

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ

(الآية 30 من سورة الأنبياء)

Nous avons fait provenir de l'eau toute chose vivante

Dicton coranique





## REMERCIEMENTS

*Je tiens à exprimer mes remerciements*

*Au bon dieu de m'avoir donné la santé, la volonté et la patience de réaliser ce travail.*

*A ma promotrice M<sup>me</sup> KHETTAR S. pour ses conseils, son aide, sa gentillesse, sa patience et pour sa disponibilité de tous les instants*

*A M<sup>me</sup> HAMAIDI F. pour avoir accepté de présider ce jury.*

*A M<sup>me</sup> HAOUCHINE N. et M<sup>r</sup> BEN DJOUDID. pour avoir accepté d'évaluer ce modeste travail.*

*Aux personnels de laboratoire de l'ADE : M<sup>r</sup> HYAOUI F. chef de service, pour ses conseils et son aide, à M<sup>elle</sup> BENCHONRI M. et M<sup>elle</sup> BENZERKA A. et surtout à M<sup>me</sup> TABLAOUL K. pour sa grande patience, sa gentillesse et son aide.*

*Aux personnels de laboratoire d'hygiène de la wilaya de Blida surtout à Amo Djamel pour son accueil précieuse et sa gentillesse.*

*Aux personnels de la Direction de l'Hydraulique de la Wilaya de Blida pour leurs accueils et leurs apports techniques pour la réalisation de ce travail.*

*A tout le personnel technique et administratif de la bibliothèque de l'École Nationale Supérieure de l'Hydraulique de Soumaa – Blida : le secrétariat du groupe, le service informatique, le magasin, le service de reprographie et le service de documentation d'avoir accueilli les étrangères avec gentillesse et qu'ils m'ont toujours aidé par leur disponibilité et leur attention.*

*A tous les enseignants de biologie qui ont contribué à notre formation.*

*A tous ceux qui d'une façon ou d'autre ont participé à la réalisation de ce modeste travail.*





## DEDICACE

*Je dédie ce modeste travail à :*

*La lumière de ma vie, **ma mère***

Tu as cherché sans repos mon bonheur. En ce jour, je te présente le fruit de ton sacrifice et de ta souffrance.

*A mes chers frères **Wail, Raouf et Fares.***

*A ma très chère et seule sœur : **Naïma** et ses enfants (**Amina, Ismail et Ritadje**) et son époux **Kho'li***

*A toute ma famille.*

*Mes amis et collègues.*

*A tous ceux que j'aime et qui m'ont permis de venir à leur exprimer ma grande reconnaissance.*



*Sara*  
*2013*

## Table des matières

### RÉSUMÉ

### LISTE DES ABRÉVIATIONS

### LISTE DES TABLEAUX

### LISTE DES FIGURES

### INTRODUCTION.....1

## PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

### *CHAPITRE I : LES EAUX DESTINÉES À L'ALIMENTATION*

#### **I.1 Définition de l'eau potable.....3**

#### **I.2 Origine des eaux potables (Sources d'approvisionnement en eau potable) .....3**

##### I.2.1. Eaux souterraines.....3

##### I.2.2. Eau de surface.....4

#### **I.3 Choix de la ressource.....4**

#### **I.4 Captage de l'eau.....6**

##### I.4.1 Captage des eaux de surface.....6

##### I.4.2 Captage des eaux souterraines.....7

#### **I.5 Production de l'eau potable.....8**

#### **I.6 Pollution des eaux de consommation.....9**

##### I.6.1 Différents types de pollution de l'eau potable.....9

##### I.6.2 Maladies à transmission hydrique.....10

### *CHAPITRE II : LA QUALITÉ ET LE TRAITEMENT DES EAUX BRUTES SUPERFICIELLES ET SOUTERRAINES*

#### **II.1 Paramètres de qualité des eaux naturelles.....11**

##### **II.1.1 Paramètres physico-chimiques.....11**

##### **II.1.2 Paramètres bactériologiques.....15**

#### **II.2 Processus de potabilisation des eaux de surface.....18**

##### II.2.1 Prétraitement.....19

##### II.2.2 Pré-oxydation.....19

##### II.2.3 Clarification.....19

###### II.2.3.1 Coagulation-floculation.....19

###### II.2.3.2 Décantation.....20

###### II.2.3.3 Filtration.....21

##### II.2.4 Désinfection.....21

##### II.2.5 Affinage (Traitement final).....22

#### **II.3 Processus de potabilisation des eaux souterraines.....22**

## **PARTIE EXPERIMENTALE**

### **CHAPITRE III : MATÉRIEL ET MÉTHODES**

<b>III.1 Description du site d'étude</b> .....	23
III.1.1 Situation géographique.....	23
<b>III.2 Matériel et méthodes physico-chimiques</b> .....	24
III.2.1 Mode de prélèvements.....	24
III.2.2 Analyses physico-chimiques.....	24
III.2.2.1 Dosage des paramètres physiques.....	25
III.2.2.2 Dosage des paramètres chimiques.....	27
<b>III.3 Matériel et méthodes bactériologiques</b> .....	33
III.3.1 Mode de prélèvements.....	33
III.3.2 Analyses bactériologiques.....	33
III.3.2.1 Préparation des dilutions de l'eau.....	34
III.3.2.2 Recherche et dénombrement des coliformes.....	34
III.3.2.3 Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux.....	37
III.3.2.4 Recherche et dénombrement des spores du <i>Clostridium</i> sulfite-réducteur.....	38
III.3.2.5 Recherche des Salmonelles.....	39
III.3.2.6 Recherche des Vibrions cholériques.....	40

### **CHAPITRE VI: RESULTATS ET DISCUSSION**

<b>VI.1 Résultats et discussion des analyses physico-chimiques</b> .....	41
<b>VI.2 Résultats et discussion des analyses bactériologiques</b> .....	55
VI.1.2.1 Résultats des analyses bactériologiques des eaux de surface.....	56
VI.1.2.2 Résultats des analyses bactériologiques des eaux alluviales.....	57
VI.1.2.3 Détermination de l'origine de la contamination fécale.....	57
<b>CONCLUSION</b> .....	61

### **RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

### **GLOSSAIRE**

### **ANNEXE**

## Résumé :

L'eau brute de l'oued Chiffa, a été prise pour alimenter des localités de la wilaya de Blida à travers un réseau de distribution (le projet est en cours de réalisation). Compte tenu de l'absence d'activité industrielle particulièrement polluante et toxique tout au long de l'oued Chiffa. Notre préoccupation est d'évaluer la qualité des eaux brutes (superficielles et alluviales) d'oued Chiffa, à travers l'analyse de différents paramètres physico-chimiques et bactériologiques pour déterminer le procédé de traitement le mieux adapté pour les rendre potables. La qualité générale des eaux a été appréciée par l'analyse des paramètres : Température, pH, Conductivité électrique, turbidité, résidu sec, alcalinité, sulfates, chlorures, différentes duretés, nitrates, nitrites, ammonium et phosphate. La matière organique a été évaluée à l'aide du test au permanganate. La présence des germes : indicateurs de contamination fécale et pathogènes a été aussi contrôlée.

L'analyse physique révèle une température moyenne de 18,7 °C, un pH alcalin (8,33), et une conductivité électrique moyenne de 541  $\mu$ S/cm, et montre aussi une turbidité élevée surtout pendant les mois pluviaux.

Les résultats chimiques obtenus, montrent que les eaux de l'oued sont caractérisées par une dureté élevée, avec des teneurs faibles en phosphates, nitrates, nitrites et sulfates. La matière organique présente des teneurs variant en fonction de la température.

Les eaux d'oued Chiffa ont une alcalinité et minéralisation moyennes. Les eaux alluviales se caractérisent par une minéralisation supérieure à celle des eaux superficielles.

Sur le plan bactériologique, nos résultats indiquaient une qualité des eaux de surface plus ou moins satisfaisante. Les eaux alluviales présentent les mêmes caractéristiques qualitatives et évolutives des eaux de surface donc leurs qualités bactériologiques ne sont pas conformes aux normes des eaux souterraines destinées à la production d'eau potable.

Globalement, l'eau brute de l'oued Chiffa est d'appartenance à la classe *1B*, c'est-à-dire une eau requise pour la production de l'eau destinée à l'alimentation humaine mais après un traitement normal physique, un traitement chimique et une désinfection.

**Mots clés :** oued Chiffa, paramètres physico-chimiques et bactériologiques, eaux de surface, eaux alluviales.

## Abstract :

The raw water from the river Chiffa has been harnessed to feed the wilaya of Blida through a distribution network (the project is in realization). Given the absence of polluting and toxic industrial activity while along the river Chiffa. Our concern is to assess the raw water quality (surface and alluvial) of river Chiffa, through the analysis of various physico-chemical and bacteriological parameters to determine the method best suited treatment for drinking purposes. The general water quality was assessed by the analysis of the parameters: temperature, pH, electric conductivity, turbidity, dry residue, alkalinity, sulphates, chlorides, different hardness, nitrates, nitrites, ammonium and phosphate. The organic matter was evaluated using the permanganate test. The presence of germs indicators of fecal contamination and pathogens was also controlled.

Physical analysis revealed an average temperature of 18,7 °C, an alkaline pH (8,33) and an average electrical conductivity of 541  $\mu$ S/m, and also shows high turbidity especially during storm months.

The chemical results obtained show that the river raw waters are characterized by high hardness, with low contents of phosphates, nitrates, nitrites and sulphates. The organic matter contents vary depending on the temperature.

The waters from the river Chiffa have a medium alkalinity and mineralization. The alluvial waters are characterized by mineralization greater than that of surface water.

In bacteriological side, our results indicate a quality of surface water more or less satisfactory. The alluvial waters have the same qualitative and evolutionary characteristics of surface waters so their bacteriological qualities are not compliant groundwater intended for drinking water production.

Globally, the raw water of the river is Chiffa of belonging to the class *IB*, that is to say water required for the production of water intended for human consumption but after a normal physical treatment, chemical treatment and disinfection.

**Key words:** river Chiffa, physico-chemical and bacteriological parameters, surface water, alluvial water.

## ملخص:

الماء الخام لواد شفة مقتبس من أجل تزويد بلديات من ولاية البليدة بالماء الصالح للشرب من خلال شبكة التوزيع (المشروع لا يزال طور الإنجاز). حسب المعطيات لا يوجد نشاط صناعي خاصة الملوث و السام على طول واد شفة. انشغالنا هو تقييم نوعية المياه الخام (السطحية و الجوفية الغربية) لواد شفة باستعمال التحاليل الخاصة بعدة عناصر فيزيوكيميائية و بكتريولوجية لتحديد طريقة العلاج الأنسب لجعلها صالحة للشرب.

النوعية العامة للماء قدرت بتقدير: درجة الحرارة، درجة الحموضة، الناقلية الكهربائية، التعكر، البقايا الجافة، القاعدية، الكبريتات، الكلوريد، المساواة بمختلف أنواعها، النترات، النتريت، الأمونيوم و الفوسفات. المواد العضوية تميزت باستعمال تجربة البرمنغنات. تمت كذلك مراقبة وجود الجراثيم الدالة على تلوث برازي و الجراثيم المرضية.

كشف التحليل الفيزيائي ان متوسط درجة الحرارة يساوي 18,7 درجة مئوية، درجة الحموضة قاعدية (8,33)، ومتوسط الناقلية الكهربائية عادل 541 مايكرو سيمنز لكل سنتيمتر، و كشف التحليل أيضا أن مياه الواد ذات عكارة عالية خاصة خلال الأشهر الممطرة.

النتائج الكيميائية المتحصل منها وضح أن مياه الواد تتميز بقساوة عالية و بتراكيز ضعيفة من الفوسفات، النترات، النتريت و الكبريتات، بينما نغغير تراكيز العادة العضوية تبعا لدرجة الحرارة.

مياه واد شفة ذات قاعدية و نغغير متوسطين إنحلاف إلى أن المياه الجوفية الغربية تتميز بتمعدن أعلى من المياه السطحية.

بشأن الجانب البكتريولوجي، نتائج تشير إلى أن نوعية المياه السطحية مقبولة. المياه الجوفية الغربية لها نفس الخصائص النوعية و التطورية للمياه السطحية إذا برعنى البكتريولوجية لا تتوافق مع معايير المياه الجوفية الموجهة لإنتاج مياه الشرب.

بصفة عامة الماء الخام لواد شفة ينتمي للقسم I ب، يعني أنه قابل لإنتاج لماء الموجه للإستهلاك البشري لكن بعد علاج فيزيائي عادي، علاج كيميائي و تطهير.

**الكلمة المفتاح:** واد شفة، عناصر فيزيوكيميائية و بكتريولوجية، المياه السطحية، المياه الجوفية الغربية.



## Liste des abréviations

**ADE** : Algérienne Des Eaux

**ASR** : Anaérobie Sulfito-Réducteur

**BCPL** : Bouillon Lactosée au Pourpre de Bromocréosol

**CEE** : Communauté Economique Européenne

**D/C** : Double Concentration

**DHWB** : Direction de l'Hydraulique de la Wilaya de Blida

**EDTA** : Éthylène Diamine Tétra-Acétique

**EPA** : Bouillon Eau Peptone Alcaline

**FM** : Filtration sur Membrane

**HCl** : Acide Chlorhydrique

**ISO** : International Standard Organisation

**MES** : Matière En Suspension

**MO** : Matière Organique

**MTH** : Maladies à Transmission Hydrique

**μS/cm** : micro Siemens par centimètre

**N** : Normalité

**nm** : nanomètre

**NPP** : Nombre le Plus Probable

**NTU** : Nephelometric Turbidity Unit

**OMS** : Organisation Mondiale de la Santé

**S/C** : Simple Concentration

**P** : Permanente

**UV** : Ultra Violet

**UFC**: Unite Formant Colonie.

**RN** : Route Nationale

**VF** : Viande Foie

## Liste des tableaux

<b>Tableau I,a :</b> Problèmes fréquemment rencontrés dans les eaux souterraines.....	5
<b>Tableau I,b :</b> Problèmes fréquemment rencontrés dans les eaux superficielles.....	6
<b>Tableau II:</b> Les critères d'appréciation globale de la qualité des eaux de rivière.....	Annexe I
<b>Tableau III :</b> Les maladies bactériennes à transmission hydrique.....	Annexe II
<b>Tableau IV :</b> Analyses physico-chimiques effectuées.....	24
<b>Tableau V :</b> Quelques exemples de dilutions courantes.....	Annexe IV
<b>Tableau VI :</b> Utilisation de la table de NPP pour dénombrer les coliformes.....	36
<b>Tableau VII :</b> Utilisation de la table de NPP pour dénombrer les streptocoques fécaux....	38
<b>Tableau VIII :</b> Résultats du dosage des paramètres physiques des échantillons d'eau de l'oued Chiffa.....	41
<b>Tableau IX :</b> Résultats du dosage des paramètres chimiques des échantillons d'eau de l'oued Chiffa.....	46
<b>Tableau X :</b> Normes de qualité des eaux superficielles et souterraines destinées à l'alimentation en eau potable des populations.....	Annexe I
<b>Tableau XI :</b> Les valeurs des concentrations des différents anions ( $H^+$ , $CO_3^{-2}$ , $HCO_3^-$ ) en fonction du TA et TAC.....	Annexe I
<b>Tableau XII :</b> Les résultats des calculs des hydroxydes, carbonates et bicarbonates présent dans les eaux d'oued Chiffa à partir du TA et TAC obtenus.....	52
<b>Tableau XIII :</b> Résultats des analyses bactériologiques des échantillons d'eau de l'oued Chiffa.....	55
<b>Tableau XIV :</b> Détermination de l'origine de la contamination fécale à partir du rapport CF/SF.....	Annexe I
<b>Tableau XV :</b> Origine de la pollution fécale des échantillons d'eau de l'oued Chiffa selon le rapport CF/SF.....	58
<b>Tableau XVI :</b> Normes de potabilité recommandées pour une eau de boisson.....	Annexe I

