		746	35,8					25,8	7,46	20		65	0,9			2,2		24,8	7,33	
24	4 931	397		672	34,8					26,5	7,26	22		75	1,5			1,8		25,5	7,18	
25	8 798	484								26,2	7,37	13						3,2		25,3	7,24	
26	9 733	442		596	41,3	52				26,1	7,33	21		60	0,8	5		5,1		24,7	7,31	
27	6 064	271								25,7	7,49	21						1,8		24,3	7,21	
28	7 466																					
29	6 865																					
30	7 531	343		648	37,8					25,0	7,38	16		79	3,5			0,9		24,5	7,28	

Tableau de mesure des paramètres physico-chimiques (Septembre 2012)

DATE	ENTREE STEP											SORTIE STEP									
	VOLUME m3	MES mg/l	DBO5 mg/l	DCO mg/l	N-NH3 mg/l	NT mg/l	N-NO2 mg/l	N-NO3 mg/l	P mg/l	T C°	PH	MES mg/l	DBO5 mg/l	DCO mg/l	N-NH3 mg/l	NT mg/l	N-NO2 mg/l	N-NO3 mg/l	P mg/l	T C°	PH
1	6 864	258			35,1					23,3	7,45	21			2,6			3,1		23,0	7,33
2	7 065	245		491	51,2	59				24,7	7,48	7		41	1,6	4		4,2		23,4	7,40
3	7 198	409								24,2	7,49	21					5,5			22,9	7,44
4	6 264	378	332	622	53,6					24,7	7,51	6	4,1	43	0,3			5,8		23,4	7,41
5	6 731																				
6	6 532																				
7	5 998	277	332	449	51,5					25,1	7,51	21	8,5	62	1,0			5,3		24,5	7,33
8	5 797	929								25,8	7,43	29					6,1			24,6	7,35
9	5 666	320	406	525	49,7	64				25,2	7,61	27	7,3	27	1,0	8		2,3		23,9	7,40
10	6 264	287								24,4	7,62	29						2,2		23,2	7,47
11	5 866	174	248	325	50,0					24,3	7,51	26	5,3	45	1,5			4,5		22,9	7,42
12	6 664																				
13	5 397																				
14	6 464	336	284	499	56,3					23,1	7,52	25	2,1	36	1,2			5,3		21,7	7,39
15	6 066									21,8	7,39									21,4	7,45
16	5 332	1015		811	55,8	55				23,8	7,48	30		41	1,8	3		7,6		22,5	7,72
17	5 931	541								22,5	7,46	27						6,6		21,2	7,44
18	7 998	349	218	468	36,6					24,5	7,46	10	2,8	25	0,4			9,1		22,6	7,40
19	7 665																				
20	9 598																				
21	4 467	346	298	573	31,4					22,9	7,47	16	1,6	110	0,3			6,0		22,3	7,49
22	3 533	367								22,8	7,74	17						6,5		21,0	7,44
23	3 997	292	272	576	64,6	69				23,7	7,77	10	3,3	60	0,3	11		9,3		20,9	7,44
24	3 864	250								23,2	7,30	12						13,7		20,4	7,04
25	3 930																				
26	1 400																				
27	4 131																				
28	3 574	193	292	278	34,2					21,5	7,18	16	4,60	43	0,4			25,2		19,8	7,06
29	4 531	215								20,6	7,27	15						26,1		17,7	7,11
30	5 531	214		356	47,2	61				21,5	7,42	23		28	0,5	35		34,0		18,2	7,19
31	5 264																				

Tableau de mesure des paramètres physico-chimiques (Octobre 2012)

DATE	ENTREE STEP										SORTIE STEP										
	VOLUME m3	MES mg/l	DBO5 mg/l	DCO mg/l	N-NH3 mg/l	NT mg/l	N-NO2 mg/l	N-NO3 mg/l	P mg/l	T C°	PH	MES mg/l	DBO5 mg/l	DCO mg/l	N-NH3 mg/l	NT mg/l	N-NO2 mg/l	N-NO3 mg/l	P mg/l	T C°	PH
1	4 198																				
2	4 797																				
3	4 265																				
4	4 464																				
5	5 398	220	400	374	47,8				23,8	7,55	27	2,2	35	0,5			30,3		21,4	7,3	
6	6 066	380							22,4	7,57	24						31,6		21,5	7,4	
7	3 999	443	394	473	36,9	47			22,3	7,38	23	5,4	30	6,0	25		25,0		21,6	7,36	
8	4 330	316							22,6	7,59	22						21,5		21,3	7,39	
9	6 466																				
10	5 666																				
11	6 998	378	250	585	69,3				22,9	7,63	30	4,0	43	7,2			20,3		21,5	7,31	
12	4 399	177	90	228	26,2				20,8	7,47	30	5,9	47	0,8			11,3		19,6	7,40	
13	4 666	315							20,0	7,52	25						13,4		18,3	7,41	
14	3 866	508	160	346	31,9	43			19,9	7,47	29	4,1	52	0,4	20		17,3		18,3	7,41	
15	4 065																				
16	4 131																				
17	3 733																				
18	3 932																				
19	5 133	596	186	421	54,2				19,0	7,30	22	7,4	41	3,9			23,8		17,5	7,03	
20	5 264	908							19,0	7,27	29						24,3		17,9	7,05	
21	3 797	379	244	522	55,9	66			19,9	7,17	20	5,6	28	0,5	19		22,9		17,8	7,04	
22	3 265	268							19,4	7,28	18						25,0		17,8	7,22	
23	3 798																				
24	4 599																				
25	4 333	295	386	506	59,3				19,7	7,30	8	4,1	26	2,7			27,1		17,3	7,19	
26	3 865	271	200	573	56,4				19,2	7,23	12	6,1	55	1,4			28,1		17,2	7,10	
27	8 466	269							19,4	7,29	8						29,5		16,9	7,12	
28	1 466	895		924	42,1	70			17,8	7,22	8		45	2,1	34		28,4		17,1	7,04	
29	2 599																				
30	2 665																				

Tableau de mesure des paramètres physico-chimiques (Novembre 2012)



### *Recherche de Vibriion cholérique*

Les Vibrionaceae se présentent sous forme de Bacilles Gram Négatifs droits ou incurvés (BGN), très mobiles, possédant une oxydase, aéro-anaérobies facultatifs, fermentant le glucose sans production de gaz ni d'H<sub>2</sub>S. (hautement pathogènes ).

#### Jour 1 . Premier Enrichissement.

Le premier enrichissement s'effectue sur le milieu Eau Peptonée Alcaline 10 fois concentré réparti à raison de 50 ml par flacon auquel on ajoute aseptiquement 450 ml d'eau à analyser au moment du prélèvement.

Ce dernier sera par la suite incubé à 37°C pendant 18 à 24 heures, comme l'indique le schéma n°11.

#### Jour 2 . Deuxième enrichissement et Isolement.

Ce flacon fera l'objet :

- d'une part, d'un deuxième enrichissement sur milieu EPA en tubes à raison de 1 ml
- d'autre part, d'un isolement sur gélose GNAB 1.

L'incubation se fait donc à 37°C pendant 24 h.

#### Jour 3 . Lecture des boîtes et Identification.

- D'une part, le tube d'EPA fera l'objet d'un isolement sur GNAB 2,
- D'autre part, la boîte de gélose GNAB 1 subira une lecture en tenant compte du fait que les Vibrions se présentent le plus souvent sous forme de grosses colonies lisses et transparentes caractéristiques.

#### Identification morphologique et biochimique.

Cinq colonies caractéristiques et distinctes feront l'objet d'une identification morphologique et biochimique qui se déroulent comme suit :

- Etat frais (bacilles, mobilité ),
- Coloration de Gram (bacilles Gram négatifs ),
- Oxydase (+),
- Ensemencement d'un tube de KIA qui sera incubé à 37°C, 24 h ( Saccharose, Glucose, Gaz et H<sub>2</sub>S ),



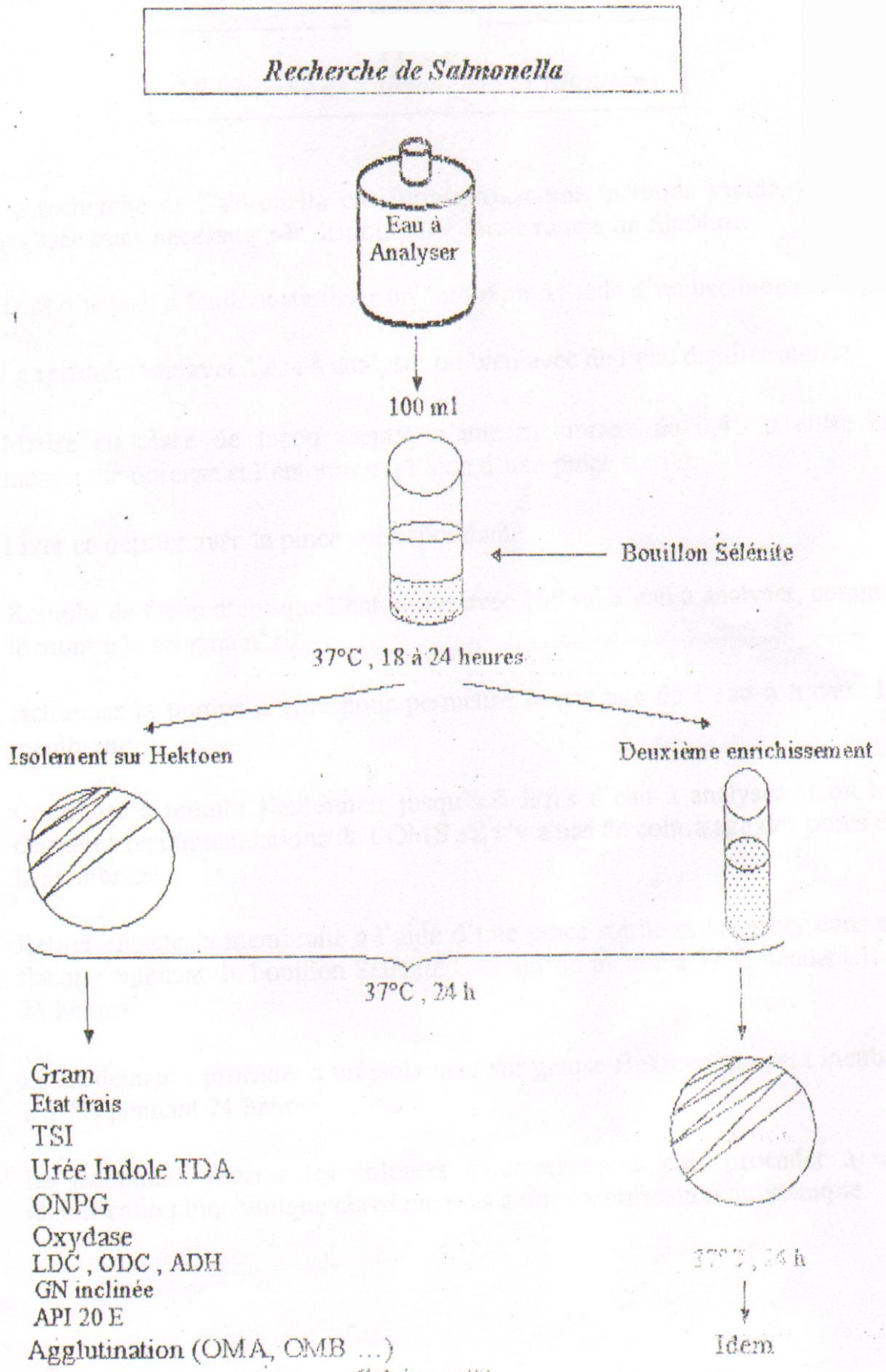


Schéma n°9

Identification Antigénique .