## Liste des figures

<b>Figure 01</b> : Chaîne de traitement d'eau potable.....	18
<b>Figure 02</b> : Coagulation–floculation.....	20
<b>Figure 03</b> : Localisation du site de la prise d'eau brute destinée à la consommation.....	23
<b>Figure 04</b> : Principe de quelques exemples de dilutions courantes.....	Annexe IV
<b>Figure 05</b> : Recherche et dénombrement des coliformes (Test de présomption).....	Annexe V
<b>Figure 06</b> : Recherche et dénombrement des coliformes (Test de confirmation)..	Annexe V
<b>Figure 07</b> : Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux (Test de présomption)....	Annexe V
<b>Figure 08</b> : Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux (Test de confirmation)...	Annexe V
<b>Figure 09</b> : Recherche et dénombrement des spores de Clostridium sulfito-réducteur.....	Annexe V
<b>Figure 10</b> : Recherche des Salmonelles.....	Annexe V
<b>Figure 11</b> : Recherche de Vibriion cholérique.....	Annexe V
<b>Figure 12</b> : Variations mensuelles de la température.....	42
<b>Figure 13</b> : Variations mensuelles du pH.....	43
<b>Figure 14</b> : Variations mensuelles de la conductivité électrique.....	43
<b>Figure 15</b> : Variations mensuelles de la turbidité.....	44
<b>Figure 16</b> : Variations du résidu sec mesuré au mois de Mars et d' Août pour l'eau brute ES et EA.....	45
<b>Figure 17</b> : Variations du nitrates mesurés au mois de Mars et d' Août pour l'eau brutes ES et EA.....	47
<b>Figure 18</b> : Variations du sulfates mesurés au mois de Mars et d' Août pour l'eau brutes ES et EA.....	48
<b>Figure 19</b> : Variations du chlorures mesurés au mois de Mars et d' Août pour l'eau brutes ES et EA .....	49

<b>Figure 20 :</b> Variations mensuelles de l'azote ammoniacal.....	50
<b>Figure 21 :</b> Variations de la dureté mesurés au mois de Mares et d'Août pour l'eau brutes ES et EA.....	51
<b>Figure 22 :</b> Variations des teneurs en calcium mesurées au mois de Mares et d'Août pour l'eau brutes ES et EA.....	52
<b>Figure 23 :</b> Variations des teneurs en magnésium mesurées au mois de Mares et d'Août pour l'eau brutes ES et EA.....	52
<b>Figure 24 :</b> Variations des teneurs en carbonates mesurées au mois de Mares et d'Août pour l'eau brutes ES et EA .....	54
<b>Figure 25 :</b> Variations des teneurs en bicarbonates mesurées au mois de Mares et d'Août pour l'eau brutes ES et EA.....	54
<b>Figure 26 :</b> Variations de la matière organique mesurée au mois de Mares et d'Août pour l'eau brutes ES et EA.....	55
<b>Figure 27 :</b> Variations mensuelles des bactéries recensées dans les eaux de surface d'oued Chiffa.....	56
<b>Figure 28 :</b> Variations mensuelles des bactéries recensées dans les eaux de alluviales d'oued Chiffa.....	57

PDF

www.nuance.com

---

---

***INTRODUCTION***

---

---



L'eau est la principale composante de notre corps, elle est à l'origine de la vie. Les planètes et les êtres vivants sont essentiellement constitués d'eau. La surface de notre planète bleue est constituée de deux tiers d'eau, qui est toutefois inégalement répartie sur la terre. Sur les 1.4 milliards de km<sup>3</sup> d'eau disponibles dans le monde, les 97 % sont de l'eau salée. Sur les 3 % d'eau douce restante, la plus grande partie est absorbée par la calotte glacière, les glaciers ainsi que par l'atmosphère et par le sol. Seul un 0.3 % de l'ensemble des provisions d'eau douce est disponible en tant qu'eau potable (ANONYME, 2000).

La problématique de l'eau est un problème de quantité et de qualité, c'est-à-dire de ressource et de pollution (LOUNNES, 2009).

Au cours du temps la demande en eau, "ressource vitale et altérable", est de plus en plus importante à cause des besoins liés aux activités domestiques, industrielles et agricoles (DROUCHE, 2006). Cependant, sous la pression des besoins considérables, on est passé de l'emploi des eaux de source et de nappe à une utilisation de plus en plus poussée des eaux de surface (DÉGREMONT, 1989). C'est-à-dire nécessite de mobiliser des ressources en eau non encore exploitées aujourd'hui (MARGAT et ANDREASSIANE, 2008).

Parallèlement, qu'elles soient d'origine souterraine ou superficielle, les eaux utilisées pour l'alimentation humaine sont rarement consommables telles quelles car des éléments liés à l'activité de l'homme peuvent être entraînés comme nitrates, matières organiques, pesticides, matières en suspension, micro-organismes...etc. Il est souvent nécessaire de leur appliquer un traitement plus ou moins sophistiqué, ne serait-ce qu'une désinfection dans le cas des eaux souterraines (LADJEL, 2004). Alors que pour les eaux de surface qui ont une qualité souvent polluées, et très variable, ne peut être traitée qu'au cas par cas par des traitements appropriés à sa nature et à son degré de pollution.

A Chiffa, le projet d'un barrage de captage des eaux de l'oued éponyme d'un volume de 10 000 m<sup>3</sup>, pour alimenter les populations de grand Blida (Blida, Chiffa, Bouarfa,...). Un projet inscrit en 2006 mais lancé à la fin de 2012 dû à des problèmes techniques et surtout bureaucratiques. Le procédé de traitement adopté consiste à une filtration des débris végétaux à travers les mailles d'une crépine. Or les eaux de

surface sont souvent d'une mauvaise qualité et elles doivent subir un traitement efficace pour les rendre potable (KEDADA, 2012).

Ce présent travail concerne l'étude qualitative des eaux de surface et de la nappe alluviale de l'oued Chiffa, qui servira au renforcement de l'alimentation en eau potable de la ville de Blida.

### - **Objectif global**

L'objectif général de ce travail est d'étudier la qualité d'eau brute (superficielle et alluviale) prélevée à partir de point de captage initialement présent sur l'oued Chiffa afin de déterminer le procédé de traitement le mieux adapté pour la rendre potable.

### - **Objectifs spécifiques**

On s'est fixé les objectifs spécifiques suivants :

- Déterminer la qualité physico-chimique et les germes présents dans l'eau brute superficielle et souterraine prélevée à partir de point de captage initialement présent sur l'oued.
- Proposer des techniques de traitement de l'eau afin d'améliorer la qualité de l'eau destinée à la consommation des populations de Blida dans l'intérêt de protéger leur santé.

Le présent manuscrit est divisé en quatre chapitres :

Dans le premier chapitre, nous avons rappelé quelques définitions d'une eau potable, les sources d'approvisionnement en eau potable et leur choix, le captage, la production et la pollution des eaux potables.

Les paramètres de qualité et les procédés de traitement des eaux superficielles et souterraines sont présentées dans le deuxième chapitre.

Les modes opératoires réalisés, et les résultats obtenus avec des discussions sont détaillés dans le troisième et quatrième chapitres.

Enfin, une conclusion et des recommandations sont proposées.

---

***PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE***

---

---

**CHAPITRE I**  
**LES EAUX DESTINÉES À L'ALIMENTATION**

---

## I.1. Définition de l'eau potable

La définition d'une eau potable est très malaisée. C'est en effet un terme générique qui ne peut s'appuyer sur un type unique, car toute eau que l'on peut consommer sans danger peut être considérée comme potable. A cette notion de danger potentiel peut se superposer une notion d'agrément vis-à-vis du goût et même de confort (aspect, température) (ANONYME, 2005).

Pour cela, selon MASSCHELEIN (1996), une eau est considérée comme potable si :

- Elle est saine.
- D'un bon goût.
- Incolore.
- Insipide.
- Inodore.
- Et dépourvue d'éléments minéraux et organiques en quantités excessives.

## I.2. Origine des eaux potables (Sources d'approvisionnement en eau potable)

Les eaux potables peuvent être à l'origine de deux sources :

### I.2.1. Eaux souterraines

Les eaux souterraines constituent 22% des réserves d'eaux douces dans le monde soit environ 1000 milliards de m<sup>3</sup>. Leur origine provient de l'accumulation des infiltrations dans le sol. Elles varient en fonction de la porosité et de la nature géologique du sol traversé. Les eaux sont généralement d'excellentes qualités physico-chimiques et microbiologiques néanmoins, les terrains traversés en influencent fortement la minéralisation (CARDOT, 1999).

On distingue deux types de nappes : les nappes libres et les nappes captives et nous ferons systématiquement la distinction entre nappe libre et nappe captive.

La différence entre ces deux types d'aquifères tient à la protection naturelle du réservoir par la présence ou non, au-dessus de celui-ci, d'une couverture imperméable ou peu perméable, continue ou discontinue, susceptible d'assurer une protection naturelle efficace des eaux souterraines (LIVET, 2004).



- **Les nappes libres** sont peu profondes et ne bénéficient pas systématiquement d'une couverture imperméable, c'est particulièrement le cas de beaucoup de nappes alluviales (CARDOT, 1999 ; LIVET, 2004). Elles peuvent fournir des quantités d'eau beaucoup plus importantes que les nappes profondes. Cependant, elles sont sujettes à des contaminations par les infiltrations superficielles et un traitement est toujours nécessaire (HARTEMANN, 2004).

Elles sont alimentées directement par les précipitations pluvieuses ou les écoulements d'eau en dessus (CARDOT, 1999).

- **Les nappes captives**, en général très profondes, sont, par leur nature, toujours situées sous un toit imperméable. Elles bénéficient donc d'une très bonne protection naturelle (LIVET, 2004). L'alimentation de ces nappes est assurée par l'infiltration sur leurs bordures (CARDOT, 1999).

### **I.2.2. Eaux de surface**

L'eau de surface constitue une source importante d'approvisionnement en eau potable. Elle représente l'eau qui coule ou qui stagne à la surface du sol. Il s'agit des masses d'eau naturelles, comme les fleuves, les rivières, les ruisseaux, les lacs, etc., et des masses d'eau artificielles comme les canaux d'irrigation, industriels et de navigation, les réseaux de drainage et les réservoirs artificiels (DEGREMONT, 2005).

Ces eaux proviennent des précipitations qui rythment les saisons durant l'année, consacrant ainsi le cycle perpétuel de l'eau. La composition de ces eaux résulte de leur contact avec les terrains traversés, de la faune et de la flore rencontrées au cours de leur cheminement (GOMELLA et GUERREE, 1978).

### **I.3. Choix de la ressource**

L'eau potable est produite à partir d'eaux brutes, superficielles ou souterraines.

Le choix de la ressource s'effectue en fonction des trois critères qui sont : la quantité, la qualité et la sécurité (DEGREMONT, 2005 ; SCHON et *al.*, 2000). On prend en compte :

- La disponibilité des ressources : la source « nappe ou cours d'eau » doit être capable de fournir, en toutes circonstances, des débits nécessaires à la satisfaction des besoins.
- La qualité des ressources : il est évident qu'on utilise en premier lieu les ressources les moins polluées pour la production d'eau potable dans la mesure où tout incident dans ce domaine touche potentiellement une population importante.
- La sécurité de l'approvisionnement : il est nécessaire de prévoir une "substitution" en cas d'indisponibilité d'un point d'eau par maillage.

Les problèmes les plus fréquemment rencontrés dans les eaux brutes superficielles et souterraines sont montrés dans le tableau I (a, b) : (LADIJEL, 2004).

**Tableau I, a** : Problèmes fréquemment rencontrés dans les eaux souterraines.

Pour les eaux souterraines, la présence de :	
Fer	issus de la dissolution des roches traversées par les eaux d'infiltration
Nitrates	issus de la nitrification naturelle des sols ainsi que des apports agricoles, déjections animales, engrais.
Produits phytosanitaires	provenant des traitements agricoles, voies ferrées, zones urbaines, ...
Pollutions bactériennes	qui peuvent provenir des eaux usées domestiques, des rejets d'hôpitaux, des élevages ou de certaines industries agro-alimentaires ; elles sont entraînées par les eaux de ruissellement et d'infiltration

**Tableau I, b** : Problèmes fréquemment rencontrés dans les eaux superficielles.

Pour les eaux superficielles, la présence de :	
<p>Matières organiques</p> <p>Animale      Végétale</p>	<p>Provenant de la décomposition de déchets animaux et végétaux dont la présence peut être accentuées par phénomène d'eutrophisation</p>
<p>Sous formes : - matières en suspension - matières colloïdales - matières dissoutes - substances azotées minérales (nitrates,...)</p>	
<p>Produits phytosanitaires</p>	<p>Entraînés par le lessivage des terres agricoles</p>
<p>Micro-organismes</p>	<p>Présents partout</p>
<p>Contaminants industriels</p>	<p>Rejets permanents ou « accidentels »</p>

## I.4. Captage de l'eau

Les eaux destinées à la consommation humaine, autres que minérales, et plus particulièrement les eaux livrées à la consommation (non conditionnées) proviennent soit de captages d'eaux de nappes souterraines, soit de puisages d'eaux superficielles (fleuves, rivières, lacs, étangs...) (DELARRAS et TREBAOL, 2003).

### I.4.1. Captage des eaux de surface

Les eaux de surface sont captées :

- Soit en rivière ;
- Soit à partir d'un barrage-réservoir ou d'un lac naturel.

- **Captage en rivière** : la prise en rivière doit toujours être effectuée en amont des agglomérations pour prévenir les pollutions provenant d'un rejet d'eaux usées ou résiduaires quelconques à la rivière.

La prise peut être effectuée :

- Soit dans le fond du lit après dragage et remplissage avec de gros graviers autour de la crépine d'aspiration. Il faut, toutefois, vérifier que la rivière ne charrie pas trop de matériaux fins tels que l'argile ou des limons qui pourraient colmater rapidement l'ensemble.

- Soit dans le fleuve ou la rivière même à une certaine distance des berges. La prise elle-même doit être protégée par une estacade pour éviter sa détérioration par les corps flottants et aussi dans un but de signalisation aux marinières si la rivière est navigable.

- Soit sur la berge, à une profondeur convenable, dans le but d'éviter d'une part, l'influence des fermentations du fond du lit et, d'autre part, la présence éventuelle d'hydrocarbures ou de mousses à la surface de l'eau. C'est le dispositif auquel on a le plus souvent recours. Il peut être très simple si l'eau de la rivière est propre et si le débit puisé est modeste.

- **Captage à partir d'un barrage-réservoir ou d'un lac** : un barrage-réservoir peut être établi de deux manières :

- Soit sur le fleuve ou la rivière elle-même et, en général, près des sources, où les vallées sont plus encaissées :

- Soit dans un bassin naturel distinct du lit du fleuve ou de la rivière et dans lequel l'eau est amenée par un canal alimenté par ces cours d'eau (DUPONT, 1981).

#### **I.4.2. Captage des eaux souterraines**

Les eaux souterraines sont captées :

- Soit à leur exutoire naturel que sont les sources ;

- Soit au sein même de la nappe où elles se trouvent incluses dans les éléments meubles, sables et graviers ;

- Soit au sein même du gisement pour les eaux circulant en terrains fissurés.

Enfin, on sera amené, parfois, à capter les eaux circulant à grande profondeur (DUPONT, 1981).

## I.5. Production de l'eau potable

Les eaux douces superficielles dites brutes ne peuvent pas être captées et acheminées vers une station de production d'eau potable que si celles-ci satisferont les limites de qualité (LORTHIOIS et al., 1990). Ces eaux « brutes » sont classées en 3 catégories de qualité.

Les critères de classement prennent en compte de nombreux paramètres de différentes natures, concernant les caractéristiques physico-chimiques de l'eau, la présence de substances « indésirables » ou toxiques, la présence de pesticides, nitrates ou plomb, la qualité microbiologique, ainsi que la couleur de l'eau. Il faut signaler que c'est le facteur le plus mauvais de l'analyse qui détermine le classement de l'eau. Les eaux qui ne satisfont pas au moins aux critères retenus pour la catégorie médiocre sont exclues pour la production d'eau potable.

- **Classification :**

**Classe 1A :** Eau brute dont la particularité est d'avoir une analyse physico-chimique et microbiologique bonne (avant traitement), et ne nécessitant qu'un traitement physique simple et une désinfection pour en assurer sa potabilité.

**Classe 1B :** Eau brute dont la particularité est d'avoir une analyse physico-chimique et microbiologique moyenne (avant traitement), et ne nécessitant qu'un traitement normal physique, un traitement chimique et une désinfection pour en assurer sa potabilité.

**Classe 2 :** Eau brute dont la particularité est d'avoir une analyse physico-chimique et microbiologique mauvaise (avant traitement), et nécessitant un traitement physique, chimique poussé, un affinage et une désinfection (COUSIN, 1999).

Les critères d'appréciation globale de la qualité des eaux brutes superficielles (eaux de rivière) utilisées pour la production d'eau destinée à la consommation humaine sont mentionnés au tableau II (voir Annexe n° I).



## I.6. Pollution des eaux de consommation

Le terme pollution est un terme général qui désigne toute modification du milieu naturel qui s'exerce dans un sens défavorable sous l'effet des activités humaines en milieu urbain, industriel ou agricole (DEGREMONT, 1989 ; MARC *et al.*, 2007).

Plus spécifiquement, la pollution des eaux est le fait de divers types de rejets, ponctuels ou diffus, qui apportent au milieu soit des calories (pollution thermique), soit des substances minérales ou organiques (pollution chimique), soit des micro-organismes pathogènes (pollution microbienne) (DEGREMONT, 1989).

### I.6.1. Les différents types de pollution d'une eau potable

Les sources d'éléments polluants sont de natures variées et sont liées aux diverses activités humaines à savoir :

- Les rejets domestiques ;
- Les rejets industriels ;
- Et les activités agricoles (BOEGLIN, 2001).

#### a) Pollution d'origine urbaine :

La pollution d'origine urbaine provient essentiellement des eaux résiduaires déversées par les habitations. Celles-ci doivent impérativement être épurées avant leur déversement dans les milieux récepteurs, à savoir: les oueds, lacs, mers, etc.

Selon GAUJOUS (1995), la pollution domestique se caractérise par :

- Des germes fécaux ;
- Des fortes teneurs en matières organiques ;
- Des sels minéraux ;
- Des détergents.

#### b) Pollution d'origine industrielle :

La pollution d'origine industrielle, qui est engendrée par certaines activités économiques polluantes, utilisant des produits dangereux et nocifs (produits de synthèse, phénols, métaux lourds, solvants, et autres), a des effets très néfastes sur l'environnement et plus particulièrement sur la qualité des ressources en eau.

Elle doit faire l'objet d'un traitement au niveau des unités, en particuliers pour éliminer les éléments toxiques.

c) Pollution d'origine agricole :

Cette pollution est due essentiellement à l'utilisation parfois abusif des engrais et autres produits chimiques tels que les pesticides, les turbicides, qui sont parfois difficilement ou peu biodégradables (BOUTELDJA, 2004).

**I.6.2. Les maladies à transmission hydrique**

La consommation d'une eau suspecte expose à un risque de maladie. Le risque majeur étant la survenue de maladies à transmission hydrique (MTH) suite à une contamination fécale humaine ou animale (OUDJEHANE *et al.*, 2008).

Les maladies d'origine hydrique sont des infections dues à un agent infectieux ; bactérie, virus ou protozoaire (LECLERC et HASLAY, 1993).

Les principales maladies bactériennes transmises à l'homme par les eaux contaminées sont indiquées dans le tableau III (Annexe n° II).

---

**CHAPITRE II**  
**LA QUALITÉ ET LE TRAITEMENT**  
**DES EAUX BRUTES SUPERFICIELLES ET**  
**SOUTERRAINES**

---

## II.1. Les paramètres de qualité des eaux naturelles

Divers processus physiques, chimiques et biologiques modifient la qualité de l'eau.

### II.1.1. Les paramètres physico-chimiques

Il existe de nombreux paramètres qui permettent de qualifier les éléments physiques (comme la température, pH) ou chimiques (la minéralisation, etc.). Plusieurs indicateurs de la charge polluante, résultant des activités humaines, sont également suivis (comme l'ammonium, nitrate,...) (MARC et *al.*, 2007).

#### II.1.1.1 Les paramètres physiques

##### A. La température ( $T^{\circ}$ )

La température est un paramètre qu'on doit absolument mesurer sur le terrain, parce qu'elle tend à s'ajuster rapidement à la température ambiante (HÉBERT et LÉGARÉ, 2000). Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous, dans la conductivité électrique et dans la détermination du pH (RODIER et *al.*, 2005).

La température des eaux superficielles (rivières, lacs et retenues) est influencée par la température de l'air, et est très variable selon les saisons et peut passer de  $2^{\circ}\text{C}$  en hiver à  $30^{\circ}\text{C}$  en été (RODIER et *al.*, 2005 ; POTELON et ZYSMAN, 1998).

##### B. Le potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH (potentiel Hydrogène) est la mesure de la concentration en ions hydrogène ( $\text{H}^+$ ), exprimant la quantité d'ions acides dans un milieu, donc l'acidité ou de l'alcalinité d'une solution (MARC et *al.*, 2007). Il est mesuré directement à l'aide d'une électrode de pH combinée (RODIER et *al.*, 2005).

Sa mesure s'effectue sur une échelle allant de 0 à 14, la neutralité étant 7. Le pH est acide s'il est inférieur à 6.5, alcalin (ou basique) s'il est supérieur à 7.5 (MARC et *al.*, 2007). Les variations du pH d'une eau naturelle dépendent de l'origine de celle-ci et de la nature des terrains traversés. Dans la plupart des eaux brutes le pH oscille entre 6.5 et 8.5 (POTELON et ZYSMAN, 1998).

### C. La conductivité électrique (C.E)

C'est la capacité d'une eau à conduire l'électricité. La conductivité des eaux dépend de leur concentration ionique et de leur température. Elle donne une bonne indication des changements de la composition des eaux, et spécialement de leur concentration en minéraux. La conductivité augmente avec la teneur en solides dissous. Cette mesure permet d'évaluer rapidement le degré de minéralisation d'une eau, c'est-à-dire la quantité de substances dissoutes ionisées présentes (HÉBERT et LÉGARE, 2000). Pour la détermination de la conductivité, il est utilisé un conductivimètre multiéléments (RODIER et *al.*, 2005). L'unité utilisée pour exprimer la conductivité électrique est le microsiemens par centimètre ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

### D. La turbidité

La turbidité est la mesure du caractère trouble de l'eau. Elle est causée par les matières en suspension, telles que l'argile, le limon, les particules organiques, le plancton et les autres organismes microscopiques. Une turbidité trop élevée empêche la pénétration de la lumière dans la colonne d'eau et peut ainsi diminuer la croissance des algues et des plantes aquatiques (HÉBERT et LÉGARE, 2000). Elle se détermine à l'aide d'un turbidimètre (RODIER et *al.*, 2005).

### E. Le résidu sec (Minéralisation totale)

Parmi les éléments présents dans l'eau en quantité notable, on trouve les ions  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ . Ce sont ces éléments qui déterminent la minéralisation de l'eau. Après une évaporation à 100-105°C d'une eau débarrassée de ses matières en suspension, on obtient un résidu sec dont le poids est presque égal à la somme des poids des ions déterminés par l'analyse chimique complète. Le résidu sec donne une idée sur la teneur des sels minéraux présents dans l'eau. Sa valeur ne saurait dépasser  $1,5 \text{ g}\cdot\text{l}^{-1}$  dans les eaux de surface (DROUCHE, 2006).

## II.1.1.2 Les paramètres chimiques

### A. Les nitrites ( $\text{NO}_2^-$ )

Les nitrites sont considérés comme étant des ions intermédiaires entre les nitrates et l'azote ammoniacal, ce qui explique les faibles concentrations rencontrées en milieu aquatique (quelques micromoles par litre d'azote nitreux) (GHAZALI et ZAID, 2013), donc ils proviennent :



- Soit d'une oxydation partielle de l'azote ammoniacal sous l'action des bactéries nitrées.
- Soit d'une réduction des nitrates par les bactéries dénitrifiantes (TARDAT et BEAUDRY, 1992).

### **B. Les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ )**

Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote, et représentent la forme d'azote au degré d'oxydation le plus élevé présent dans l'eau. Leurs concentrations dans les eaux naturelles sont comprises entre 1 et 10 mg/l (MAKHOUKH et al., 2011).

Les nitrates dans l'eau proviennent généralement des engrais azotés, de la décomposition des matières végétales et animales, des effluents industriels (RODIER et al., 2005).

### **C. Les phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ )**

Les ions phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) contenus dans les eaux de surface peuvent être d'origine naturelle (produit de la décomposition de la matière organique phosphatée, ou lessivage des minéraux). Mais actuellement, leur présence dans les eaux est essentiellement due aux rejets industriels, domestiques ou agricoles (POTELON et ZYSMAN, 1998).

Le phosphore favorise le développement et la multiplication des algues dans les réservoirs et les grosses canalisations où il contribue à l'eutrophisation. Des teneurs supérieures à 0,5 mg/L doivent constituer un indice de pollution (AHONON, 2011).

### **D. Les sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ )**

La concentration des sulfates est très faible, dans la plupart des eaux douces. Elle peut atteindre 30 à 50 mg/L dans les terrains ne contenant pas une proportion importante de minéraux sulfatés.

La teneur en sulfate dans l'eau est élevée dans les zones contenant du gypse. Pour une eau destinée à la consommation humaine, en raison du goût et de l'odeur, l'OMS recommande comme valeur limite 250 mg/L. L'union européenne indique un niveau guide de 25 mg/L et une concentration maximale admissible de 250 mg/L. La réglementation française retient cette dernière valeur de 250 mg/L (OMS, 2000).

D'une façon générale, la présence de sulfate dans des eaux naturelles "non polluées" invoque la présence de gypse( $\text{CaSO}_4$ ) ou de pyrite( $\text{FeS}$ ) (GHAZALI et ZAID, 2013).

### E. Les chlorures (Cl)

Les chlorures sont des anions inorganiques importants contenus en concentrations variables dans les eaux naturelles, généralement sous forme de sels de sodium ( $\text{NaCl}$ ) et de potassium ( $\text{KCl}$ ). Ils sont souvent utilisés comme un indice de pollution. Ils ont une influence sur la faune et la flore aquatique ainsi que sur la croissance des végétaux (MAKHOUKH et *al.*, 2011).

L'eau contient toujours de chlorure, mais en proportion très variable. La teneur en chlorure augmente généralement avec le degré de minéralisation d'une eau (TARDAT et BEAUDRY, 1992).

### F. L'ammonium ou l'azote ammoniacal ( $\text{NH}_4^+$ )

L'ammonium n'a pas d'effet appréciable sur la santé des consommateurs, mais sa présence dans les eaux de surface est un indicateur de pollution. Il doit être éliminé dans les eaux de consommation, car il interfère avec la chloration. Cet élément peut permettre à certaines bactéries de proliférer dans les réseaux de distribution (DEGREMONT, 2005).

### G. La dureté (TH)

La dureté d'une eau est principalement due à la présence de sels de calcium et de magnésium (DUPONT, 1981). Elle est mesurée par la somme des concentrations en degrés de  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$  et s'exprime par le TH (titre hydrotimétrique).

Le TH peut se subdiviser en TH(Ca) (titre calcique) et TH(Mg) (titre en Mg) :

$$\text{TH (Ca)} + \text{TH (Mg)} = \text{TH (Total)} \text{ (BERNÉ et CORDONNIER, 1991).}$$

L'unité utilisée pour exprimer la dureté est le degré français ( $^\circ\text{f}$ ) :  $1^\circ\text{f} = 10 \text{ mg/l}$  de carbonate de calcium (calcaire) ou  $4 \text{ mg/l}$  de calcium ou  $2,4 \text{ mg/l}$  de magnésium ou  $0,2$  milliéquivalent par litre (meq/l) (DAVEZAC et *al.*, 2008).

On distingue :

- **La dureté totale**, encore appelée titre hydrotimétrique TH qui indique globalement la teneur en sels de Ca et de Mg (DUPONT, 1981).

- **La dureté calcique (ou titre hydrotimétrique calcique)** qui mesure la concentration en ions  $\text{Ca}^{2+}$ .
- **La dureté magnésienne (ou titre hydrotimétrique magnésien)** qui mesure la concentration en ions  $\text{Mg}^{2+}$  (ANONYME, 2010).
- **La dureté carbonatée, encore appelée titre alcalimétrique complet TAC**, qui indique globalement la teneur en carbonates et bicarbonates contenus dans l'eau.

Remarquons que, pour les eaux courantes d'alimentation pour lesquelles le pH est inférieur à 8,3, l'alcalinité représente pratiquement la teneur en bicarbonates car la teneur en carbonates est négligeable.

On peut mesurer également le titre alcalimétrique correspondant aux seuls carbonates. Il est désigné sous l'abréviation TA.

- **La dureté permanente (P) ou non carbonatée**, qui persiste après ébullition de l'eau et qui correspond aux sulfates et chlorures de Mg et Ca. Cette mesure est, toutefois, imprécise, car elle dépend des conditions de l'ébullition. Elle est aussi égale à :  $\text{TH} - \text{TAC}$ .
- **La dureté temporaire**, différence  $\text{TH} - \text{P}$  (DUPONT, 1981).