Cette dernière repose sur l'agglutination sur lame de verre, à partir des mêmes colonies isolées la veille sur GN inclinée en tubes, à l'aide des sérums de groupes d'abord OMA, OMB puis les autres après.

### *Recherche de Salmonella*

Les Salmonella sont des entérobactéries qui se présentent sous forme de Bacilles Gram Négatifs (BGN), ne fermentant pas le lactose, mais fermentant le glucose avec production de gaz et de  $H_2S$ ; elles se divisent en deux grands groupes : les mineures et les majeures (hautement pathogènes).

#### Jour 1 . Premier Enrichissement.

Le premier enrichissement s'effectue sur le milieu de Sélénite - Cystéiné D/C réparti à raison de 100 ml par flacon.

Ce dernier sera doncensemencé à l'aide de 100 ml d'eau à analyser, puis incubé à 37°C pendant 18 à 24 heures, comme l'indique le schéma n°9.

#### Jour 2 . Deuxième enrichissement et Isolement.

Ce flacon fera l'objet :

- d'une part, d'un deuxième enrichissement sur milieu Sélénite en tubes à raison de 0,1 ml
- d'autre part, d'un isolement sur gélose Hektoen.

L'incubation se fait donc à 37°C pendant 24 h.

#### Jour 3 . Lecture des boîtes et Identification.

- D'une part, le tube de Sélénite fera l'objet d'un isolement,
- D'autre part, la boîte de gélose Hektoen subira une lecture en tenant compte du fait que les Salmonella se présentent le plus souvent sous forme de colonies de couleur gris bleu à centre noir.

#### Identification morphologique et biochimique.

Cinq colonies caractéristiques et distinctes feront l'objet d'une identification morphologique et biochimique qui se déroulent comme suit :

- Etat frais ( bacilles , mobilité ) ,
- Coloration de Gram ( bacilles Gram négatifs ) ,
- Ensemencement d'un tube de Kligler ( TSI ) qui sera incubé à 37°C , 24 h ( Lactose, Saccharose, Glucose, Gaz et  $H_2S$  ),
- Ensemencement d'un tube de gélose nutritive inclinée qui sera incubé à 37°C, 24 h qui servira à l'agglutination sur lame,
- Ensemencement :
  - \* soit d'une galerie biochimique classique (ONPG, Oxydase, LDC, ODC, ADH, Témoin, Urée, Insole, TDA, VP, RM ... ),
  - \* ou d'une galerie biochimique API 20E.

**STREPTOMETRIE**  
*Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux en milieu liquide :  
 Test de Confirmation*

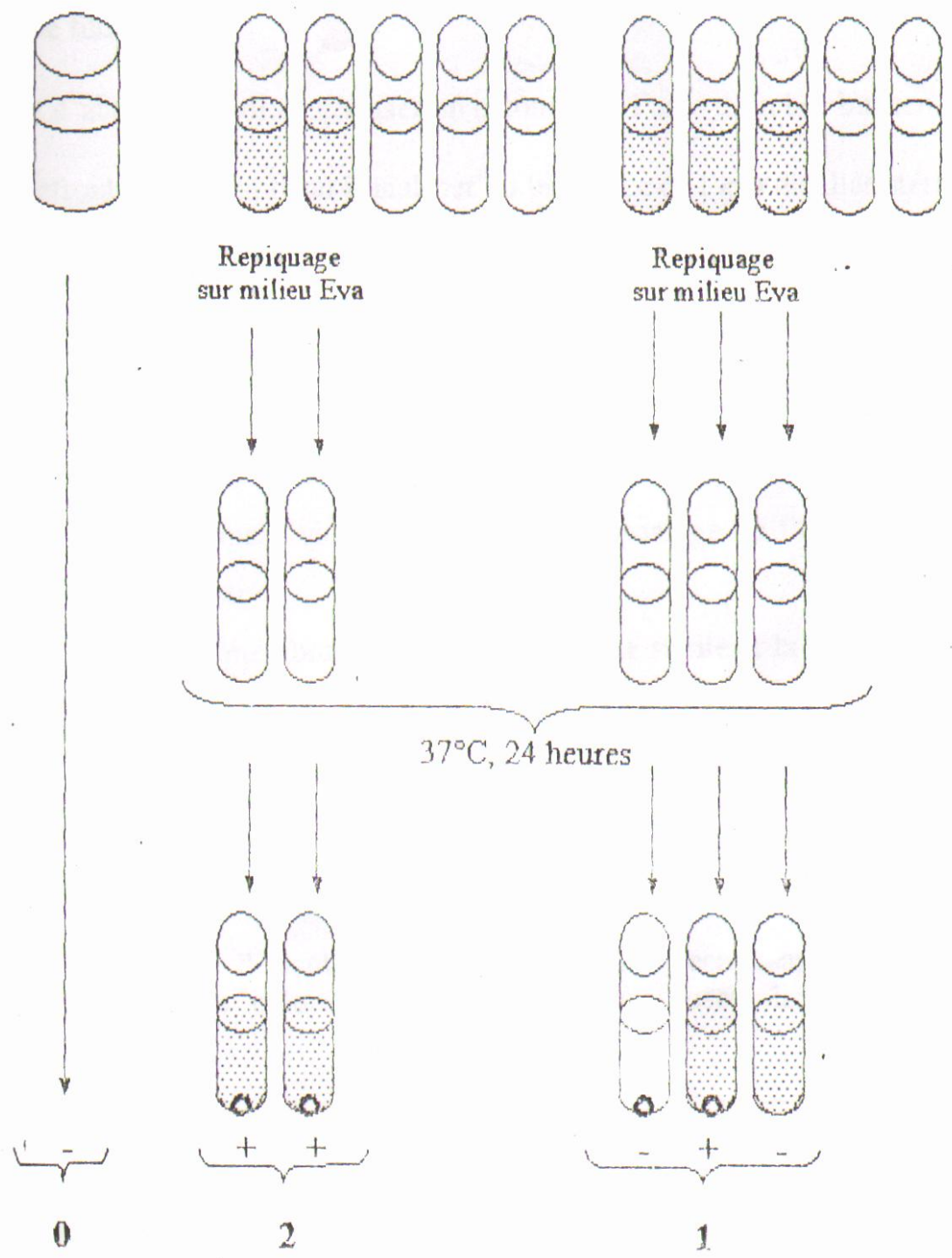


Schéma n°6

**STREPTOMETRIE**  
*Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux en milieu liquide :*  
*Test de Présomption*

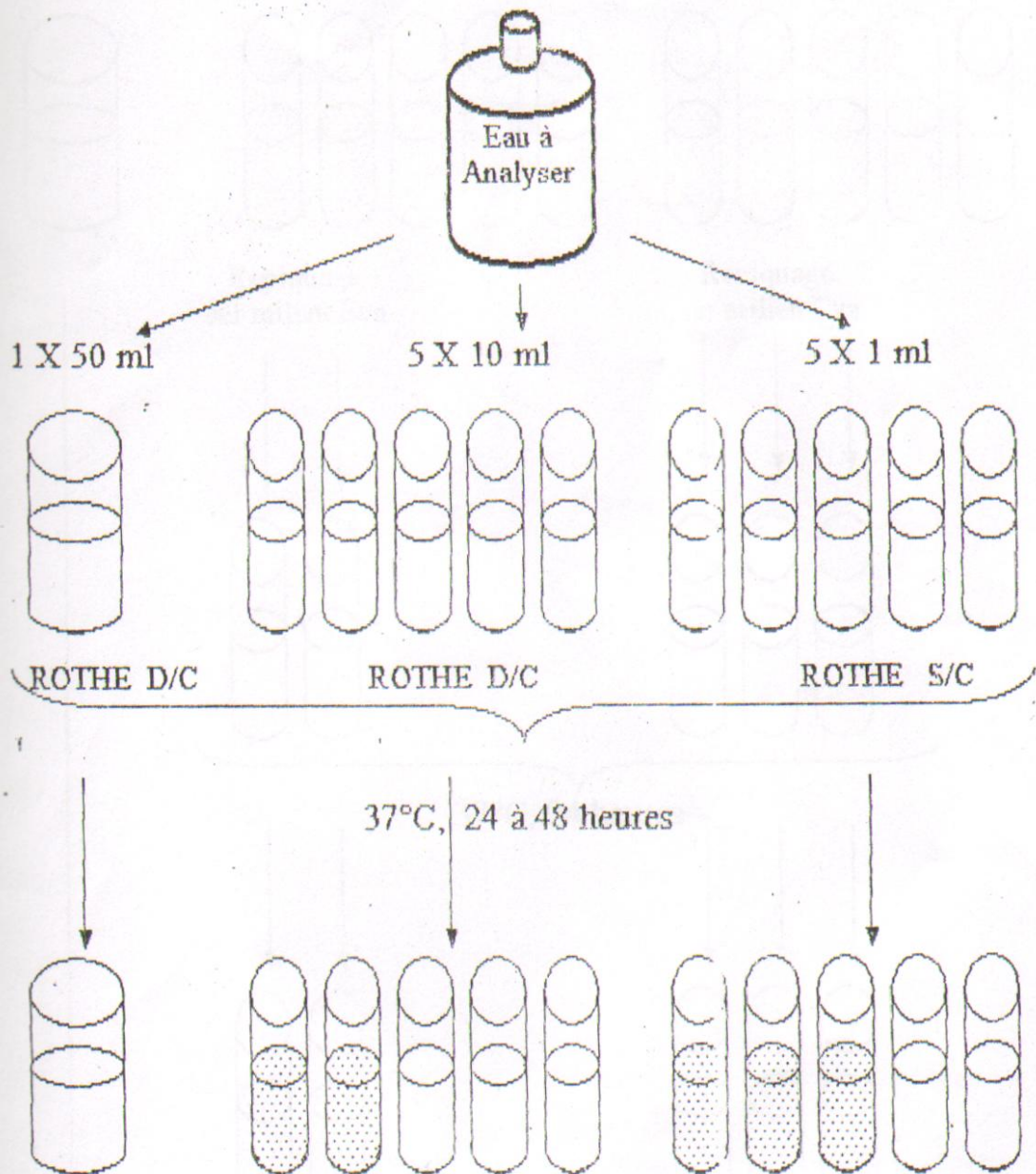


Schéma n°5.

La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table du NPP qui figure en annexe.

### Illustration

En reprenant l'exemple précédent relatif au test de présomption, cela suppose que nous avons 5 tubes à repiquer à savoir :

- 2 tubes sur 5 de ROTHE D/C, et
- 3 tubes sur 5 de ROTHE S/C.