#### H. La matière organique

Les matières organiques dissoutes dans l'eau proviennent souvent de l'attaque et de la décomposition par les bactéries ou des champignons inférieurs, des cadavres d'animaux et de végétaux. Mais elles peuvent également provenir du métabolisme des êtres vivants supérieurs, excréments racinaires des plantes et déjections des animaux (LEFEVRE, 1993).

#### II.1.2 Les paramètres bactériologiques

Ces suivis complètent les analyses physico-chimiques ponctuelles qui n'offrent qu'une image instantanée de la qualité des eaux (un monitoring poussé s'avère très coûteux).

Pour les eaux, la bactériologie (domaine de la microbiologie qui étudie les bactéries et leurs propriétés) renseigne sur l'état d'hygiène sanitaire, paramètre indispensable pour la production d'eau potable et d'eau de baignade (MARC et al., 2007).

Les analyses courantes consistent à rechercher les indicateurs de pollution fécale et potentiellement pathogène pour l'homme (tels que les *Escherichia coli* et les entérocoques, les germes totaux, ainsi que les Salmonelles et les Vibrions).

### II.1.2.1 Les principaux germes-testes à rechercher dans les eaux

#### A. Les coliformes totaux

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. Les coliformes totaux sont définis comme étant des bactéries en forme de bâtonnet, aérobies ou anaérobies facultatives, possédant l'enzyme  $\beta$ -galactosidase permettant l'hydrolyse du lactose à 35 °C afin de produire des colonies rouges avec reflet métallique sur un milieu gélosé approprié. Les principaux genres inclus dans le groupe sont : *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Escherichia*, *Klebsiella* et *Serratia*. La presque totalité des espèces sont non pathogènes et ne représentent pas de risque direct pour la santé, à l'exception de certaines souches d'*Escherichia coli* (*E. coli*) ainsi que de rares bactéries pathogènes opportunistes (CHEVALIER, 2003a).

#### B. Les coliformes fécaux

Les coliformes fécaux, ou coliformes thermotolérants, sont un sous-groupe des coliformes totaux capables de fermenter le lactose à une température de 44,5 °C.

L'espèce la plus fréquemment associée à ce groupe bactérien est l'*Escherichia coli* (*E. coli*) et, dans une moindre mesure, certaines espèces des genres *Citrobacter*, *Enterobacter* et *Klebsiella*.

La bactérie *E. coli* représente toutefois 80 à 90 % des coliformes thermotolérants détectés. Bien que la présence de coliformes fécaux témoigne habituellement d'une contamination d'origine fécale, plusieurs coliformes fécaux ne sont pas d'origine fécale, provenant plutôt d'eaux enrichies en matière organique, tels les effluents industriels du secteur des pâtes et papiers ou de la transformation alimentaire. C'est pourquoi il serait plus approprié d'utiliser le terme générique « coliformes thermotolérants » plutôt que celui de « coliformes fécaux » (CHEVALIER, 2003b).

### C. Les streptocoques fécaux

Les streptocoques fécaux (ou streptocoques du groupe D ou entérocoques) sont des bactéries aérobies-anaérobies facultatives, à gram positif qui se présentent sous forme de coques en courtes chaînes. Ils ont la capacité de croître à une température entre 10 et 45 °C, à un pH alcalin de 9,6, dans une solution contenant 6,5 % de NaCl, ces caractéristiques sont utilisées pour leur identification (CHEVALIER, 2002 ; GAUJOUS, 1995).

Ils se caractérisent par leur appartenance au groupe sérologique D de LANCEFIELD, et par le fait que leur habitat normal soit le tube digestif des animaux à sang chaud (BOURGEOIS et LEVEAU, 1980).

Les streptocoques fécaux sont des témoins de contamination fécale sensibles, spécifiques et assez résistants (y compris en milieu salé). Ils n'ont pas généralement de pouvoir pathogène important (GAUJOUS, 1995).

Ils peuvent être détectés en milieu liquide (dilution en tubes multiples – méthode du nombre le plus probable) ou sur gélose lors d'une filtration sur membrane (FM); cette dernière est considérée comme étant la mieux adaptée à l'eau potable (CHEVALIER, 2002).

### D. Les *Clostridium* sulfite-réducteurs

Ce sont des germes qui appartiennent à la famille des *Bacillaceae*, gros bacilles à Gram positive, anaérobies strictes et sporulés, mobiles par ciliatures péritriches, mais parfois immobiles et capsulés, les spores sont ovoïdes ou sphériques naturellement thermorésistants, catalase négative (GELINAS, 1995).

Les *Clostridium* sont utilisés comme des témoins très sensibles de pollution fécale car leur forme spore, beaucoup plus résistante que les formes végétatives des coliformes thermotolérants et des streptocoques fécaux, permettrait de déceler une pollution fécale ancienne ou intermittente (ROBERT, 1999), mais leur spécificité est discutable car il existe des *Clostridium* d'origine tellurique (GAUJOUS, 1995).

### E. Les Salmonelles

Elles appartiennent à la famille des *Enterobacteriaceae*, anaérobies facultatifs, oxydase négative, catalase positive. Les colonies apparaissent sur milieu HEKTOEN gris bleu à centre noir (RODIER et al., 1984).

Elles fermentent le glucose avec production d'un gaz et d' $H_2S$ , et ne fermentent pas le lactose. Les Salmonelles peuvent être présentes dans les eaux destinées à la consommation humaine : dans les eaux douces (y compris les eaux potables et les nappes phréatiques) ainsi que l'eau de mer (RODIER *et al.*, 2005).

Le genre *Salmonella* comprend de nombreuses espèces pathogènes (GAUJOUS, 1995).

### F. Les Vibrions cholériques

Ils appartiennent à la famille des *Vibrionaceae*. Ce sont des bâtonnets incurvés en virgule ou droits, mobiles et aérophiles, Gram négatif et oxydase positive (DELARRAS, 2007).

Ils sont très largement répartis dans les eaux d'égout, les eaux de surface polluées et sont à l'origine d'une grave maladie : le choléra (LECLER et HASLAY, 1993).

## II.2 Processus de potabilisation des eaux de surface

Le but principal dans les plupart des usines de production, est de connaître les différents paramètres de l'eau brute pour décider de son état, et chercher par la suite les méthodes pour la rendre une eau potable (LADJEL, 2004).

Afin de fournir un produit fini conforme aux normes de potabilité, la transformation d'une eau de surface en une eau potable fait appel à un ensemble de procédés de traitement extrêmement divers : prétraitement, pré-oxydation, clarification, désinfection et affinage (DEGREMONT, 2005) (figure 01).

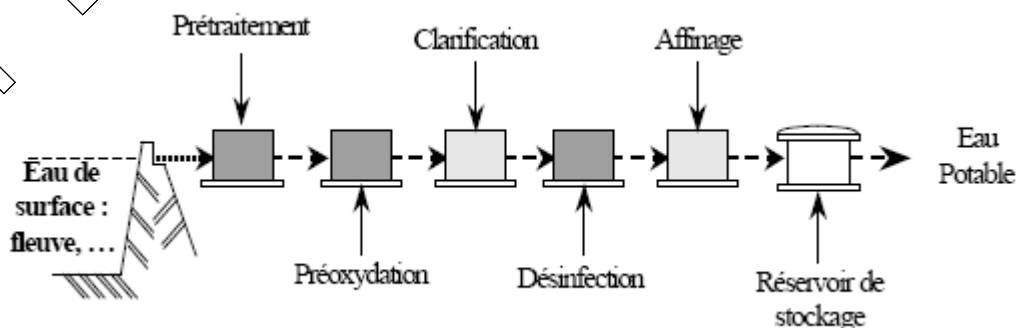


Figure 01 : Chaîne de traitement d'eau potable (LADJEL, 2004).

### II.2.1 Prétraitement

Pour les eaux douces superficielles (cours d'eau et retenues), les opérations préliminaires comprennent un *dégrillage*, parfois suivi d'un tamisage. Les eaux brutes parviennent à la station par une canalisation (ou un canal) et traversent les grilles qui retiennent les matières grossières : feuilles, morceaux de bois, déchets divers. Les eaux peuvent être ensuite amenées dans un canal, longitudinal ou circulaire (*dessablage*), où leur vitesse est calculée de façon à permettre le dépôt des « grosses » matières en suspension (BREBION et al., 2012).

### II.2.2 Pré-oxydation (pré-ozonation)

Le système de préozonation a pour but d'oxyder des matières dissoutes dans l'eau. Cette oxydation permettra à la chaîne de clarification de retirer ces matières de l'eau. La préozonation permet aussi un début de désinfection de l'eau (ANONYME, 2001).

La détermination de sa concentration est primordiale car une dose trop forte amène à une eau de saveur désagréable et une dose trop faible donne une désinfection insuffisante (RODIER et al., 1984).

L'eau est par la suite acheminée par gravité vers la chaîne de clarification.

### II.2.3 Clarification

La clarification est l'ensemble des opérations permettant d'éliminer les matières en suspension *MES* (minérales et organiques) d'une eau brute, ainsi que des matières organiques dissoutes (DEGREMONT, 2005).

La clarification comprend les opérations de coagulation-floculation, de décantation et de filtration.

#### II.2.3.1 Coagulation-floculation

Le mot coagulation vient du latin *coagulare* qui signifie « agglomérer » (MASSCHELEIN, 1996).

La couleur et la turbidité d'une eau de surface sont dues à la présence de particules de très faible diamètre : les colloïdes. Leur élimination ne peut se baser sur la simple décantation. En effet, leur vitesse de sédimentation est extrêmement faible. Le temps nécessaire pour parcourir 1 m en chute libre peut être de plusieurs années.

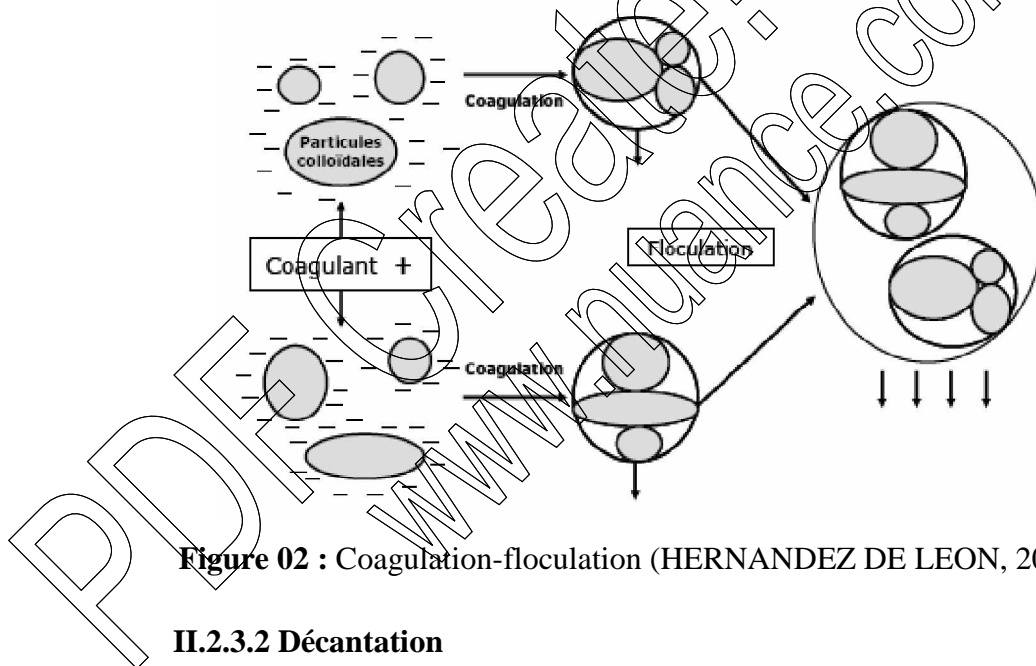


La coagulation et la floculation sont les processus qui permettent l'élimination des colloïdes.

La coagulation consiste à les déstabiliser. Il s'agit de neutraliser leurs charges électrostatiques de répulsion pour permettre leur rencontre. La floculation rend compte de leur agglomération en agrégats éliminés par décantation et/ou filtration (CARDOT, 1999).

La coagulation a pour but principale de déstabiliser les particules en suspension, c'est-à-dire de faciliter leur agglomération. En pratique, ce procédé est caractérisé par l'injection et la dispersion rapide de produits chimiques : sels minéraux cationiques.

La floculation a pour objectif de favoriser, à l'aide d'un mélange lent, les contacts entre les particules déstabilisées. Ces particules s'agglutinent pour former un floc qu'on peut facilement éliminer par les procédés de décantation et de filtration (voir figure 02) (DESJARDINS, 1997).



**Figure 02 :** Coagulation-floculation (HERNANDEZ DE LEON, 2006).

### II.2.3.2 Décantation

La décantation est un procédé qu'on utilise dans, pratiquement, toutes les usines d'épuration et de traitement des eaux (DESJARDINS, 1997).

Son objectif est d'éliminer les particules dont la densité est supérieure à celle de l'eau par gravité. La vitesse de décantation est en fonction de la vitesse de chute des particules, qui elle-même est en fonction de divers autres paramètres parmi lesquels : grosseur et densité des particules (VILAGINES, 2003).

Les matières solides se déposent au fond d'un ouvrage appelé « décanteur » pour former des boues « primaires ». Ces dernières sont récupérées au moyen de système de raclage. L'utilisation d'un décanteur lamellaire permet d'accroître le rendement de la décantation. Ce type d'ouvrage comporte des lamelles parallèles inclinées, ce qui multiplie la surface de décantation et accélère donc le processus de dépôt des particules.

La décantation est encore plus performante lorsqu'elle s'accompagne d'une floculation préalable (DEGREMONT, 1978).

### II.2.3.3 Filtration

La filtration est un procédé physique destiné à clarifier un liquide, qui contient des matières solides en suspension en le faisant passer à travers un milieu poreux. Les solides en suspension, ainsi retenus par le milieu poreux, s'y accumulent ; il faut donc nettoyer ce milieu de façon continue ou de façon intermittente.

La filtration, habituellement précédée des traitements de coagulation-floculation et de décantation, permet d'obtenir une bonne élimination des bactéries, de la couleur, de la turbidité et, indirectement, de certains goûts et odeurs (DESJARDINS, 1997).

### II.2.4 Désinfection

La désinfection est l'étape ultime du traitement de l'eau de consommation avant distribution (DEGREMONT, 2005).

Elle permet de détruire ou d'éliminer les micro-organismes susceptibles de transmettre des maladies; ce traitement n'inclut pas nécessairement la stérilisation, qui est la destruction de tous les organismes vivants dans un milieu donné.

On peut procéder à la désinfection en ajoutant à l'eau une certaine quantité d'un produit chimique doté de propriétés germicides. Les produits chimiques les plus utilisés sont : le chlore ( $\text{Cl}_2$ ), le dioxyde de chlore ( $\text{ClO}_2$ ), l'ozone ( $\text{O}_3$ ), le brome ( $\text{Br}_2$ ), l'iode ( $\text{I}_2$ ) et le permanganate de potassium ( $\text{KMnO}_4$ ).

On peut également désinfecter l'eau grâce à des moyens physiques : ébullition, ultrasons, ultraviolets (UV) ou rayon gamma (DESJARDINS, 1997).