Inoculum	Test de présomption	Test de confirmation		Nbre Caractéristique
		Trouble	Pastille violette	
1 X 50 ml	-			0
5 X 10 ml	+	+	+	2
	+	+	+	
	-			
	-			
5 X 1 ml	+	-	+	1
	+	+	+	
	+	+	-	
	-			
	-			

Tableau Récapitulatif

Le nombre caractéristique relatif au dénombrement des Streptocoques fécaux est donc « 021 », ce qui correspond sur la table du NPP au chiffre 3.

Le résultat final sera donc de :

3 Streptocoques fécaux dans 100 ml d'eau à analyser
---

Lecture :

Sont considérés comme positifs les tubes présentant un trouble microbien, seulement ces derniers :

- ne doivent en aucun cas faire l'objet de dénombrement
- doivent par contre, absolument faire l'objet d'un repiquage sur milieu LITSKY EVA dans le but d'être confirmés.

Illustration :

Inoculum	Test de présomption
1 X 50 ml	-
5 X 10 ml	+
	+
	-
	-
	-
5 X 1 ml	+
	+
	+
	-
	-

➤ **Test de confirmation.**

Le test de confirmation est basé sur la confirmation des Streptocoques fécaux éventuellement présents dans le test de présomption.

Les tubes de ROTHE trouvés positifs feront donc l'objet d'un repiquage à l'aide d'une ôse bouclée dans tube contenant le milieu LITSKY EVA, comme l'indique le schéma n°6.

Bien mélanger le milieu et l'inoculum.

Incubation :

- L'incubation se fait cette fois-ci à 37°C, pendant 24 heures.

Lecture :

Sont considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois :

- un trouble microbien, et
- une pastille violette (blanchâtre) au fond des tubes.

## STREPTOMETRIE

*Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux en milieux liquides*

Les Streptocoques fécaux ou Streptocoques du groupe D de la classification de Lancefield, se présentent sous forme de cocci à Gram +, sphériques à ovoïdes formant des chaînettes, ne possédant pas de catalase mais possédant l'antigène du groupe D.

Ils sont capables de se développer en 24 à 48 heures à 37°C sur un milieu sélectif à l'azoture de sodium en donnant des colonies caractéristiques réduisant le TTC et qui de plus hydrolysent l'esculine en 48 heures à 44°C après repiquage d'une colonie sur une gélose biliée à l'esculine.

Leur recherche et leur dénombrement peut se faire de la même manière que pour les coliformes, c'est à dire à l'aide de deux méthodes distinctes selon la disponibilité ou non d'une rampe de filtration et seuls les milieux de culture changent.

*✓ Méthode de recherche en milieu liquide*

Tout comme la méthode de recherche des coliformes en milieu liquide, celle de la recherche et le dénombrement des Streptocoques fécaux fait appel à deux tests consécutifs à savoir :

- > le test de présomption
- > le test de confirmation : réservé à la confirmation réelle des Streptocoques fécaux à partir des tubes positifs du test de présomption ..

*> Test de présomption.*

A partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement :

- 50 ml dans un flacon contenant 50 ml de milieu ROTHE D/C,
- 5 fois 10 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu ROTHE D/C,
- 5 fois 1 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu ROTHE S/C, comme l'indique le schéma n° 5.

Bien mélanger le milieu et l'inoculum.

Incubation :

L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures .



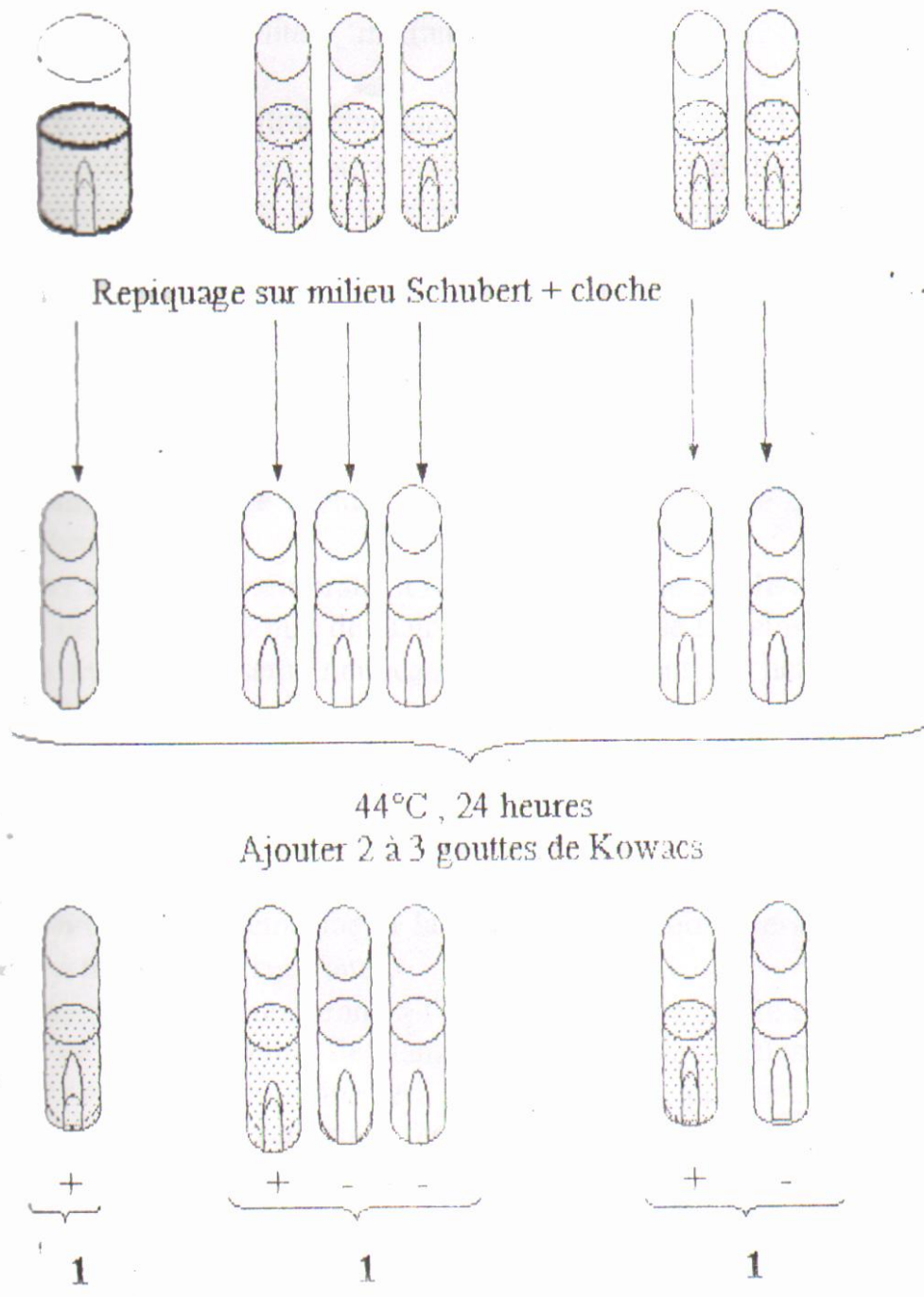


Schéma n°3

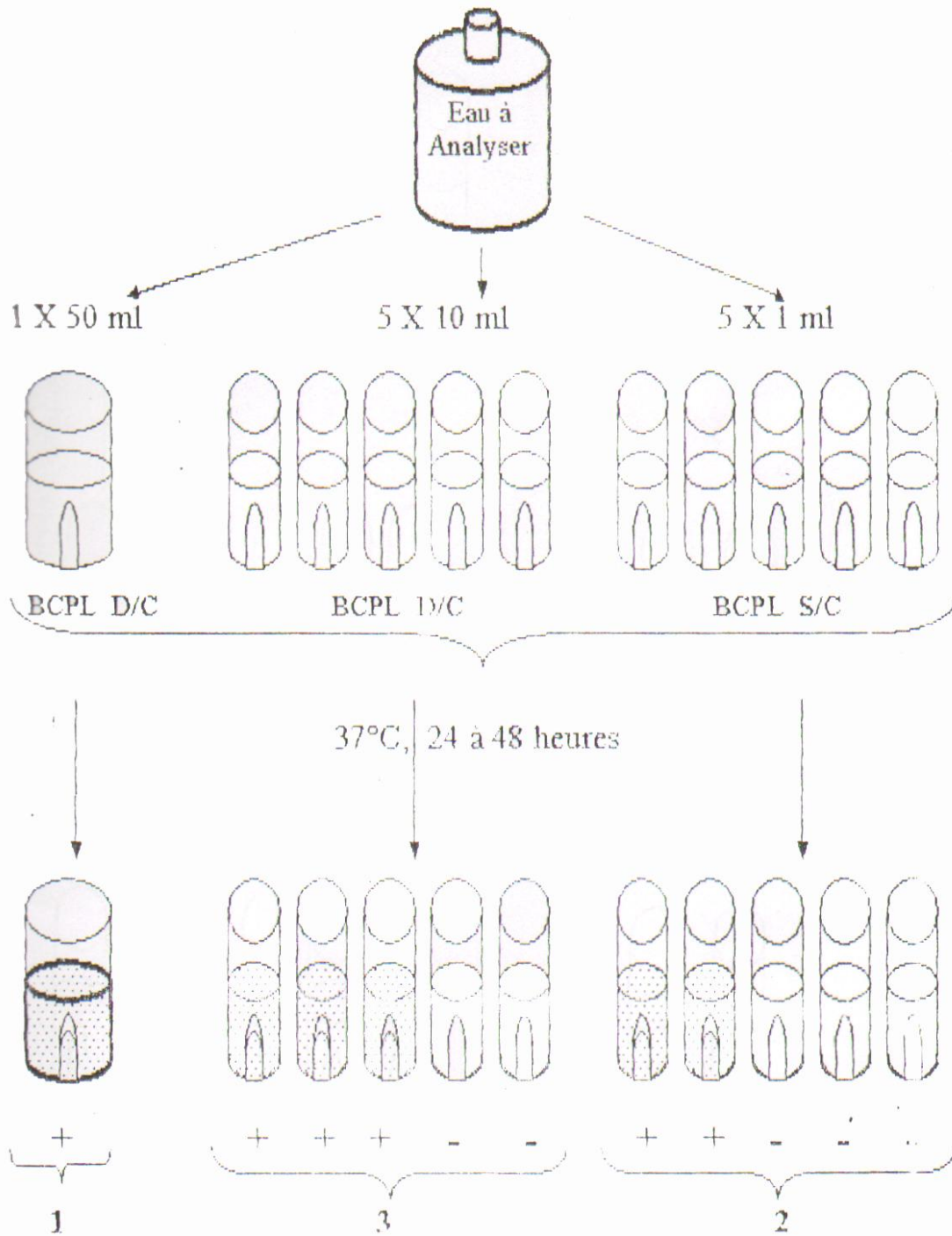


Schéma n°2

Le nombre caractéristique relatif au dénombrement des Coliformes fécaux est donc « 111 », ce qui correspond sur la table du NPP au chiffre 5.

Le résultat final sera donc de :

14 Coliformes totaux dans 100 ml d'eau à analyser 5 Coliformes fécaux dans 100 ml d'eau à analyser
---

Remarque :

Etant donné que les Coliformes fécaux font partie des Coliformes totaux , il est pratiquement impossible de trouver plus de Coliformes fécaux que de Coliformes totaux .