Les ultraviolets sont de plus en plus utilisés, car ils présentent l'avantage de ne pas entraîner l'apparition de sous-produits de désinfection. Cependant, ils nécessitent un investissement important.

### II.2.5 Affinage (Traitement final)

Le traitement final traite de la mise à l'équilibre calco-carbonique. L'eau suit un cycle naturel dans lequel les éléments chimiques qu'elle contient évoluent (DEGREMONT, 2005). Donc c'est l'augmentation du pH l'ors du traitement s'abaissent jusqu'à l'équilibre, par l'utilisation de différents produits : bicarbonate de sodium, carbonate de sodium (c'est la carbonations) (GRAINDORGE, 2005).

### II.3 Processus de potabilisation des eaux souterraines

Le traitement de ce type d'eau n'est pas aussi sévère que celui des eaux superficielles mais l'exigence qualitative est demandée. Le traitement dans ce cas se résume sur une filtration et une désinfection. Les normes chimiques sont très strictes du fait que certaines eaux peuvent montrer une carence minérale majeur ou bien un excès (RODIER *et al.*, 1984).

---

---

***PARTIE EXPERIMENTALE***

---

---

---

---

**CHAPITRE III**  
**MATÉRIEL ET MÉTHODES**

---

---

### III.1. Description du site d'étude

#### III.1.1 Situation géographique

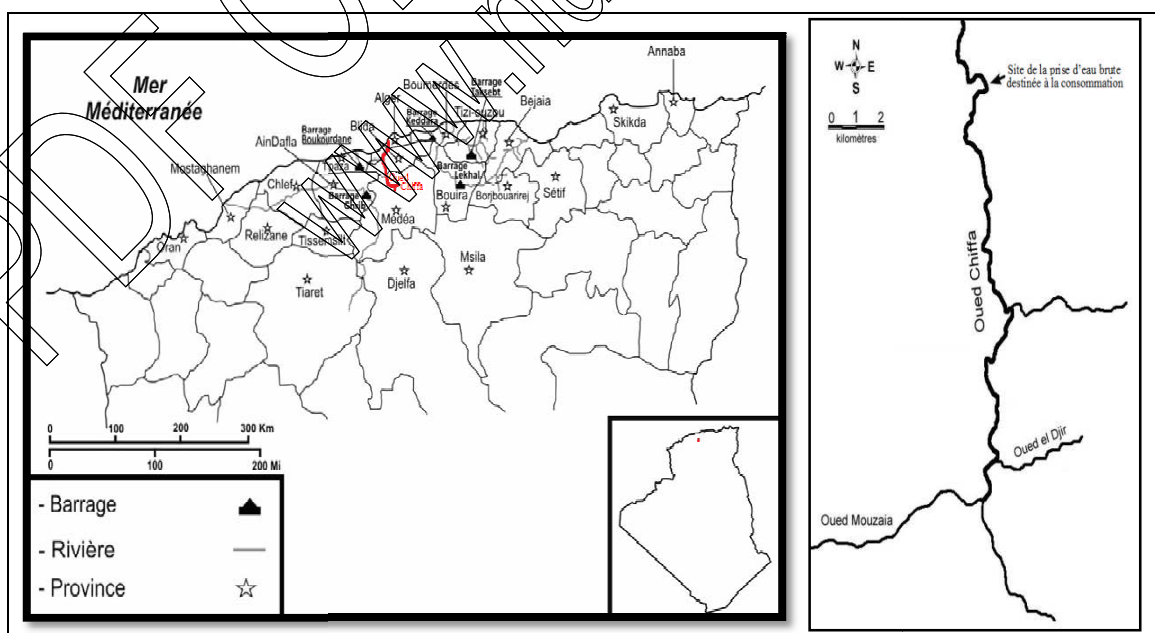
Le site d'emplacement de la prise d'eau est situé à 6 Km en amont de l'intersection de la RN n°1 avec la route menant vers la ville de Chiffa. A cet endroit l'oued forme un coude et présente un étranglement. Ce site est situé à proximité de la Citadelle construite sur la rive gauche de l'oued. On y accède au site à partir de la RN n°1 en empruntant soit le chemin passant par l'ancienne carrière située en rive gauche de l'oued soit par une piste à l'amont de cette dernière. Au voisinage du site, l'oued coule parallèlement à la RN n°1.

La largeur de l'axe au niveau du site est estimée à 70 m environ.

Le bassin versant est densément boisé.

Le site de prise d'eau envisagé sur l'oued Chiffa se situe dans la région de Tala Oudjabar entre Sidi Brahim et Sidi Mokhfi avec une altitude d'environ 168 m.

L'écoulement de l'oued est permanent même durant la période d'étiage. Le débit d'étiage constitué essentiellement par le débit des différentes sources est plus au moins important (DHWB, 2011).



**Figure 03 :** Localisation du site de la prise d'eau brute destinée à la consommation (HAMAIDI et al., 2008).

### III.2 Matériel et méthodes physico-chimiques

Le matériel non biologique utilisé dans l'analyse physico-chimique est mentionné dans l'annexe n° III.

Les échantillons d'eau nécessaire aux analyses physico-chimiques ont été prélevés à l'aide d'une bouteille en plastique de 1 litre à la surface de l'eau.

Nos échantillons ont été effectués pendant 6 mois (de Mars à Août 2013) dans douze (12) bouteilles en plastique (de 1 l de contenance) dont six (6) échantillons à la surface marqués « ES » et six (échantillons) au niveau de point de drainage d'eaux alluviales de l'oued marqués « EA ».

ES : Eau brute de surface d'oued Chiffa / EA : Eau brute alluviales d'oued Chiffa.

#### III.2.1 Mode de prélèvements

Durant les prélèvements, les flacons sont rincés trois fois avec de l'eau à analyser puis remplis jusqu'au bord. Le bouchon est placé de telle manière à ce qu'il n'y ait aucune bulle d'air et qu'il ne soit pas éjecté au cours du transport. Les prélèvements s'effectuent dans les meilleures conditions de stérilisation (RODIER *et al.*, 2005).

Après prélèvement, les échantillons sont transportés aseptiquement à la température de 4°C dans une glacière fermée pour assurer une conservation satisfaisante jusqu'au laboratoire d'ADE appartenant à l'unité de Chiffa de la wilaya de Blida.

#### III.2.2 Analyses physico-chimiques

La nécessité d'un suivi dans le contrôle de l'eau fait que divers types d'analyses physico-chimiques sont réalisées, à une fréquence variable et sont indiquées dans le tableau suivant:

**Tableau IV:** Analyses physico-chimiques effectuées.

	<b>Analyses réduites</b>	<b>Analyses complètes</b>
<b>Fréquence</b>	Chaque prélèvement (chaque mois)	Premier et dernier prélèvement
<b>Paramètres physico-chimiques recherchés</b>	pH- Température – Conductivité- Turbidité- Ammonium - Nitrites.	Toutes les analyses réduites + Résidu sec- TA- TAC- TH- TH(Mg)- TH(Ca)- M.O- Chlorures- Sulfates- Nitrates- Phosphates.

### III.2.2.1 Dosage des paramètres physiques

#### ❁ Mesure de la température :

##### *Principe*

La température est mesurée par un thermomètre.

##### *Mode opératoire*

Rincer le thermomètre dans l'échantillon et laisser l'appareil se stabiliser puis on note la valeur de la température.

##### *Expression des résultats*

La valeur de la température obtenue estimée en degré Celsius (°C).

#### ❁ Mesure de pH :

Le pH est mesuré directement à l'aide d'une électrode de pH combinée. Il consiste à tremper l'électrode dans le bûcher de l'échantillon, laisser stabiliser un moment, puis noter le pH (RODIER et *al.*, 2005).

##### *Principe*

La mesure du pH d'une solution s'appuie sur la mesure du potentiel d'une électrode à hydrogène plongée dans la solution.

##### *Mode opératoire*

Etalonner le pH mètre par la solution tampon, puis rincer l'électrode par l'eau distillée. Plonger l'électrode dans l'échantillon, et laisser l'appareil se stabiliser puis noter la valeur du pH.

##### *Expression des résultats*

L'appareil donne directement la valeur du pH correspondante.

#### ❁ Mesure de la conductivité électrique :

##### *Principe*

Pour la détermination de la conductivité, il est utilisé un conductimètre multiéléments.

##### *Mode opératoire*

Elle est déterminée après rinçage plusieurs fois de l'électrode, d'abord avec de l'eau distillée puis en la plongeant dans un récipient contenant de l'eau à examiner; faire la mesure en prenant soin que l'électrode soit complètement immergée.



**Expression des résultats**

Le résultat de conductivité est donné directement en  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (RODIER et al., 2005).

**✿ Mesure de la turbidité :****Principe**

La mesure est basée sur le principe de l'effet Tyndall qui dit qu'un liquide trouble s'éclaire vivement lorsqu'il est traversé par un faisceau lumineux dû aux particules insolubles en suspension dans l'eau qui diffusent une portion du rayon lumineux. Cette mesure est réalisée par le turbidimètre.

**Mode opératoire**

Remplir une cuvette de mesure propre et bien essuyer avec du papier hygiénique, avec l'échantillon à analyser, bien homogénéiser et effectuer rapidement la mesure. Il est nécessaire de vérifier l'absence de bulles d'air avant la mesure (RODIER et al., 2005).

**Expression des résultats**

La lecture s'effectue directement dans un turbidimètre. Les résultats expriment en Néphelometric Turbidity Unit (NTU).

**✿ Détermination du résidu sec :****Principe**

La détermination des résidus permet d'estimer la teneur en matières dissoutes et en suspension d'une eau.

**Mode opératoire**

Elle consiste à prélever 100 ml d'eau à analyser dans une fiole jaugée et la déverser dans la capsule. Cette est dernière placée à l'étuve à 105°C pendant 24 heures, puis laisser refroidir pendant ¼ d'heure au dessiccateur, et peser immédiatement.

**Expression des résultats**

Les résultats sont donnés en mg/l suivant l'expression (RODIER et al., 2005):

$$RS = (PP - PV) \times 10 \times 1000$$

PP: Poids plein de la capsule.

PV: Poids à vide de la capsule.

### III.2.2.2 Dosage des paramètres chimiques

#### ❁ Dosage de Nitrite :

Les nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) sont dosés suivant la méthode colorimétrique.

##### *Principe*

Les nitrites réagissent avec le Sulfanilamide pour former un composé diazoïque qui, après copulation avec le N1 Naphtyléthylènediamine dichloride donne une coloration rose mesurée à 543 nm.

##### *Mode opératoire*

- Prise d'échantillon 50 ml + 1 ml de solution de sulfanilamide à 1%.
- Agiter puis repos 5 minutes ;
- Ajouter 1 ml de solution N-Naphtyle, puis agiter et repos 10 min.

En présence des nitrites, on a une coloration rose.

La lecture sera effectuée au colorimètre à 543 nm.

##### *Expression des résultats*

Le résultat est donné directement en mg/l (ISO 6777, 1994).

#### ❁ Dosage de Nitrate :

La méthode utilisée est la méthode spectrophotométrique d'absorption moléculaire (méthode au salicylate).

##### *Principe*

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrosnylate de sodium coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique. Le résultat est donné directement en mg/l à une longueur d'onde de 415 nm (ISO7890/3, 1994).

##### *Mode opératoire*

Dans une capsule on ajoute 1 à 2 gouttes de NaOH à 30% et 1ml de salicylate de sodium à 10 ml de l'échantillon à analyser et on évapore à l'étuve à 70-80°C, puis on laisse refroidir. On reprendre le résidu avec 2 ml d'acide sulfurique pur ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) et on laisse reposer 10 minutes puis on ajoute 15 ml d'eau distillée et 15 ml de solution de soude et de tartrate double de sodium et de potassium (on obtient une coloration jaune pour les étalons). La lecture sera effectuée à l'aide d'un spectrophotomètre à une longueur d'onde 415 nm (RODIER et *al.*, 1984).

**Expression des résultats**

Les résultats sont donnés directement en mg/l (RODIER *et al.*, 1984) :

$$\text{mg/l (NO}_3\text{)} = L^* \cdot F \cdot 4,43$$

F = valeur théorique / valeur pratique.

\* : valeur lue sur l'appareil.

- Ne pas omettre de déterminer le facteur (F) de correction pour toute mesure au spectrophotomètre.

✿ **Dosage de phosphate (PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>) :**

La détermination des phosphates (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) se fait par méthode colorimétrique (Spectrophotomètre UV-visible).

**Principe**

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

**Mode opératoire**

On ajoute 2 ml de réactif mixte (A+B) et 1 ml d'acide ascorbique (C) à 40 ml d'eau à analyser, après homogénéisation on laisse agir pendant 10 min. L'apparition d'une couleur bleue indique la présence des phosphates, la lecture sera effectuée à l'aide d'un spectrophotomètre à une longueur d'onde de 880 nm.

**Expression de résultat**

Le résultat de dosage est donné directement en mg/l (ISO 6878/1, 1994).

✿ **Dosage de sulfate (SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>) :**

Les sulfates sont dosés par spectrophotométrie UV visible à 420 nm.

**Principe**

Les ions sulfates sont précipités et passés à l'état de sulfate de baryum, en présence de BaCl<sub>2</sub> (Chlorures de baryum) (LADJEL, 2009).

**Mode opératoire**

On complète les 20 ml d'eau à analyser par 100 ml d'eau distillée, on ajoute 5 ml de la solution stabilisante et 2 ml de chlorure de baryum. Après agitation pendant 1min on fait la lecture à une longueur d'onde égale à 420 nm.

**Expression des résultats**

L'expression des résultats est donnée par :

$$\text{SO}_4^{2-} \text{ (mg/l)} = \text{Valeur lue} \times \text{facteur de la dilution}$$

✿ **Dosage de chlorure (Cl<sup>-</sup>)**

La détermination des chlorures (Cl<sup>-</sup>) se fait par titrage au nitrate d'argent avec du chromate comme indicateur (Méthode de Mohr).

**Principe**

Les ions chlorure réagissent avec les ions argent pour former du chlorure d'argent insoluble précipitant quantitativement. L'addition d'un petit excès d'ion d'argent et formation du chromate d'argent brun-rouge avec des ions chromate qui on ajoutés comme indicateur. Cette réaction est utilisée pour l'indication du virage. Durant le titrage, le pH est maintenu entre 5 et 9.5, afin de permettre la précipitation.

**Mode opératoire**

Introduire dans un Erlen 100 ml l'échantillon préalablement filtré. Ajouter deux à trois gouttes d'acide nitrique pur puis une pincée de CaCO<sub>3</sub> et trois gouttes de chromate de potassium (10%). Titrer au moyen d'une solution de nitrate d'argent (N/10) jusqu'à apparition d'une tinte rougeâtre.

**Expression des résultats**

L'expression des résultats est donnée par la formule suivant :

$$\text{Chlorures exprimés en Cl}^- : \text{Cl}^- \text{ (mg/l)} = V_{\text{AgNO}_3} \times 35,5$$

$$\text{Chlorures exprimés en NaCl} : \text{NaCl} \text{ (mg/l)} = V_{\text{AgNO}_3} \times 58,5$$

$V_{\text{AgNO}_3}$  : Volume d'AgNO<sub>3</sub> nécessaire pour le dosage de l'échantillon (ISO 9297, 1990).

✿ **Dosage d'ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) :**

La détermination de l'azote ammoniacal (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) est obtenue par méthode colorimétrique.

**Principe**

L'ammonium et les composés ammoniacaux réagissent avec le réactif de Nessler en donnant un complexe colloïdale jaune brunâtre ou rougeâtre. La coloration obtenue est appréciée à l'aide d'un colorimètre à 415 nm.

**Mode opératoire**

- Prise d'échantillon 50 ml + 2 ml de réactif de Nessler. Mélanger ;
- Repos 10 min ;
- S'il existe les ions de  $\text{NH}_4^+$ , la coloration jaune brunâtre apparaît ;
- Mesure à 415 nm.

**Expression des résultats**

Le résultat est donné directement en mg/l (ISO 5664,1990).

❁ **Détermination de la dureté (TH) :**

La dureté est mesurée par la somme des concentrations en degrés de  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$  et s'exprime par le TH (titre hydrotimétrique) par méthode titrimétrique à l'EDTA.

**Principe**

Le titrage molaire des ions calcium et magnésium se fait à l'aide d'une solution de sel disodique de l'acide éthylène-diamine-tétraacétique (EDTA) à pH10. Le noir érichrome T, qui donne une couleur bleu en présence des ions calcium et magnésium, est utilisé comme indicateur.

**Mode opératoire**

- Prélever 100 ml d'échantillon, chauffer la prise d'échantillon à une température d'environ 60°C, ajouter 5ml de la solution tampon et une quinzaine de gouttes (ou une pincée) d'indicateur.
- Titrer avec le complexe EDTA (N/50) jusqu'au virage de rouge vineux au bleu.

**Expression des résultats**

L'expression des résultats est donnée par la formule suivant :

$$\text{La dureté (°F)} = V \text{ (ml)}$$

V : le volume d'EDTA nécessaire pour le dosage de l'échantillon (ISO 6059, 1989).

Avec : 1°F= 5 meq/l = 10 mg/l de  $\text{CaCO}_3$ .

**1. Détermination de la dureté magnésienne [TH (Mg)] :**

Dans un Erlen Meyer, introduire 100 ml d'échantillon, ajouter 10 ml d'oxalate d'ammonium. Agiter et laisser reposer 30 minutes puis filtrer. Prendre 50 ml du filtrat et opérer comme par le titre hydrotimétrique, soit  $V_1$  le volume nécessaire, calcul :

$$\text{TH (Mg)} = 0,9 \times V_1 = ^\circ\text{F}.$$

$V_1$  : le volume d'EDTA nécessaire pour le dosage de l'échantillon.

Avec :  $1^\circ\text{F} = 2.43 \text{ mg/l de Mg}$ .

## 2. Détermination de la dureté calcique [TH (Ca)] :

On détermine la dureté calcique par différence :

$$\text{TH (Ca)} = \text{TH (Total)} - \text{TH (Mg)} = ^\circ\text{F}$$

Avec:  $1^\circ\text{F} = 4 \text{ mg/l de Ca}$ .

### ❁ Détermination de l'alcalinité :

Titre alcalimétrique TA et TA complet permettent de connaître les quantités d'hydroxydes, de carbonates et de bicarbonates présents dans l'eau. L'évolution de ces paramètres dans les circuits est en fonction des conditions naturelles (météorologiques, caractéristiques de l'eau d'appoint) (RODIER et *al.*, 1996).

#### 1. Détermination du Titre alcalimétrique

##### **Principe**

Cette détermination est basée sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué (en générale HCl N/10), en présence d'un indicateur coloré.

##### **Mode opératoire**

- Prélever 100 ml d'échantillon dans une capsule en porcelaine blanche de 12cm de diamètre.
- Ajouter une ou deux gouttes de la solution de phénol phtaléine à 0,5%. Une coloration rose doit alors se développer.
- Verser ensuite doucement l'acide dans la capsule à l'aide d'une burette en agitant constamment et ceci jusqu'à décoloration.

##### **Expression des résultats**

L'expression des résultats est donnée par la formule suivant :

$$\text{TA (}^\circ\text{F)} = 5 \times V \text{ (ml)}$$

$V$  : le volume d'acide minéral dilué (HCl) nécessaire pour le dosage de l'échantillon.

## 2. Détermination du TAC :

### *Mode opératoire*

- Utiliser l'échantillon précédant, s'il n'y a pas une coloration.
- Ajouter deux gouttes d'hélianthine et titrer avec le même acide jusqu'à coloration jaune orangé.

### *Expression des résultats*

L'expression des résultats est donnée par la formule suivant :

$$\text{TAC (°F)} = 5 \times V' \text{ (ml)}$$

$V'$  : le volume d'acide minéral dilué (HCl) nécessaire pour le dosage de l'échantillon.

### ✿ Détermination de la matière organique :

La détermination de la matière organique (M.O) se fait par l'oxydabilité au permanganate de potassium.

### *Principe*

Ce test a pour but d'approcher de la teneur en matière organique présentée dans l'eau. On oxyde l'échantillon par un excès connu de permanganate de potassium, en milieu acide et à chaud.

### *Mode opératoire*

- On ajoute 10 ml d'acide sulfurique ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) dilué à 100 ml d'eau à analyser.
- Porter à l'ébullition pendant une minute sur une plaque chauffante.
- Ajouter 10 ml de permanganate de potassium N/80, et on laisse à une ébullition régulière et douce pendant 10 minutes.
- Laisser refroidir et ajouter 15 ml de sulfate ferreux ammoniacal N/80.
- Enfin, on titre par  $\text{KMnO}_4$  (N/80) jusqu'à coloration rose pâle persistante pendant 15 à 20 secondes.
- On fait toujours un essai à blanc (avec eau distillée).

### *Expression des résultats*

L'expression des résultats est donnée par la formule suivant :

$$\text{M.O (mg/l)} = V - V_0$$

$V_0$  (ml) : Volume de  $\text{KMnO}_4$  (N/80) nécessaire pour le dosage du blanc.

$V$  (ml) : Volume de  $\text{KMnO}_4$  (N/80) nécessaire pour le dosage d'échantillon (ISO 8467, 1994).

### III.3 Matériel et méthodes bactériologiques

Pour effectuer les analyses bactériologiques, nous avons utilisé un matériel non biologique représenté par des solutions, réactifs, milieux de culture, appareillages et verreries (voir annexe n° III).

#### III.3.1 Mode de prélèvements

Les échantillons sont recueillis directement dans des flacons en verre de 250 ml de volume, stérilisés au préalable. Les flacons sont remplis au 4/5 de leur volume et ce pour maintenir en survie des bactéries aérobies. Ils sont étiquetés puis maintenus à une température comprise entre 1 et 4°C dès leurs prélèvements pour empêcher la multiplication des germes et sont ensuite transportés jusqu'au laboratoire d'ADE et également au laboratoire d'hygiène de Blida. Le délai maximum entre le prélèvement et début de l'analyse ne doit pas excéder 24 heures (RODIER, 2005).

#### III.3.2 Analyses bactériologiques

Une analyse bactériologique d'une eau brute pour la production d'eau potable comporte la détection et le dénombrement des bactéries indicatrices de la pollution fécale :

a) Bactéries indicatrices de la pollution des eaux douces :

- Coliformes totaux ;
- Coliformes fécaux ;
- Streptocoques fécaux ;
- *Clostridium* sulfite-réducteurs.

b) Bactéries pathogènes :

- Salmonelle ;
- Vibrio cholérique.



### III.3.2.1 Préparation des dilutions de l'eau :

Diluer une solution, c'est diminuer sa concentration. Pour se faire, on rajoute une quantité de solvant (souvent de l'eau distillée) à un volume précis de la solution initiale (l'eau à analyser).

Durant notre travail nous avons réalisé une dilution au  $\frac{1}{2}$  (ou dite à 50%) : cela signifie que la concentration est divisée par 2. On doit donc diviser par 2 le nombre des bactéries présentes dans la solution initiale. Une façon de procéder serait d'ajouter le même volume de solvant que de solution initiale (MISEUR, 2012).

Le tableau V et la figure n° 4 dans l'annexe n° IV donnent quelques exemples de dilutions courantes.

### III.3.2.2 Recherche et dénombrement des coliformes

La colimétrie désigne les méthodes bactériologiques permettant de rechercher et de dénombrer les coliformes dans un échantillon d'eau.

La recherche et le dénombrement des coliformes peuvent se faire selon deux méthodes :

- Soit par filtration sur membrane pour les eaux peu polluées. Elle est applicable aux eaux d'alimentation ainsi que les eaux de piscines.
- Soit par ensemencement en milieu liquide (NPP) pour les eaux chargées en matières en suspension (eau de surface...) (DELARRAS, 2000).

Cette dernière a été utilisée au cours de notre expérimentation.

#### **La technique en milieu liquide sur BCPL :**

Selon LEBRES et al. (2002), 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 : ou test de Mac Kenzie est réservé à la recherche des coliformes fécaux à partir des tubes positifs du test de présomption.

#### **1- Test de présomption :**

À partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement :

- 3 fois 10 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu de BCPL (D/C) muni d'une cloche de Durham.

- 3 fois 1 ml dans 3 tubes contenant de 10 ml de milieu de BCPL (S/C) muni d'une cloche de Durham.

- 3 fois 0,1 ml dans 3 tubes contenant de 10 ml de milieu BCPL (S/C) muni d'une cloche de Durham, comme l'indique la figure 05 en annexe n° V.

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 48h.

**Lecture :**

Sont considérés comme positifs, tous les tubes présentant à la fois :

- Un dégagement gazeux (supérieur à 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 sont témoin de la fermentation du lactose dans les conditions opératoires décrites.

Pour noter le nombre des coliformes totaux, on se réfère à la table du NPP qui figure dans l'annexe n° VI.

**2- Test de confirmation ou test de Mac Kenzie :**

Le test de confirmation est basé sur la recherche des coliformes thermotolérants parmi lesquels on redoute surtout la présence d'*Escherichia coli*.

Les tubes de BCPL trouvés positifs lors du dénombrement des coliformes totaux feront l'objet d'un repiquage :

- On met 1 ml à partir des tubes de BCPL positifs dans les tubes contenant le milieu de Schubert muni d'une cloche de Durham, comme l'indique la figure 06 en annexe n° V.

- Le gaz présent éventuellement dans les cloches du Durham est chassé, on mélange le milieu et l'inoculum.

**Incubation :**

L'incubation s'effectue pendant 24 h à 44°C.

**Lecture :**

Sont considérés comme positifs, les tubes présentant **à la fois** :

- Un dégagement gazeux, et
- Un anneau rouge en surface, témoins de la production d'indole par *Escherichia coli* après avoir ajouté 2 à 3 gouttes du réactif de Kovacs.

La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table de NPP.

Étant donné que les coliformes fécaux font partie des coliformes totaux, il est impossible de trouver plus de coliformes fécaux que les coliformes totaux.

**Tableau VI :** Utilisation de la table de NPP pour dénombrer les coliformes.

Inoculum	Test de présomption	Nombre caractéristique	Test de confirmation		Nombre caractéristique
			Gaz	Indole	
3 × 10 ml	+	3	+	+	2
	+		+	+	
	+		+	-	
3 × 1 ml	+	3	+	+	2
	+		+	+	
	+		-	-	
3 × 0,1 ml	+	1	-	-	0
	-		-	-	

- Le nombre caractéristique relatif au dénombrement des coliformes totaux est donc 331 ce qui correspond sur la table de NPP à «  $460 \times 2$  (l'inverse de la dilution) », donc 920 coliformes totaux.

- 220 correspond sur la table de NPP à «  $21 \times 2$  (l'inverse de la dilution) », donc 42 coliformes fécaux.

**920 coliformes totaux dans 100 ml d'eau à analyser.**

**42 coliformes fécaux dans 100 ml d'eau à analyser.**

### III.3.2.3 Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux

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 :

#### 1- Test de présomption :

À partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement :

- 3 fois 10 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu ROTHE (D/C).
- 3 fois 1 ml dans 3 tubes contenant de 10 ml de milieu ROTHE (S/C).
- 3 fois 0,1 ml dans 3 tubes contenant de 10 ml de milieu ROTHE (S/C) (voir figure 07 en annexe n° V)

Bien mélanger le milieu et l'inoculum.

#### Incubation :

L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures.

#### 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.

#### 2- 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 dans des tubes contenant le milieu EVA LITSKY (voir figure 08 en annexe n° V).

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 blanchâtre au fond des tubes.

La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table de Mac Grady.

**Tableau VII :** Utilisation de la table de NPP pour dénombrer les streptocoques fécaux.

Inoculum	Test de présomption	Test de confirmation		Nombre caractéristique
		Trouble	Pastille blanchâtre	
3 × 10 ml	+	+	+	3
	+	+	+	
	+	+	+	
3 × 1 ml	+	-	-	0
	-			
	-			
3 × 0,1 ml	+	+	+	2
	+	+	+	
	+	-	-	

- Le nombre relatif caractéristique au dénombrement des streptocoques fécaux est donc 302, ce qui correspond sur la table du NPP au chiffre 64, donc «  $64 \times 2$  (l'inverse de la dilution) », donne 128 streptocoques fécaux.

**128 streptocoques fécaux dans 100 ml d'eau à analyser.**

#### III.3.2.4 Recherche et dénombrement des spores du *Clostridium* sulfito-réducteur

La recherche de *Clostridium* sulfito-réducteur se fait sur Milieu viande foie sulfité.

##### - Technique :

- Introduire 20 ml de la solution mère (échantillon d'eau) dans un tube sec et stérile.
- Chauffer à 80 °C pendant 10 minutes,
- Après chauffage, refroidir immédiatement le tube à l'eau de robinet pour faire un choc thermique pour éliminer toutes les formes végétatives et ne laisser que les formes sporogènes.

- Répartir ensuite le contenu de ce tube, dans 4 tubes différents et stériles, à raison de 5 ml par tube.
- Ajouter 20 ml de gélose VF, fondue puis refroidie à  $45 \pm 1^\circ\text{C}$ , additionnée d'une ampoule d'alune de fer et d'une ampoule de sulfite de sodium.
- Mélanger doucement le milieu et l'inoculum en évitant les bulles d'air et en évitant l'introduction d'oxygène.
- Laisser solidifier sur la paillasse pendant 30 minutes environ (voir figure 09 en annexe n° V).

**- Incubation :**

À  $37^\circ\text{C}$  pendant 24h à 48 heures.

**- Lecture :**

- La première lecture doit absolument être faite à 16 heures car très souvent les spores des bactéries des ASR seront envahissantes auquel cas on se trouvera en face d'un tube complètement noir rendant ainsi l'interprétation difficile voire impossible et la deuxième lecture se fera à 24 heures et la troisième et la dernière à 48 heures.

- Il est donc impératif de repérer et de dénombrer rapidement toutes les colonies noires de 0,5 cm de diamètre, ayant poussées en masse, en excluant d'emblée les colonies qui seraient développées en zone aérobies-anaérobie, soit jusqu'à 1 cm en dessous de niveau de la gélose.