Les tubes de BCPL trouvés positifs lors du dénombrement des Coliformes totaux feront l'objet d'un repiquage à l'aide d'une ôse bouclée dans tube contenant le milieu Schubert muni d'une cloche de Durham, comme l'indique le schéma n°3.

Chasser le gaz présent éventuellement dans les Cloches de Durham et bien mélanger le milieu et l'inoculum.

#### Incubation :

L'incubation se fait cette fois-ci au bain marie à 44°C pendant 24 heures.

#### Lecture :

Sont considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois :

- un dégagement gazeux, et
- un anneau rouge en surface, témoin de la production d'indole par Escherichia Coli après adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif de Kowacs.

La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table du NPP en tenant compte du fait que Escherichia Coli est à la fois producteur de gaz et d'indole à 44°C.

#### Illustration

En reprenant l'exemple précédent relatif au dénombrement des Coliformes totaux, cela suppose que nous avons 6 tubes à repiquer à savoir :

- le flacon de BCPL D/C,
- 3 tubes sur 5 de BCPL D/C, et
- 2 tubes sur 5 de BCPL S/C.

Inoculum	Test de présomption	Nbre Caractéristique	Test de confirmation		Nbre Caractéristique
			Gaz	Indole	
1 X 50 ml	+	1	+	+	1
5 X 10 ml	+	3	+	-	1
	+		+	+	
	+		-	+	
	-		-	-	
5 X 1 ml	+	2	-	+	1
	+		+	+	
	-		-	-	
	-		-	-	

Tableau Récapitulatif

Lecture :

Sont considérés comme positifs les tubes présentant à la fois :

- un dégagement gazeux (supérieur au 1/10 de la hauteur de la cloche),
- un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune (ce qui constitue le témoin de la fermentation du lactose présent dans le milieu).

Ces deux caractères étant témoins de la fermentation du lactose dans les conditions opératoires décrites.

La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table du NPP qui figure en annexe.

Illustration :

Inoculum	Test de présomption	Nbre Caractéristique
1 X 50 ml	+	1
5 X 10 ml	+	3
	+	
	+	
	-	
	-	
5 X 1 ml	+	2
	+	
	-	
	-	
	-	

Le nombre caractéristique est donc « 132 » ; ce qui correspond sur la table de Mac Grady au nombre 14.

On considère alors qu'il y a 14 Coliformes par 100 ml d'eau à analyser.

➤ *Test de confirmation ou test de Mac Kenzie.*

Le test de confirmation ou test de Mac Kenzie est basé sur la recherche de Coliformes thermotolérants parmi lesquels on redoute surtout la présence d'*Escherichia coli*.

Les coliformes thermotolérants ont les mêmes propriétés de fermentation que les coliformes mais à 44°C.

*Escherichia coli* est un coliforme thermo tolérant qui entre autre :

- produit de l'indole à partir du tryptophane à 44°C,
- donne un résultat positif à l'essai au rouge de méthyl,
- ne produit pas de l'acétyl méthyl carbinol,
- n'utilise pas le citrate comme source unique de carbone.

**TP : 2. COLIMETRIE.*****Recherche et dénombrement des Coliformes en milieux liquides.***

Les coliformes se présentent sous forme de Bacilles Gram négatifs (BGN), non sporogènes, oxydase négative, aéro-anaérobies facultatifs, capables de croître en présence de sels biliaires et capables de fermenter le lactose avec production d'acides et de gaz, en 24 à 48 heures à 37°C.

Les coliformes sont considérés comme indices de contamination fécale.

La recherche et le dénombrement des coliformes peut se faire selon deux méthodes de choix :

- Soit en milieu liquide sur BCPL par la technique du NPP (Nombre le Plus Probable).
- Soit par filtration sur membrane à 0,45 $\mu$  en milieu solide en supposant la disponibilité d'une rampe de filtration.

✓ Technique en milieu liquide sur BCPL.

La technique en milieu liquide fait appel à deux tests consécutifs à savoir :

- le test de présomption : réservé à la recherche des Coliformes totaux.
- le test de confirmation : encore appelé test de Mac Kenzie et réservé à la Recherche des Coliformes fécaux à partir des tubes positifs du test de Présomption.

➤ Test de présomption.

A partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement :

- 50 ml dans un flacon contenant 50 ml de milieu BCPL D/C muni d'une cloche de Durham
- 5 fois 10 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL D/C muni d'une cloche de Durham
- 5 fois 1 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham, comme l'indique le schéma n° 2.

Chassez le gaz présent éventuellement dans les cloches de Durham et bien mélanger le milieu et l'inoculum.

Incubation :

L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures.

Après ce délai, repérer les colonies suspectes à savoir les colonies de taille moyenne, lisses, brillantes, pigmentées en jaune et pourvues d'une catalase et d'une coagulase.

#### Expression des résultats.

- Si à la dilution  $10^{-3}$ , le tube a noirci au bout de 24 heures d'incubation, et à l'isolement sur Chapman, il y a pas de colonies caractéristiques ; ce tube est considéré comme positif et le dénombrement correspond à l'inverse de la dilution en question à savoir 1000 *Staphylococcus aureus* par gramme de produit.
- Si par contre, il y a noircissement uniquement à la dilution  $10^{-1}$  et apparition de colonies caractéristiques sur milieu de Chapman correspondant, il faut tenir compte de la dilution en question et le nombre réel de *Staphylococcus aureus* correspond à l'inverse de la dilution soit 10 par gramme de produit.

Pour s'assurer qu'il s'agit bien de colonies de *Staphylococcus aureus*, effectuer sur 2 à 3 colonies de chaque boîte des tests biochimiques rapides à savoir :

- une épreuve à la catalase (à l'aide de l'eau oxygénée),
- une épreuve à la coagulase (à l'aide de plasma de lapin).

Quelques caractères biochimiques de différentes espèces de staphylocoques sont résumés dans le tableau ci - après.

Staphylocoque	Auréus	Intermédius	Saprophyticus	Epidermitis
Catalase	+	+	+	+
Coagulase	+	+	-	-
Mannitol en anaérobie	+	-	-	-
Résistance à la Novobiocine (5 Micro-gr)	S	S	K	S

- Ensemencement d'un tube de gélose nutritive inclinée qui sera incubé à 37°C, 24 h qui servira à l'agglutination sur lame,
- Si l'agglutination avec l'eau physiologique et au sérum polyvalent O1 est négative, faire une minigalerie basée sur l'étude des acides aminés en vue de différencier entre les Vibrions, les Pleins-emplois et les Aëromonas selon le tableau suivant :

	LDC	ODC	ADH
Vibrions	+	+	-
Aëromonas	-	-	+
Pleisiomonas	+	+	+

S'il s'agit du genre Vibron, répondre : Vibron NON Agglutinable (NAG).

- Si l'agglutination avec l'eau physiologique et au sérum polyvalent O1 est positive, il s'agit d'un vibron rough (auto-agglutinable).
- Si l'agglutination avec l'eau physiologique est négative et positive au sérum polyvalent O1, répondre : Vibron cholérique.



## Annexe 03 :

DATE	T_°C(1/10)	inso_1/10h	Hum_rel%
01/08/2012	334	93	44.8
02/08/2012	349	79	33.3
03/08/2012	336	88	36.6
04/08/2012	323	97	36.6
05/08/2012	316	77	33.5
06/08/2012	289	88	49.4
07/08/2012	328	59	41.6
08/08/2012	338	95	46.1
09/08/2012	371	94	28.6
10/08/2012	356	113	27.3
11/08/2012	346	111	29.9
12/08/2012	337	89	25.9
13/08/2012	314	99	17.9
14/08/2012	305	120	24.5
15/08/2012	305	109	32.1
16/08/2012	332	108	24.8
17/08/2012	374	70	17.9
18/08/2012	374	107	20.5
19/08/2012	322	106	48.6
20/08/2012	316	107	52.6
21/08/2012	313	113	55.3
22/08/2012	322	117	41.5
23/08/2012	317	112	40.8
24/08/2012	303	124	35.4
25/08/2012	296	125	28.8
26/08/2012	290	124	44.0
27/08/2012	303	118	47.1
28/08/2012	304	87	47.9
29/08/2012	301	115	45.0
30/08/2012	293	117	41.8
31/08/2012	272	99	49.9

Tableau 2 : Mesure de Température, durée d'insolation et humidité relative de mois d'Aout 2012

DATE	T_°C(1/10)	inso_1/10h	Hum_rel%
01/09/2012	242	93	53.0
02/09/2012	233	78	49.8
03/09/2012	228	109	46.0
04/09/2012	245	115	42.9
05/09/2012	274	67	44.1
06/09/2012	282	70	45.0
07/09/2012	294	71	42.4
08/09/2012	268	104	58.9
09/09/2012	256	99	65.1
10/09/2012	252	87	70.1
11/09/2012	258	97	70.0
12/09/2012	254	94	66.9
13/09/2012	243	102	64.1
14/09/2012	226	111	54.1
15/09/2012	240	114	42.9
16/09/2012	283	113	26.6
17/09/2012	271	111	33.6
18/09/2012	290	93	32.1
19/09/2012	275	3	50.6
20/09/2012	275	48	57.4
21/09/2012	338	83	25.1
22/09/2012	288	91	54.1
23/09/2012	310	85	38.6
24/09/2012	257	0	53.6
25/09/2012	253	86	55.5
26/09/2012	246	101	50.9
27/09/2012	256	59	60.4
28/09/2012	231	47	72.3
29/09/2012	210	86	62.4
30/09/2012	212	57	64.8

Tableau 1 : Mesure de Température, durée d'insolation et humidité relative de mois de Septembre 2012

## Annexe 03 :

DATE	T_°C(1/10)	inso_1/10h	Hum_rel%
01/10/2012	211	106	64.4
02/10/2012	223	107	53.0
03/10/2012	253	107	44.6
04/10/2012	286	80	34.4
05/10/2012	266	61	55.4
06/10/2012	253	78	66.0
07/10/2012	253	101	59.9
08/10/2012	255	107	47.3
09/10/2012	253	104	43.8
10/10/2012	247	57	43.8
11/10/2012	242	85	53.0
12/10/2012	231	41	58.0
13/10/2012	206	72	63.3
14/10/2012	195	62	61.3
15/10/2012	178	21	79.9
16/10/2012	173	73	76.6
17/10/2012	237	99	48.3
18/10/2012	269	32	40.0
19/10/2012	252	38	52.9
20/10/2012	187	30	86.6
21/10/2012	170	98	69.3
22/10/2012	174	100	72.4
23/10/2012	191	104	66.0
24/10/2012	205	85	60.1
25/10/2012	230	70	52.6
26/10/2012	208	87	69.9
27/10/2012	195	81	69.0
28/10/2012	148	78	64.8
29/10/2012	129	90	57.0
30/10/2012	183	53	70.6
31/10/2012	174	71	75.8

Tableau 3 : Mesure de Température, durée d'insolation et humidité relative de mois d'Octobre 2012

DATE	T_°C(1/10)	inso_1/10h	Hum_rel%
01/11/2012	182	38	75.9
02/11/2012	186	18	78.9
03/11/2012	217	87	67.9
04/11/2012	238	43	63.4
05/11/2012	210	15	79.9
06/11/2012	189	5	89.9
07/11/2012	196	79	77.9
08/11/2012	231	90	62.8
09/11/2012	236	69	53.5
10/11/2012	158	0	90.0
11/11/2012	137	17	86.0
12/11/2012	132	0	85.6
13/11/2012	168	37	71.0
14/11/2012	131	66	78.3
15/11/2012	163	45	84.9
16/11/2012	167	92	78.0
17/11/2012	163	36	76.9
18/11/2012	148	6	83.3
19/11/2012	146	54	86.0
20/11/2012	145	84	80.8

Tableau 4 : Mesure de Température, durée d'insolation et humidité relative de mois de Novembre 2012

## Annexe 03 :

ENTREE STEP									SORTIE STEP							ANALYSES	
DATE	INSOLATION	T	HUM RELATIVE	MES	DBO5	DCO	T(eau)	PH	MES	DBO5	DCO	N-NH3	NT	N-NO3	T(eau)	PH	E-COLI
	1/10h	°C/10	%	mg/l	mg/l	mg/l	C°		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	C°		ba/100ml
06-août	88	289	49	558			25,9	7,25	23					2,7	25,0	7,28	-
13	99	314	18														-
20	107	316	53														-
27	118	303	47	810			26,7	7,39	13					2,3	25,0	7,37	-
02-sept	78	233	49,8	814	488	1160	64,6	26,7	7,37	19	12,0	65	3,7	1,6	25,7	7,31	-
9	99	256	65,1	243	348	562	67,3	26,0	7,62	26	3,1	57	3,1	3,2	24,5	7,32	-
16	113	283	26,6	309	310	523	34,1	24,9	7,35	28	10,3	57	15,3	0,8	23,6	7,26	-

Tableau 5 : Résultats d'analyse d'eau après la première période d'insolation.

ENTREE STEP										SORTIE STEP							ANALYSE
DATE	INSOLATION	T	HUM RELATIVE	MES	DBO5	DCO	N-NH3	T	PH	MES	DBO5	DCO	N-NH3	N-NO3	T	PH	E-COLI
	1/10h	C°	%	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	C°		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	C°		ba/100ml
23-sept	85	310	38,6	482		746	35,8	25,8	7,46	20		65	0,9	2,2	24,8	7,33	-
28	47	231	72,3														-
02-oct	107	223	53	245		491	51,2	24,7	7,48	7		41	1,6	4,2	23,4	7,40	-
7	101	253	59,9	277	332	449	51,5	25,1	7,51	21	8,5	62	1,0	5,3	24,5	7,33	-

Tableau 6 : Résultats d'analyse d'eau après la deuxième période d'insolation.

## Annexe 03 :

ENTREE STEP										SORTIE STEP							ANALYSE
DATE	INSOLATION	T	HUM RELATIVE	MES	DBO5	DCO	N-NH3	T(eau)	PH	MES	DBO5	DCO	N-NH3	N-NO3	T(eau)	PH	E-COLI
	1/10h	C°1/10	%	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	C°		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	C°		ba/100ml
10	57	247	43,8	287				24,4	7,62	29				2,2	23,2	7,47	-
13	72	206	63,3														-
16	73	173	76,6	1015		811	55,8	23,8	7,48	30		41	1,8	7,6	22,5	7,72	15,00

Tableau 7 : Résultats d'analyse d'eau après la troisième période d'insolation.

ENTREE STEP										SORTIE STEP							ANALYSE
DATE	INSOLATION	T	HUM RELATIVE	MES	DBO5	DCO	N-NH3	T(eau)	PH	MES	DBO5	DCO	N-NH3	N-NO3	T(eau)	PH	E-COLI
	1/10h	C°1/10	%	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	C°		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	C°		ba/100ml
17-oct	99	237	48,3	541				22,5	7,46	27				6,6	21,2	7,44	10,00
18	32	269	40	349	218	468	36,6	24,5	7,46	10	2,8	25	0,4	9,1	22,6	7,40	14,00
19	38	252	52,9														7,00
20	30	187	86,6														10,00
21	98	170	69,3	346	298	573	31,4	22,9	7,47	16	1,6	110	0,3	6,0	22,3	7,49	14,00
22	100	174	72,4	367				22,8	7,74	17				6,5	21,0	7,44	7,00
23	104	191	66	292	272	576	64,6	23,7	7,77	10	3,3	60	0,3	9,3	20,9	7,44	11,00
24	85	205	60,1	250				23,2	7,30	12				13,7	20,4	7,04	15,00
25	70	230	52,6														4,00
26	87	208	69,9														10,00
27	81	195	69														53,00
28	78	148	64,8	193	292	278	34,2	21,5	7,18	16	4,60	43	0,4	25,2	19,8	7,06	-
29	90	129	57,1	215				20,6	7,27	15				26,1	17,7	7,11	2,00
30	53	183	70,6	214		356	47,2	21,5	7,42	23		28	0,5	34,0	18,2	7,19	13,00
05-nov	15	210	80	220	400	374	47,8	23,8	7,55	27	2,20	35	0,5	30,3	21,4	7,30	92,00

Tableau 8 : Résultats d'analyse d'eau après la quatrième période d'insolation.

Table NPP

1 X 50 ml	5 X 10 ml	5 X 1 ml	Nombre caractéristique	Limites de confiance	
				Inférieure	Supérieure
0	0	0	<1		
0	0	1	1	≤0,5	4
0	0	2	2	≤0,5	6
0	1	0	1	≤0,5	4
0	1	1	2	≤0,5	6
0	1	2	3	≤0,5	8
0	2	0	2	≤0,5	6
0	2	1	3	≤0,5	8
0	2	2	4	≤0,5	11
0	3	0	3	≤0,5	8
0	3	1	5	≤0,5	13
0	4	0	5	≤0,5	13
1	0	0	1	≤0,5	4
1	0	1	3	≤0,5	8
1	0	2	4	≤0,5	11
1	0	3	6	≤0,5	15
1	1	0	3	≤0,5	8
1	1	1	5	≤0,5	13
1	1	2	7	1	17
1	1	3	9	2	21
1	2	0	5	≤0,5	13
1	2	1	7	1	17
1	2	2	10	3	23
1	2	3	12	3	28
1	3	0	8	2	19
1	3	1	11	3	26
1	3	2	14	4	34
1	3	3	18	5	53
1	3	4	21	6	66
1	4	0	11	4	31
1	4	1	17	5	47
1	4	2	22	7	59
1	4	3	28	9	85
1	4	4	35	12	100
1	4	5	43	15	120
1	5	0	24	8	75
1	5	1	35	12	100
1	5	2	54	18	140
1	5	3	92	27	220
1	5	4	160	39	450
1	5	5	>240		



Figure 8 : Repiquage des tubes positif du BCPL dans les tubes de Schubert.



Figure 9 : l'apparition du gaz dans la cloche de Durham

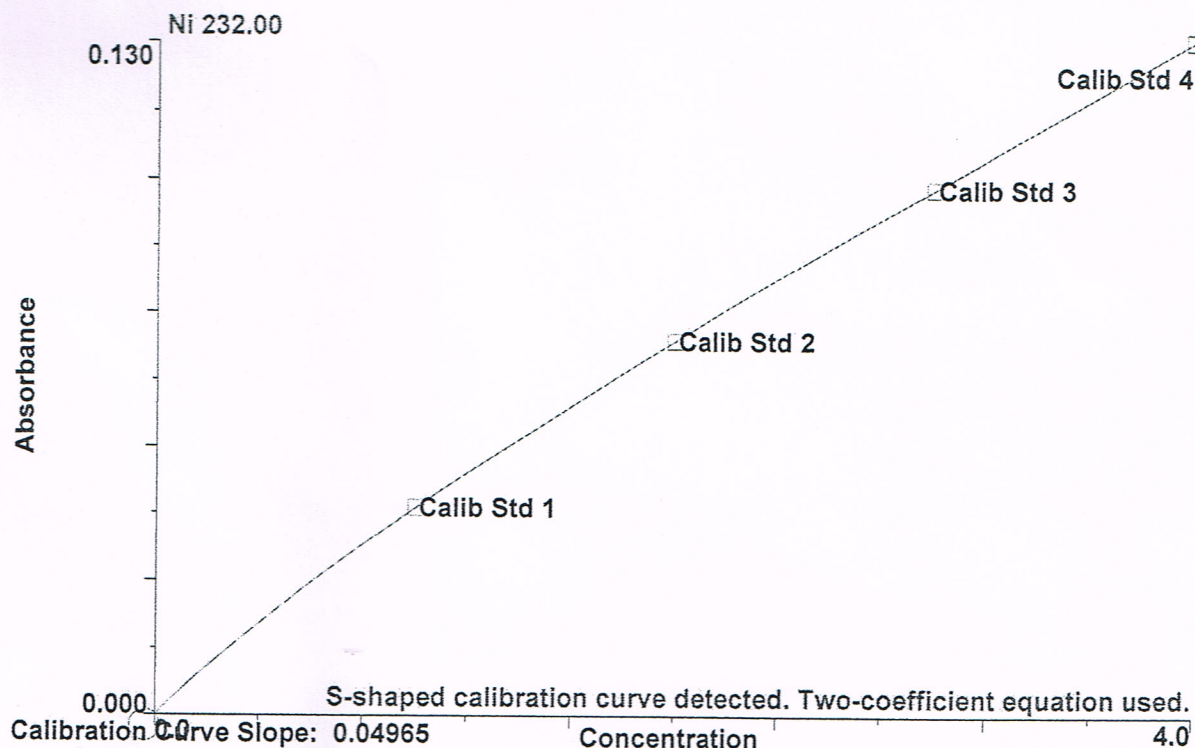


**Figure 10 : Trouble microbien dans les tubes de Schubert.**





Result:



Calibration Curve Slope: 0.04965  
 Calibration Curve Intercept: 0.00000  
 Calibration Curve Correlation Coefficient: 1.000000  
 Calibration Curve Type: Nonlinear Through Zero  
 Current Sample Concentration: -0.041 mg/L

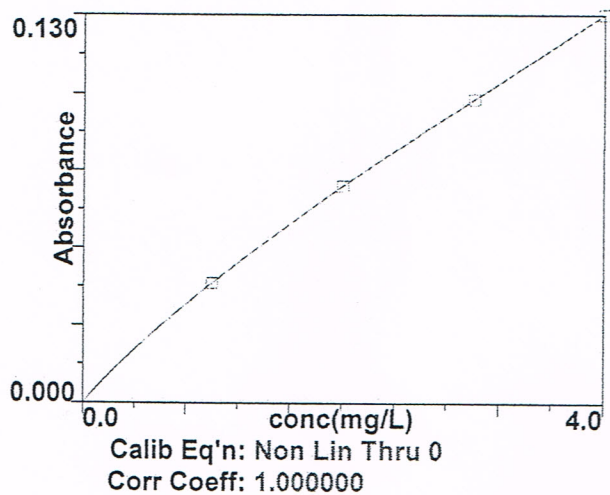
Std #	Standard ID	Entered Conc.	Calculated Conc.	Action
Blank	blanc	0	0.000	Include
1	Calib Std 1	1.0	1.000	Include
2	Calib Std 2	2.0	2.000	Include
3	Calib Std 3	3.0	3.000	Include
4	Calib Std 4	4.0	4.000	Include