Comptage des colonies noires lenticulaires dans le fond de tubes.

**Lecture des résultats :**

Rapporter le nombre total des colonies à 20 ml d'eau à analyser.

### III.3.2.5 Recherche des Salmonelles

La recherche des Salmonelles est réalisée en 4 étapes :

➤ **1<sup>er</sup> jour : Enrichissement primaire.**

On introduit 50 ml de l'eau à analyser dans 100 ml de bouillon du sélénite-cystéine D/C. La solution obtenue est appelée SFB<sub>I</sub>. Elle est incubée à  $37^\circ\text{C}$  pendant 18 à 24h.

➤ **2<sup>ème</sup> jour : Enrichissement secondaire et Isolement.**

La solution SFB<sub>I</sub> incubée la veille pour effectuer le 2<sup>ème</sup> enrichissement sur bouillon sélénite-cystéine en tubes (solution SFB<sub>II</sub>) à raison de 1 ml par tube et un

isolement sur gélose Héктоen<sub>I</sub> (H<sub>I</sub>). Dans les deux cas, l'incubation est réalisée à 37 °C pendant 18 à 24 h.

➤ **3<sup>ème</sup> jour : Enrichissement tertiaire et Isolement.**

À partir du bouillon SFB<sub>II</sub> isolé sur gélose Héктоen<sub>II</sub> (H<sub>II</sub>), prendre 1 ml de SFB<sub>II</sub> et l'introduire dans un bouillon sélénite-cystéine (SFB<sub>III</sub>). L'incubation se fait donc à 37 °C pendant 18 à 24 h.

➤ **4<sup>ème</sup> jour : Lecture et identification.**

La boîte gélose Héктоen fera l'objet d'une lecture. Les Salmonelles apparaissent le plus souvent sous forme de colonies bleutées à centre noir (voir figure 10 en annexe n° V).

Ces dernières subiront une identification biochimique.

### III.3.2.6 Recherche des Vibrions cholériques

La recherche des Vibrions se fait en 4 étapes :

➤ **1<sup>er</sup> jour :**

Le premier enrichissement s'effectue sur milieu Eau Péptonée Alcalin (EPA) 10 fois concentré réparti à raison de 50 ml par flacon, au quel on ajoute aseptiquement 250 ml d'eau à analyser, puis incubé à 37 °C pendant (6-18 à 24h).

➤ **2<sup>ème</sup> jour :**

Le 2<sup>ème</sup> enrichissement se fait sur milieu EPA<sub>II</sub> en tubes à raison de 1 ml par tube et un isolement sur GNAB<sub>I</sub> (Bouillon Nutritif Alcaline Biliée).

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

➤ **3<sup>ème</sup> jour :**

D'une part, le tube EPA<sub>II</sub> fera l'objet d'un isolement sur GNAB<sub>II</sub> et d'autre part, la boîte de gélose GNAB<sub>I</sub> subira une lecture, en tenant compte que les Vibrions se présentent le plus souvent sous forme des grosses colonies lisses et transparentes caractéristiques.

➤ **4<sup>ème</sup> jour :**

Une lecture de boîte de gélose GNAB<sub>II</sub> sera effectuée avec une identification biochimique s'il s'agit des colonies suspectes (voir figure 11 en annexe n° V).

---

---

**CHAPITRE IV :**  
**RÉSULTATS ET DISCUSSION**

---

---



## IV.1 Résultats et discussion des analyses physico-chimiques

Les analyses physico-chimiques ont été effectuées au laboratoire d'ADE, elles consistent à la détermination des différents paramètres physiques et chimiques au nombre de 17 parmi eux 11 paramètres ont été réalisés deux fois durant notre étude (voir tableaux des résultats : VIII et IX).

### IV.1.1 Résultats d'analyses physiques des échantillons d'eau

**Tableau VIII :** Résultats du dosage des paramètres physiques des échantillons d'eau de l'oued Chiffa.

Dates de prélèvements	Paramètres Echantillons	T° eau (°C)	Ph	C.E (µS/cm)	Turbidité (NTU)	R.S (mg/l)
12.03.2013	ES	12,5	8,48	535	3,98	300
	EA	12,2	8,34	544	6,89	340
15.04.2013	ES	16,5	8,47	513	12,5	PM
	EA	16,2	8,26	510	16,4	PM
26.05.2013	ES	15,3	8,50	475	46,9	PM
	EA	15,0	8,48	481	45,6	PM
16.06.2013	ES	21,2	8,18	605	5,29	PM
	EA	22,8	8,03	583	6,31	PM
07.07.2013	ES	22,4	8,45	535	7,44	PM
	EA	22,6	8,42	537	10,4	PM
04.08.2013	ES	23,3	8,35	565	3,08	310
	EA	24,5	8,06	609	2,79	340
<b>Minimum</b>	ES	12,5	8,18	475	3,08	300
	EA	12,2	8,03	481	2,79	340
<b>Maximum</b>	ES	23,3	8,50	605	46,9	310
	EA	24,5	8,48	609	45,6	340
<b>Moyenne</b>	ES	18,5	8,40	538	13,19	305
	EA	18,8	8,26	544	14,73	340
<b>Moyenne générale</b>		18,7	8,33	541	13,95	322,5

ES: Eau de Surface EA: Eau alluviale PM: Pas mesuré C.E: Conductivité électrique R.S: Résidu sec

#### ❁ La température :

Selon LAIDANI et *al.* (2009), la température des eaux superficielles est influencée par la température de l'air et ceci d'autant plus que leur origine est moins profonde. Et d'une façon générale, la température des eaux est influencée par l'origine dont elles proviennent (superficielles ou profondes) (RODIER et *al.*, 1984).

La température de deux échantillons d'eaux d'oued Chiffa est très voisine et variée en fonction d'un rythme saisonnier (figure 12) avec une valeur globalement comprise entre 12,2°C au mois de Mars et 24,5°C au mois d'Août et une moyenne de 18,7°C (tableau VIII). La température moyenne des eaux de surface (18,5°C) est sensiblement égale à celle des eaux alluviales (18,9°C).

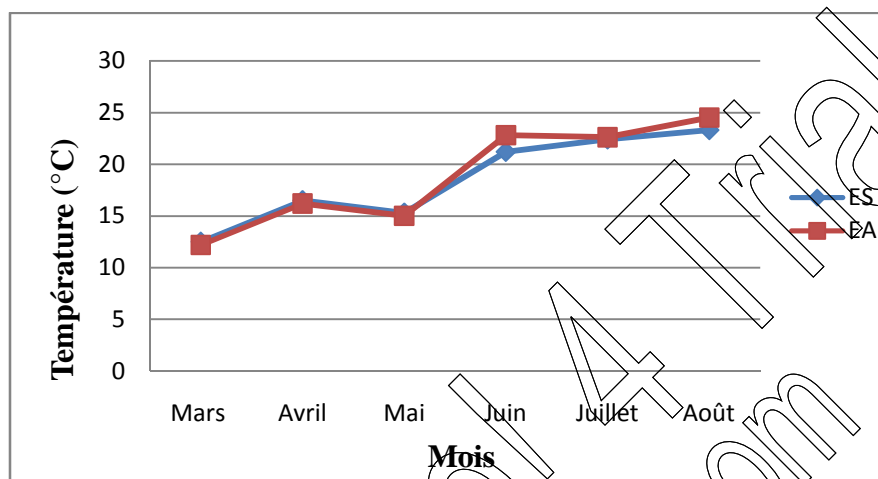


Figure 12 : Variations mensuelles de la température.

#### Le pH :

Habituellement, les valeurs du pH se situent entre 6 et 8,5 dans les eaux naturelles (CHAPMAN et KIMSTACH, 1996).

Les eaux douces présentent des valeurs de pH assez variables en fonction de la température et les activités biologiques (photosynthèse et fermentation). Il diminue en présence des teneurs élevées en matière organique et augmente en période d'étiage, lorsque l'évaporation est importante (MEYBECK et *al.*, 1996).

Le tableau VIII révèle que les eaux d'oued Chiffa sont alcalines et dépassent les 7 unités de pH durant toute la période d'étude et une variabilité des valeurs de pH de 8,03 à 8,50 (classe 6) de NISBERT et VERNEAUX (1970) (In ARRIGNON, 1982) (Annexe n° I), ce qui correspondent à une alcalinité moyenne. Le pH des eaux varie respectivement de 8,40 à la surface à 8,26 à la nappe alluviale. L'eau est donc légèrement plus alcaline à la surface qu'à la nappe (figure 13).

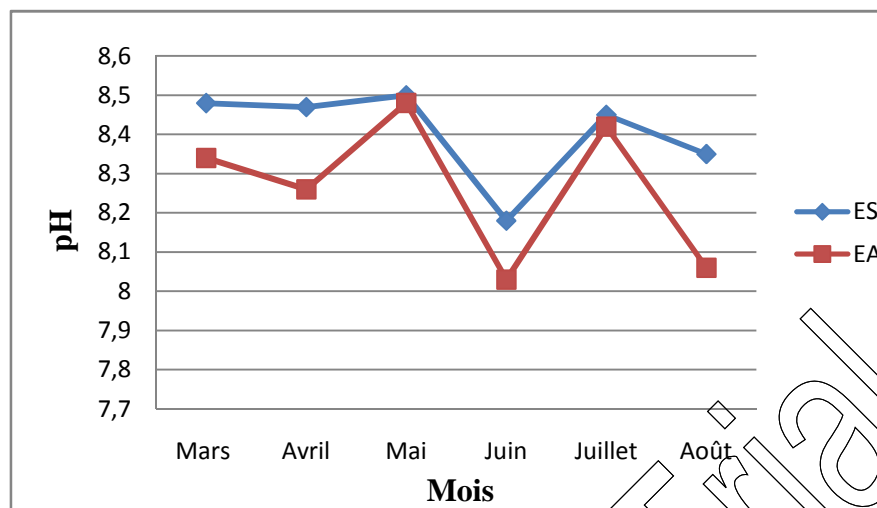


Figure 13 : Variations mensuelles du pH.

#### ● La conductivité électrique :

La mesure de la conductivité permet d'apprécier la quantité de sels dissouts dans l'eau. Elle est en fonction de la température de l'eau et est plus importante quand celle-ci est élevée (PESCOD, 1985 ; RODIER *et al.*, 1984).

Les eaux de notre zone d'étude ont une conductivité variant entre 475  $\mu\text{S}/\text{cm}$  et 609  $\mu\text{S}/\text{cm}$  avec une moyenne de 541  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , correspondant à une minéralisation moyenne accentuée d'après la classification de NISBET et VERNEAUX (1970) (In ARRIGNON, 1982) (Annexe n° I). A la surface la conductivité est de 538  $\mu\text{S}/\text{cm}$  contre 544  $\mu\text{S}/\text{cm}$  à la nappe, l'eau est donc peu minéralisée à la surface qu'à la nappe (figure 14).

Notons aussi que les valeurs obtenues du C.E permet de classer la qualité des eaux de rivière à la classe IB (C.E de 400 à 750  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) (voir tableau II en annexe n°

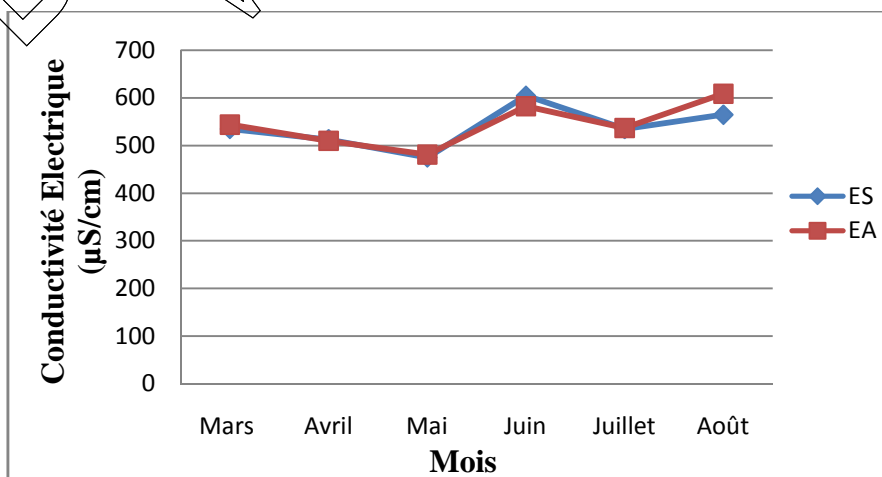


Figure 14 : Variations mensuelles de la conductivité électrique.

Les modifications de paramètre de la conductivité dans les eaux de surface peuvent avoir lieu au cours de l'année et selon les saisons, ceci est en fonction de la température qui influe sur la solubilité des ions (RODIER *et al.*, 2005).

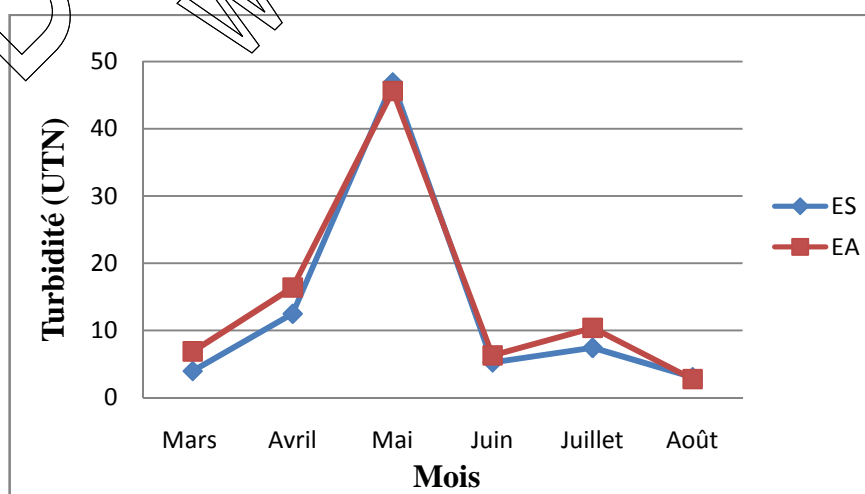
Selon MONIQUE et BEAUDRY (1992), les eaux d'infiltration qui alimentent des nappes souterraines en traversant les couches supérieures sols (calcaires, gypse ou argile) s'enrichissent en sels minéraux provenant des terrains rencontrés sur leur parcours.

#### ❁ La turbidité :

La turbidité est une mesure qui permet d'identifier les particules en suspension dans l'eau et qui peuvent nuire à sa clarté. C'est un indicateur important d'érosion, en générale la turbidité augmente fortement pendant et après une pluie (BEHAR, 1997).

La turbidité des eaux de notre site varie de 2,79 UTN à 46,9 UTN avec une moyenne de 13,96 UTN (figure 15).

La turbidité est favorisée par la pluviométrie, en effet en hiver les fortes pentes induisent des vitesses importantes et donc un transport actif de matières fines (sable, graviers) (SATIN et SELMI, 1999). Ce ci a été enregistré pour nos prélèvements de l'eau brute effectués au mois d'Avril et Mai dont la turbidité dépasse les 10 UTN. Ces mois ont été caractérisés par une forte pluviosité surtout au mois de Mai où la turbidité va atteindre jusqu'à 46,9 UTN. Donc, en saison sèche la turbidité est faible par rapport à la saison pluvieuse où l'apport des eaux de ruissellement augmente la turbidité de l'eau.