22/02/2011 10:15:15

Method: Methode Nickel flamme

Result:

Ni 232.00



Sequence No.: 9  
Sample ID: 153  
Analyst:

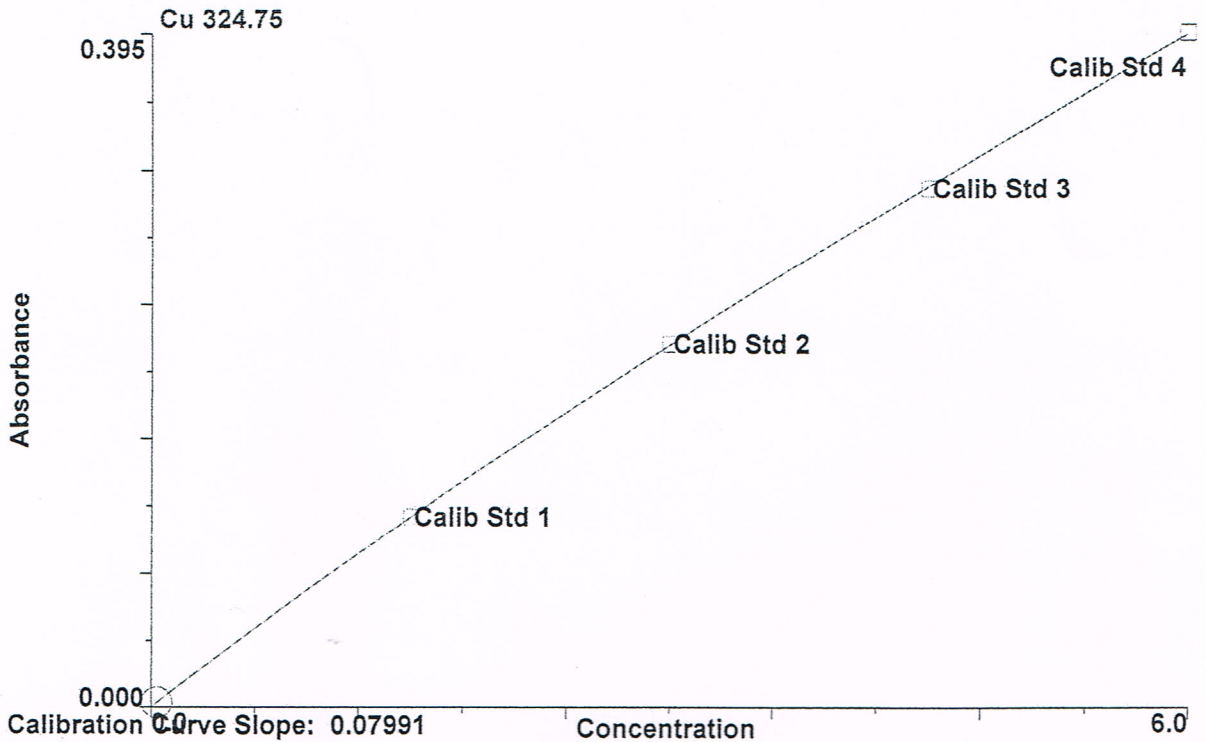
Autosampler Location:  
Date Collected: 22/02/2011 10:16:53  
Data Type: Original

-----  
Replicate Data: 153

Repl #	SampleConc mg/L	StdConc mg/L	BlkCorr Signal	Time	Signal Stored
1	-0.028	-0.028	-0.001	10:16:54	No
2	-0.026	-0.026	-0.001	10:16:58	No
3	-0.012	-0.012	-0.001	10:17:03	No
Mean:	-0.022	-0.022	-0.001		
SD:	0.009	0.009	0.0004		
%RSD:	39.81	39.81	40.04		

> 1 ng/L

Result:



Calibration Curve Slope: 0.07991  
 Calibration Curve Intercept: 0.00000  
 Calibration Curve Correlation Coefficient: 0.999967  
 Calibration Curve Type: Nonlinear Through Zero  
 Current Sample Concentration: 0.033 mg/L

Std #	Standard ID	Entered Conc.	Calculated Conc.	Action
Blank	blanc	0	0.000	Include
1	Calib Std 1	1.5	1.500	Include
2	Calib Std 2	3.0	3.009	Include
3	Calib Std 3	4.5	4.478	Include
4	Calib Std 4	6.0	6.014	Include

22/02/2011 09:31:02

Sequence No.: 7  
Sample ID: etaon  
Analyst:

Autosampler Location:  
Date Collected: 22/02/2011 09:27:13  
Data Type: Original

-----  
Replicate Data: etaon

Repl #	SampleConc mg/L	StdConc mg/L	BlkCorr Signal	Time	Signal Stored
1	4.029	4.029	0.278	09:27:14	No
2	4.054	4.054	0.279	09:27:19	No
3	4.058	4.058	0.279	09:27:23	No
Mean:	4.047	4.047	0.279		
SD:	0.016	0.016	0.0010		
%RSD:	0.387	0.387	0.34		

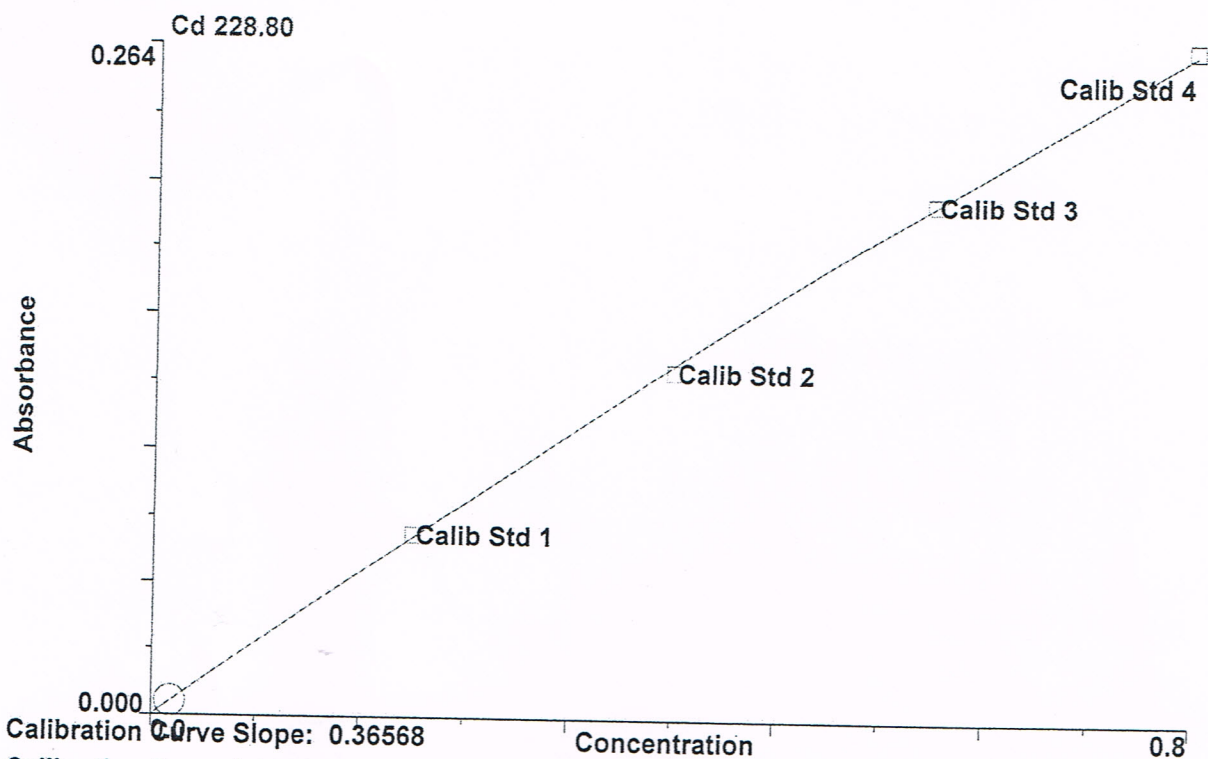
Sequence No.: 8  
Sample ID: 153  
Analyst:

Autosampler Location:  
Date Collected: 22/02/2011 09:28:49  
Data Type: Original

-----  
Replicate Data: 153

Repl #	SampleConc mg/L	StdConc mg/L	BlkCorr Signal	Time	Signal Stored
1	0.037	0.037	0.003	09:28:51	No
2	0.032	0.032	0.003	09:28:55	No
3	0.032	0.032	0.003	09:29:00	No
Mean:	0.033	0.033	0.003		
SD:	0.003	0.003	0.0002		
%RSD:	9.107	9.107	9.09		

Result:



Calibration Curve Slope: 0.36568  
 Calibration Curve Intercept: 0.00000  
 Calibration Curve Correlation Coefficient: 0.999711  
 Calibration Curve Type: Nonlinear Through Zero  
 Current Sample Concentration: 0.015 mg/L

Std #	Standard ID	Entered Conc.	Calculated Conc.	Action
Blank	blanc	0	0.000	Include
1	Calib Std 1	0.2	0.202	Include
2	Calib Std 2	0.4	0.391	Include
3	Calib Std 3	0.6	0.601	Include
4	Calib Std 4	0.8	0.806	Include
22/02/2011 09:38:10				

=====  
Analysis Begun

Logged In Analyst: ONA LABO

Technique: AA Flame

Spectrometer Model: AAnalyst 400, S/N 201S6090201 Autosampler Model:

Sample Information File: C:\data-AA\ONA LABO\Sample Information\chlef.sif

Batch ID:

Results Data Set:

Results Library:

=====  
Sequence No.: 6

Autosampler Location:

Sample ID: etaon

Date Collected: 22/02/2011 09:36:51

Analyst:

Data Type: Original

-----  
Replicate Data: etaon

Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	Blncorr Signal	Time	Signal Stored
1	0.432	0.432	0.150	09:36:53	No
2	0.425	0.425	0.148	09:36:57	No
3	0.432	0.432	0.150	09:37:02	No
Mean:	0.430	0.430	0.149		
SD:	0.004	0.004	0.0012		
%RSD:	0.884	0.884	0.83		

=====  
Sequence No.: 7

Autosampler Location:

Sample ID: 153

Date Collected: 22/02/2011 09:37:43

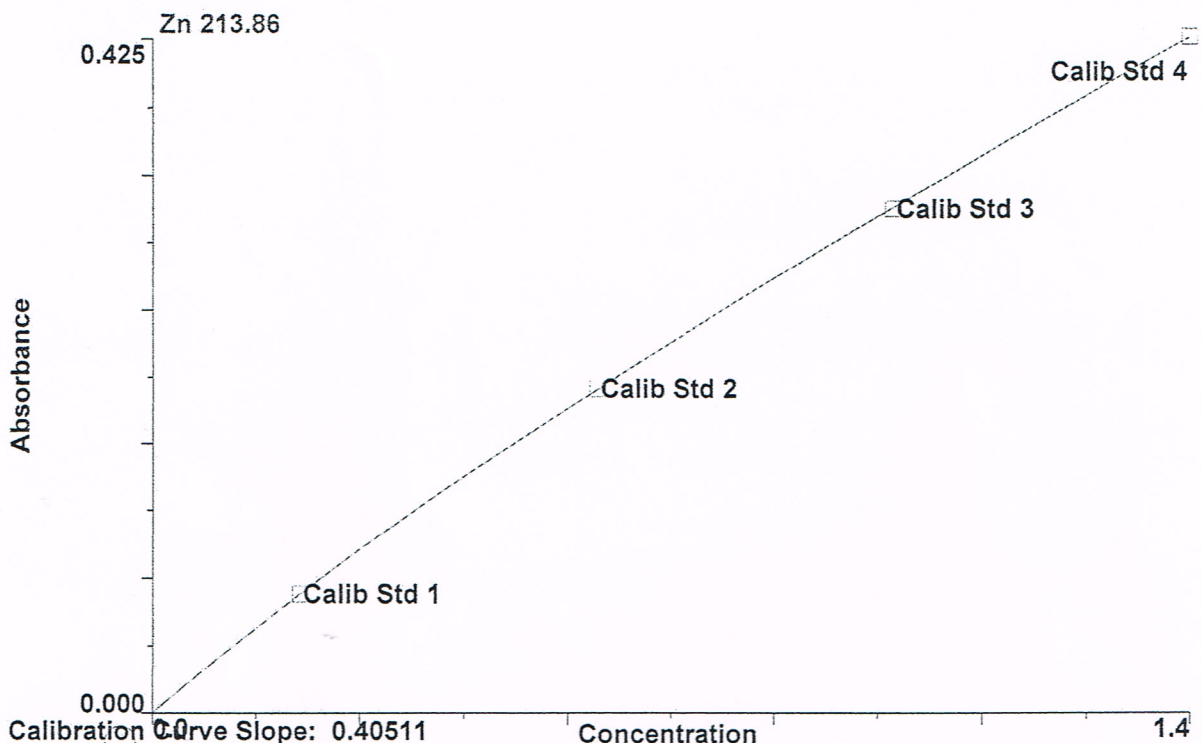
Analyst:

Data Type: Original

-----  
Replicate Data: 153

Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	Blncorr Signal	Time	Signal Stored
1	0.013	0.013	0.005	09:37:44	No
2	0.016	0.016	0.006	09:37:49	No
3	0.015	0.015	0.005	09:37:53	No
Mean:	0.015	0.015	0.005		
SD:	0.002	0.002	0.0006		
%RSD:	10.43	10.43	10.41		

Result:



Calibration Curve Slope: 0.40511  
 Calibration Curve Intercept: 0.00000  
 Calibration Curve Correlation Coefficient: 0.999993  
 Calibration Curve Type: Nonlinear Through Zero  
 Current Sample Concentration: -0.044 mg/L

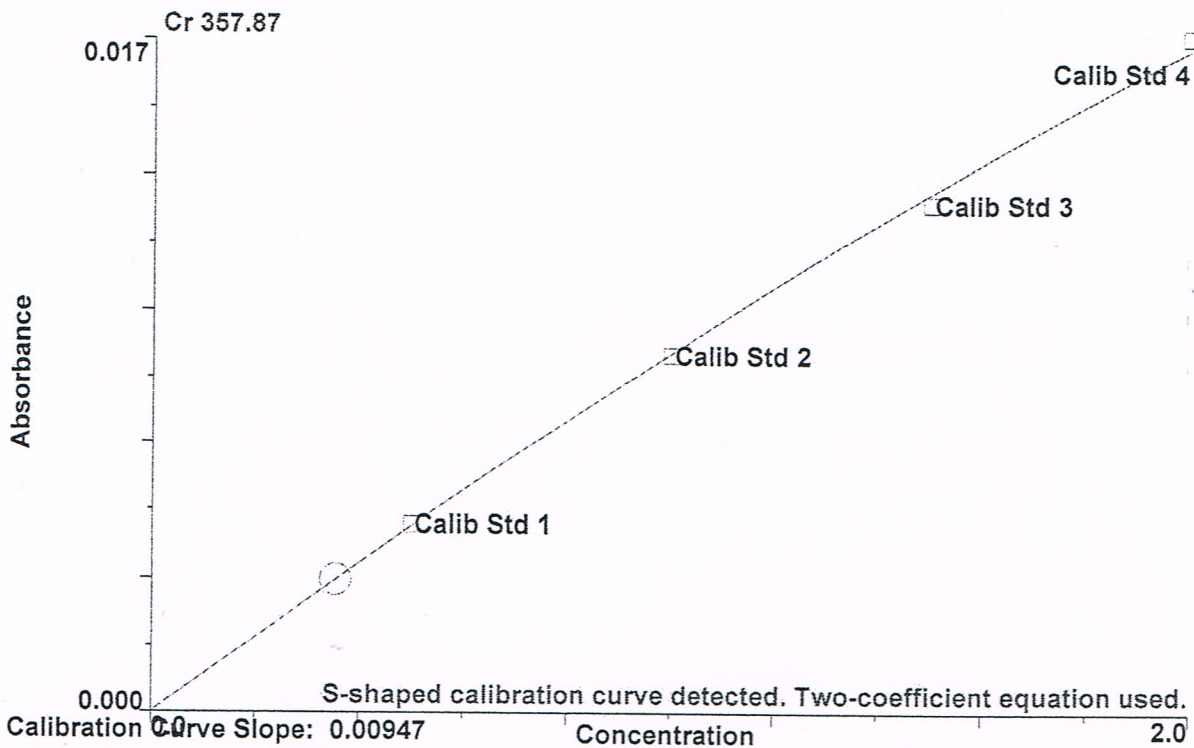
Std #	Standard ID	Entered Conc.	Calculated Conc.	Action
Blank	blanc	0	0.000	Include
1	Calib Std 1	0.2	0.200	Include
2	Calib Std 2	0.6	0.601	Include
3	Calib Std 3	1.0	0.997	Include
4	Calib Std 4	1.4	1.402	Include

22/02/2011 09:46:10





Result:



Std #	Standard ID	Entered Conc.	Calculated Conc.	Action
Blank	blanc	0	0.000	Include
1	Calib Std 1	0.5	0.504	Include
2	Calib Std 2	1.0	0.994	Include
3	Calib Std 3	1.5	1.464	Include
4	Calib Std 4	2.0	2.046	Include
22/02/2011 10:05:38				



Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	BlnkCorr Signal	Time	Signal Stored
1		[1.5]	0.013	10:02:11	No
2		[1.5]	0.013	10:02:16	No
3		[1.5]	0.013	10:02:20	No
Mean:		[1.5]	0.013		
SD:		0.0	0.0001		
%RSD:		0.0	0.89		

Standard number 3 applied. [1.5]  
 Correlation Coef.: 1.000000 Slope: 0.00965 Intercept: 0.00000

Sequence No.: 16 Autosampler Location:  
 Sample ID: Calib Std 4 Date Collected: 22/02/2011 10:03:36  
 Analyst: Data Type: Original

## Replicate Data: Calib Std 4

Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	BlnkCorr Signal	Time	Signal Stored
1		[2]	0.017	10:03:38	No
2		[2]	0.017	10:03:42	No
3		[2]	0.017	10:03:47	No
Mean:		[2]	0.017		
SD:		0	0.0001		
%RSD:		0	0.84		

Standard number 4 applied. [2]  
 Correlation Coef.: 0.998594 Slope: 0.00947 Intercept: 0.00000

## Calibration data for Cr 357.87

Equation: Nonlinear Through Zero

ID	Mean Signal (Abs)	Entered Conc. mg/L	Calculated Conc. mg/L	Standard Deviation	%RSD
blanc	0.0000	0	0.000	0.00	0.2
Calib Std 1	0.0047	0.5	0.504	0.00	5.0
Calib Std 2	0.0089	1.0	0.994	0.00	3.2
Calib Std 3	0.0126	1.5	1.464	0.00	0.9
Calib Std 4	0.0167	2.0	2.046	0.00	0.8

Correlation Coef.: 0.998594 Slope: 0.00947 Intercept: 0.00000

Sequence No.: 17

Autosampler Location:

Sample ID: 153

Date Collected: 22/02/2011 10:04:43

Analyst:

Data Type: Original

## Replicate Data: 153

Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	BlnkCorr Signal	Time	Signal Stored
1	0.360	0.360	0.003	10:04:46	No
2	0.302	0.302	0.003	10:04:51	No
3	0.404	0.404	0.004	10:04:55	No
Mean:	0.356	0.356	0.003		
SD:	0.051	0.051	0.0005		
%RSD:	14.40	14.40	14.13		

## Annexe 04

Nj	220	221	222	223	224
Déclinaison	-13,6635729	23,4335021	12,1966207	9,97384199	23,2033189
WO	107,4232422	1,01706627	1,24508146	1,15618385	1,09464443
SSO	14,32309897	0,13560884	0,16601086	0,15415785	0,14595259
SS	5,9	9,5	9,4	11,3	11,1
$\sigma$	0,41192203	70,0544325	56,6228014	73,3014912	76,052093
EO	1,030614588	1,03225471	1,03296905	1,03273711	1,03156553
I	1408,850142	1411,09219	1412,0687	1411,75163	1410,15008
HO	11227,68773	167,717083	222,210188	67,7948209	104,980503
H	4894,834138	5913,23746	6342,19003	2500,32354	4016,13901

Nj	225	226	227	228	229	230
Déclinaison	15,63233145	5,95215786	-22,200874	-18,547761	1,73237173	20,4595311
WO	1,37012381	2,08115833	1,06520502	1,09895534	67,2986194	1,0034802
SSO	0,182683175	0,27748778	0,14202734	0,14652738	8,97314925	0,13379736
SS	8,9	9,9	12	10,9	10,8	7
$\sigma$	48,71822496	35,6772472	84,4907774	74,3888281	1,20359081	52,3179231
EO	1,029487954	1,026564	1,02287761	1,01853457	1,01365955	1,00839247
I	1407,310032	1403,31299	1398,27369	1392,33676	1385,67261	1378,47251
HO	77,37509098	373,079745	51,4865155	148,106314	11569,4823	83,5007606
H	1902,584815	6741,03747	2186,90976	5542,79203	9623,44221	2203,49836

Nj	231	232	233	234	235	236
Déclinaison	20,84587682	2,54507186	18,0372462	22,4501922	6,73780939	15,0146388
WO	1,064155264	172,432766	23586,9353	1,06664428	1,1591817	32,8878529
SSO	0,141887369	22,9910355	3144,9247	0,14221924	0,15455756	4,38504706
SS	10,7	10,6	10,7	11,3	11,7	11,2
$\sigma$	75,41192785	0,46104926	0,00340231	79,4547924	75,6999529	2,55413451
EO	1,002884507	0,99729375	0,99178067	0,9865035	0,98161372	0,97725166
I	1370,943121	1363,30056	1355,76418	1348,55029	1341,86595	1335,90302
HO	93,70941553	29455,2688	520913,898	185,580676	68,0369062	2842,35227
H	3554,957007	13564,8768	120696,351	7415,32061	2590,84379	4283,61603

# Annexe 04

Nj	237	238	239	240	241	242
Déclinaison	23,30731173	10,7062966	11,4923085	23,3887084	14,3184527	7,58748679
W0	1,000000058	1,34879635	1,03789779	1,41060532	44,9790618	1,00161205
SS0	0,133333341	0,17983951	0,13838637	0,18808071	5,99720824	0,13354827
SS	12,4	11,8	8,7	11,5	11,7	9,9
$\sigma$	92,99999459	65,6140565	62,867462	61,1439634	1,95090774	74,1304978
E0	0,973542531	0,97059279	0,9684871	0,96728591	0,96702369	0,96770796
I	1330,832639	1326,80035	1323,92187	1322,27984	1321,92138	1322,85677
HO	47,40811006	176,262485	171,169131	236,281661	3215,50594	162,727723
H	2215,380855	5823,1887	5419,85331	7277,94339	3876,14408	6068,97093
Nj	243	244	245	246	247	248
Déclinaison	22,69167308	17,4540566	3,43013542	21,2394049	20,0087479	0,84137903
W0	1,410878142	1,84574474	752,530331	1,14640721	5,77524411	1,80791698
SS0	0,188117086	0,2460993	100,337377	0,15285429	0,77003255	0,2410556
SS	9,3	7,8	10,9	11,5	6,7	7
$\sigma$	49,43729576	31,6945235	0,1086335	75,235047	8,70093091	29,038944
E0	0,96931908	0,97181082	0,97511165	0,97912683	0,98374112	0,98882208
I	1325,059182	1328,46539	1332,97762	1338,46638	1344,77411	1351,71978
HO	119,8821228	265,454264	127963,972	178,819846	254,00594	279,672388
H	2990,89687	4267,77769	36382,3004	6767,88833	1163,46544	4125,02005
Nj	249	250	251	252	253	254
Déclinaison	19,08023862	21,8975004	5,08489038	16,2860366	-23,057452	9,15916446
W0	2,172617177	1,5460354	15,5510225	1,00038757	2,83242428	1,04587406
SS0	0,28968229	0,20613805	2,07346967	0,13338501	0,37765657	0,13944988
SS	7,1	10,4	9,9	8,7	9,7	9,4
$\sigma$	24,50961015	50,4516261	4,77460566	65,2247206	25,6847113	67,4077333
E0	0,994223868	0,99979145	1,00536501	1,01078458	1,01589462	1,02054844
I	1359,104027	1366,71491	1374,33397	1381,74253	1388,72794	1395,08972
HO	32,45690016	251,729937	2044,58108	4,11621047	508,934038	28,2722616
H	405,2180718	6407,99021	5351,28784	135,186067	6652,96675	959,387154

# Annexe 04

Nj	255	256	257	258	259	260
Déclinaison	12,94979646	23,4499966	12,9285997	9,18255625	23,0620694	16,2677404
W0	1,065318955	1,70947346	16,6556588	1,44641304	1,16727753	28,5088929
SS0	0,142042527	0,22792979	2,22075451	0,19285507	0,155637	3,80118572
SS	10,2	11,1	11,4	11,3	11,1	9,3
$\sigma$	71,80947979	48,6992059	5,13339045	58,5932218	71,3198	2,446605
E0	1,024612473	1,02797007	1,03052487	1,03220353	1,03295788	1,03276626
I	1400,64525	1405,23509	1408,7275	1411,02223	1412,05342	1411,79148
HO	91,82810807	268,157475	1876,56603	262,514761	200,050594	4335,45311
H	-3318,1848	6591,20428	5248,18324	7751,17121	7179,7958	6300,72485

Nj	261	262	263	264	265	266
Déclinaison	5,10969869	21,9065816	19,0654519	0,86677818	20,0219906	21,2286198
W0	4,457322616	2,15800861	388,486594	1,14982442	4,17710913	2,56059606
SS0	0,594309682	0,28773448	51,7982125	0,15330992	0,55694788	0,34141281
SS	0,3	4,8	8,3	9,1	8,5	0
$\sigma$	0,504787334	16,6820465	0,16023719	59,3568888	15,2617511	0
E0	1,031634178	1,02959412	1,02670465	1,02304869	1,01873118	1,01387604
I	1410,243922	1407,45516	1403,50525	1398,50755	1392,60552	1385,96855
HO	449,9572869	393,422561	55598,7468	119,166227	352,384877	218,091512
H	217,0565456	3372,03393	17242,2052	3564,07648	2770,05367	50,1610478

Nj	267	268	269	270	271	272
Déclinaison	3,404990764	17,4710201	22,6852486	7,56343351	14,3385723	23,3868582
W0	2,732618101	1,03648712	1,5506645	1,48483914	1,14054575	1,24827033
SS0	0,36434908	0,13819828	0,20675527	0,19797855	0,15207277	0,16643604
SS	8,6	10,1	5,9	4,7	8,6	5,7
$\sigma$	23,60373738	73,0833971	28,5361534	23,7399454	56,5518745	34,2473892
E0	1,008622629	1,00312173	0,99753123	0,99201159	0,98672123	0,98181201
I	1378,787134	1371,2674	1363,62519	1356,07984	1348,84792	1342,13701
HO	155,8571251	167,063479	200,286296	51,3580453	199,643566	217,25823
H	1875,252464	6143,20789	2903,76608	621,430946	5691,02697	3770,23298

# Annexe 04

Nj	273	274	275	276	277	278
	-	-	-	-	-	-
Déclinaison	11,47014716	10,7289027	23,3100976	14,995107	6,76214972	22,4575213
W0	8,846876162	26247,2553	3,40043807	13,823494	1,10125962	5,4863935
SS0	1,179583488	3499,63405	0,45339174	1,84313253	0,14683462	0,73151913
SS	10,6	10,7	8	6,1	7,8	10,1
$\sigma$	8,986222769	0,00305746	17,6447854	3,30958295	53,1209889	13,8068843
E0	0,97742482	0,97368559	0,97070165	0,96855863	0,96731805	0,96701552
I	1336,139728	1331,0282	1326,94915	1324,01965	1322,32378	1321,91022
	-	-	-	-	-	-
H0	871,7874719	3888402,22	224,88364	2368,88782	160,117554	914,589488
	-	-	-	-	-	-
H	4117,549333	900276,834	2035,73503	4464,85956	4289,62843	6524,17118

Nj	279	280	281	282	283	284
	-	-	-	-	-	-
Déclinaison	18,02099394	2,57033624	20,8575052	20,4470993	1,70702415	18,5633017
W0	1,288599451	42,8356211	1,59760654	1,49741405	1,75251482	1,16120829
SS0	0,17181326	5,71141615	0,21301421	0,19965521	0,23366864	0,15482777
SS	10,7	10,4	5,7	8,5	4,1	7,2
$\sigma$	62,27691619	1,82091441	26,7587788	42,5733952	17,546214	46,5032848
E0	0,967659719	0,96923216	0,9716877	0,97495588	0,97894287	0,98353425
I	1322,790837	1324,94036	1328,29709	1332,76468	1338,21491	1344,49133
	-	-	-	-	-	-
H0	187,0966667	2774,84812	259,017258	80,8653921	121,688971	198,605797
	-	-	-	-	-	-
H	5868,933949	3164,59554	3525,06672	1739,95619	1095,57883	4663,59031

Nj	285	286	287	288	289	290
	-	-	-	-	-	-
Déclinaison	22,19267642	5,92757071	15,6512672	23,1996284	9,95083359	12,2183213
W0	1,47465647	1,02031627	3,78148425	59,5745167	1,18101368	1,05469977
SS0	0,196620863	0,13604217	0,5041979	7,94326889	0,15746849	0,14062664
SS	6,2	2,1	7,3	9,9	3,2	3,8
$\sigma$	31,53276777	15,4363901	14,4784419	1,24633827	20,3215258	27,0219079
E0	0,988598242	0,99398949	0,99955325	1,00512983	1,01055917	1,01568545
I	1351,413797	1358,78363	1366,38929	1374,01248	1381,43439	1388,442
H0	187,7446262	48,5345672	660,479542	3623,16302	210,612849	87,0172986
	-	-	-	-	-	-
H	3003,235112	385,762207	4933,26763	3091,17086	2188,42817	1195,70069



# Annexe 04

Nj	291	292	293	294	295	296
	-	-	-	-	-	-
Déclinaison	23,43444152	-13,642909	8,37872055	22,8893006	16,8809159	4,26025601
W0	1,997882877	1,25200263	25,573279	1,90095231	1,01147433	2,1853342
SS0	0,266384384	0,16693368	3,40977054	0,25346031	0,13486324	0,29137789
SS	3	9,8	10	10,4	8,5	7
$\sigma$	11,26192144	58,7059468	2,93274867	41,0320656	63,0268097	24,0237855
EO	1,02036151	1,02445315	1,02784293	1,03043356	1,03215067	1,03294499
I	1394,834184	1400,42746	1405,06129	1408,60268	1410,94997	1412,0358
	-	-	-	-	-	-
H0	337,4533446	128,730937	2616,29936	344,799326	62,2056848	322,468055
	-	-	-	-	-	-
H	1977,800797	3808,24389	4438,22309	7153,21813	1974,62024	3947,61934

Nj	297	298	299	300	301	302
	-	-	-	-	-	-
Déclinaison	21,58234917	19,5570858	0	19,5570858	21,5823492	4,26025601
W0	1,466425988	1,7014284	1	1,7014284	1,46642599	2,1853342
SS0	0,195523465	0,22685712	0,13333333	0,22685712	0,19552347	0,29137789
SS	8,7	8,1	7,8	9	5,3	7,1
$\sigma$	44,49593809	35,7052933	58,5	39,6725481	27,1067209	24,3669824
EO	1,03279371	1,03170118	1,02969875	1,0268439	1,02321856	1,01892681
I	1411,829002	1410,33551	1407,59819	1403,6956	1398,73978	1392,87294
	-	-	-	-	-	-
H0	254,3097631	263,023417	8,07270166	262,983972	245,955412	324,084697
	-	-	-	-	-	-
H	5716,366983	4756,15951	237,983245	5277,10845	3390,09209	4023,02253

Nj	303	304	305	306	307	308
	-	-	-	-	-	-
Déclinaison	16,88091595	22,8893006	8,37872055	13,642909	23,4344415	12,2183213
W0	1,011474328	1,90095231	25,5732791	1,25200263	1,99788288	1,05469977
SS0	0,134863244	0,25346031	3,40977054	0,16693368	0,26638438	0,14062664
SS	3,8	1,8	8,7	4,3	1,5	0,5
$\sigma$	28,17669139	7,10170366	2,55149134	25,7587318	5,63096072	3,5555142
EO	1,014091805	1,00885234	1,00335879	0,99776884	0,99224292	0,98693965
I	1386,263498	1379,10115	1371,59147	1363,95	1356,39607	1349,1465
	-	-	-	-	-	-
H0	82,32485393	334,487715	2572,18292	115,744316	335,561288	97,8979352
	-	-	-	-	-	-
H	1178,755718	1264,64849	3873,0533	1517,33459	1021,94531	196,555274

## Annexe 04

---

Nj	309
	-
Déclinaison	9,950833592
W0	1,181013682
SS0	0,157468491
SS	7,9
$\sigma$	50,16876682
E0	0,982011245
I	1342,409371
H0	-205,973445
	-
H	5214,090758