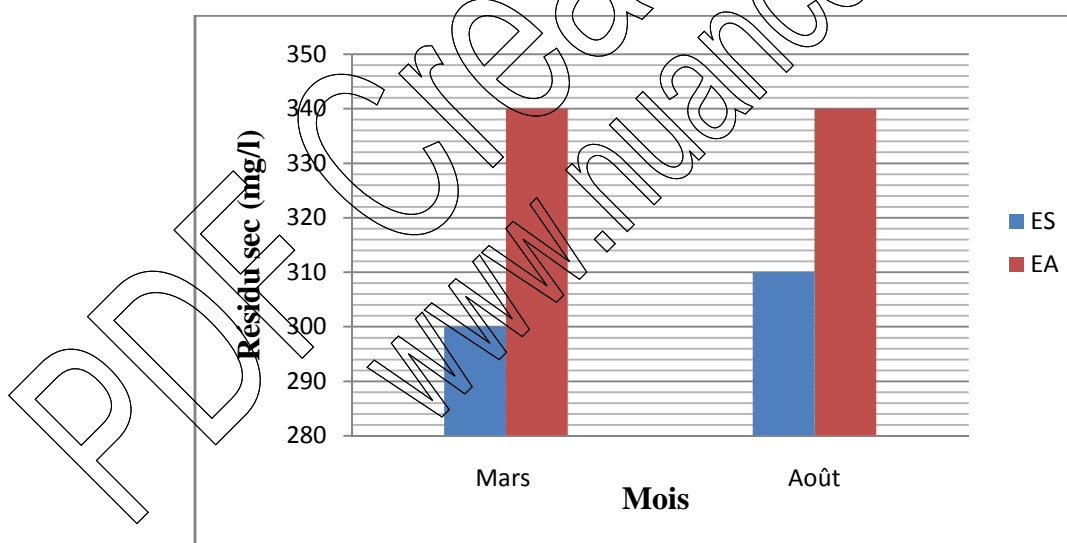
**Figure 15 :** Variations mensuelles de la turbidité.

La plupart des eaux superficielles possèdent une turbidité importante et leur consommation directe est impossible. Il faut les clarifier, soit par décantation, soit par addition de coagulant, soit par filtration, ou encore par combinaison de ces différents procédés (THIEBLEMONT, 1994).

#### ❁ Le Résidu sec :

Selon POTELON et ZYSMAN (1998), les teneurs en extrait sec sont liés avec la mesure de la conductivité et sont influencés aussi par la température.

Les eaux d'oued Chiffa ont un résidu sec variant entre 300 mg/l et 340 mg/l avec une moyenne de 322,5 mg/l. A la surface, on observe une légère augmentation du R.S au mois d'Août (310 mg/l) par rapport au mois de Mars (300 mg/l) qui peut être expliqué par l'augmentation de la température qui permet d'apprécier la minéralisation de l'eau. Alors qu'à la nappe alluviale, les valeurs de R.S reste constante (340 mg/l) durant les deux mois représentant les deux saisons : mois de Mars et mois d'Août. Donc les eaux alluviales sont plus enrichies en sels minéraux provenant des terrains rencontrés sur leur parcours que celles de surface (figure 16).



**Figure 16 :** Variations du résidu sec mesuré au mois de Mars et d'Août pour l'eau brute ES et EA.

En définitif, les eaux d'oued Chiffa sont alcalines et moyennement minéralisées. Leur turbidité varie en fonction des saisons.

## IV.1.2 Résultats d'analyses chimiques des échantillons d'eau

Tableau IX : Résultats du dosage des paramètres chimiques des échantillons d'eau de l'oued Chiffa.

Dates de prélèvements	Paramètres (mg/l) Echantillons	Nitrite (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	Nitrate (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	Phosphate (PO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> )	Sulfate (SO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	Chlorure (Cl <sup>-</sup> )	Ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	TH	TH (Mg)	TH (Ca)	TA	TAC	M.O
12.03.2013	ES	0,01	0	0	37,43	53,25	0,1	265	19,44	73,6	5	230	3,5
	EA	0,01	0	0	51,97	53,25	0	250	19,44	67,6	2,5	225	1,7
15.04.2013	ES	0,01	PM	PM	PM	PM	0,1	PM	PM	PM	PM	PM	PM
	EA	0,01	PM	PM	PM	PM	0	PM	PM	PM	PM	PM	PM
26.05.2013	ES	0,02	PM	PM	PM	PM	0,38	PM	PM	PM	PM	PM	PM
	EA	0,01	PM	PM	PM	PM	0,45	PM	PM	PM	PM	PM	PM
16.06.2013	ES	0	PM	PM	PM	PM	0,2	PM	PM	PM	PM	PM	PM
	EA	0	PM	PM	PM	PM	0,01	PM	PM	PM	PM	PM	PM
07.07.2013	ES	0	PM	PM	PM	PM	0,2	PM	PM	PM	PM	PM	PM
	EA	0	PM	PM	PM	PM	0,01	PM	PM	PM	PM	PM	PM
04.08.2013	ES	0,01	2,87	0,01	42,81	71	0,2	230	37,92	63,2	2,5	225	3,7
	EA	0,01	6,11	0,01	51,77	88,75	0,01	225	45	71,4	0	200	2,4
Minimum	ES	0	0	0	37,43	53,25	0,1	230	19,44	63,2	2,5	225	3,5
	EA	0	0	0	51,77	53,25	0	225	19,44	67,6	0	200	1,7
Maximum	ES	0,02	2,87	0,01	42,81	71	0,38	265	37,92	73,6	5	230	3,7
	EA	0,01	6,11	0,01	51,97	88,75	0,45	250	45	71,4	2,5	225	2,4
Moyenne	ES	-	1,43	-	40,12	62,12	0,19	247,5	28,68	68,4	3,75	227,5	3,6
	EA	-	3,05	-	51,87	71	0,08	237,5	32,22	69,5	1,25	212,5	2,05
Moyenne générale		-	2,24	-	45,99	66,56	0,13	242,5	30,45	68,95	2,5	220	2,82

ES : Eau de Surface EA : Eau alluviale PM : Pas mesuré M.O : Matière organique.

### Les nitrites (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>):

Selon CORNAZ (2004), les nitrites sont présents en faibles teneurs dans les eaux de surface et une concentration supérieure à 0,10 mg/l ne devrait pas être dépassée dans une eau d'origine profonde (RODIER et *al.*, 1984).

D'après nos résultats illustrés dans le tableau IX, les concentrations des nitrites observées apparaissent relativement faibles et ne dépassant pas 0,02 mg/l, ce qui correspond aux classes 1 et 2 de NISBET et VERNEAUX, (1970) (In ARRIGNON,

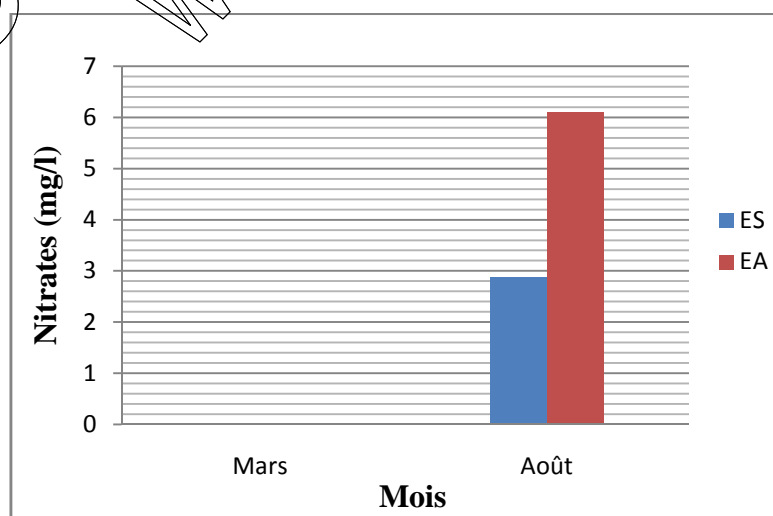
1982) (Annexe n° I), donc des eaux pures ou autoépuration active. De plus, ces faibles concentrations des nitrites sont dues probablement à leur transformation en nitrates par le processus d'oxydation en présence d'une quantité d'oxygène suffisante. Ces résultats concordent avec ceux observés par PATERSON (2000), la concentration en oxygène et la qualité des microorganismes sont suffisantes pour assurer la nitrification.

#### ❁ Les Nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) :

Selon TARDAT et BEAUDRY (1992), les nitrates contenus dans les engrais sont entraînés par les eaux de ruissellements. Ils proviennent des rejets des collectivités et occasionnellement de certains industries, des élevages et des eaux de pluies (IGBINOSA et OKOH, 2009).

Les ions nitrates proviendraient vraisemblablement du lessivage des sols et des rejets des eaux usées particulièrement au début de crue de la rivière par temps de pluie. Par temps sec, l'augmentation progressive des nitrates dans l'eau est attribuée uniquement à la présence des rejets des eaux domestiques et industrielles tout au long de la rivière (GAUDREAU et MERCIER, 1998).

D'après nos résultats (Tableau IX), on remarque que les teneurs moyennes en nitrates des eaux d'oued Chiffa sont de 2,24 mg/l avec un minimum de 0 mg/l et un maximum de 6,11 mg/l (figure 17). Ces valeurs sont faibles, jugées acceptables et conformes aux normes de qualité des eaux superficielles et souterraines destinées à l'alimentation en eau potable des populations (50 mg/l) ; ce qui ne reflète pas une pollution (voir tableau X en annexe n° I).



**Figure 17 :** Variations du nitrates mesurés au mois de Mars et d' Août pour l'eau brute ES et EA.

#### ❁ Les Phosphates ( $\text{PO}_4^{-3}$ ) :

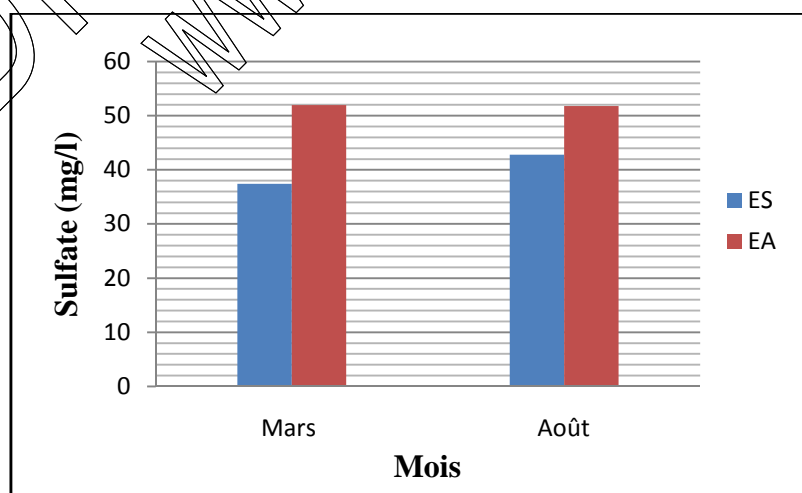
Le phosphore, l'un des nutriments importants, peut se trouver sous différentes formes oxydées. C'est un élément de base des acides nucléiques ADN et ARN (CLAUDE et al., 1998). Il représente un élément biogène indispensable à la croissance des algues. Les teneurs élevées de cet élément dans les eaux de surface peuvent entraîner leur eutrophisation (VILAIN, 1989).

D'après le tableau IX, le phosphate est presque indécélable dans les eaux de notre site d'étude, ce qui correspond à la classe 1 de NISBET et VERNEAUX, (1970) (In ARRIGNON, 1982) (Annexe n° I), traduit une eau très peu productive. Les teneurs faibles en phosphates peuvent empêcher le développement des algues dans les ouvrages de stockage d'eau (châteaux) comme dans les conduits du réseau (RODIER et al., 1996).

#### ❁ Les Sulfates ( $\text{SO}_4^{-2}$ ) :

Selon FALL (2007), la concentration en sulfate dans les eaux naturelles est très variable, elle dépend du terrain traversé et peut être de 30 à 50 mg/l.

D'après la figure 18, les teneurs en sulfates dans les eaux brutes de l'oued Chiffa (ES et EA) varie entre 37,4 et 51,97 mg/l avec une moyenne générale de 45,99 mg/l. Ces valeurs sont faibles et inférieures aux normes indiquées dans l'annexe n° I.



**Figure 18 :** Variations du sulfates mesurés au mois de Mars et d' Août pour l'eau brute ES et EA.

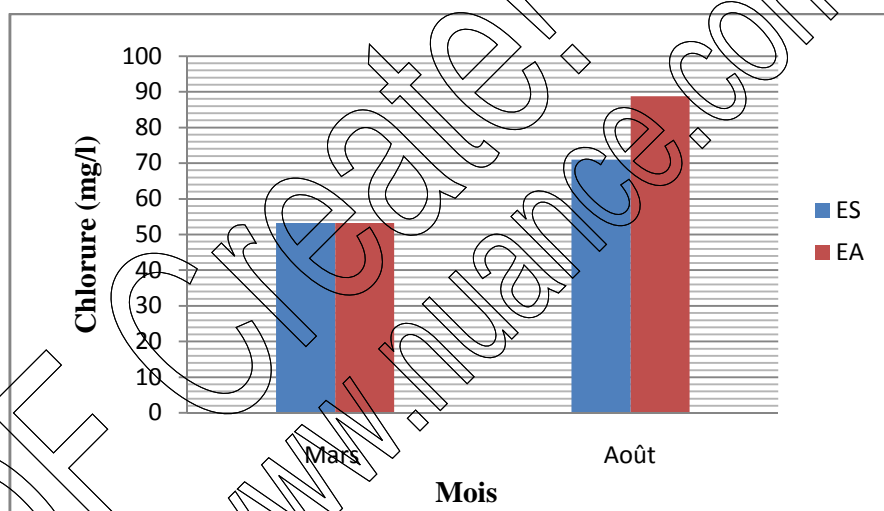


### ❁ Les Chlorures (Cl<sup>-</sup>) :

Selon POTELON et ZYSMAN (1998), dans les eaux de surface, les teneurs en chlorure sont faibles, cela est lié à la nature géologique des terrains traversés.

La pollution apporte aux eaux de surface des quantités appréciables de chlorure, les excréments humains en particulier l'urine sont riches en chlorures. (TARDAT et BEAUDRY, 1992).

La figure 19, montre que les teneurs en chlorures des eaux brutes d'oued Chiffa varient entre 53.25 et 88.75 mg/l. Selon l'échelle proposée par NESBET et VERNEAUX, (1970) (In ARRIGNON, 1982), ces teneurs sont locales et les eaux sont plus ou moins polluées.



**Figure 19 :** Variations du chlorures mesurés au mois de Mars et d'Août pour l'eau brute ES et EA.

Les valeurs en chlorures enregistrées dans les eaux de surface et les eaux alluviales d'oued Chiffa ne débordent pas l'intervalle des normes recommandées (Annexe n° I).

### ❁ L'ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) :

L'azote ammoniacal des eaux superficielles peut avoir comme origine la dégradation incomplète de la matière organique animale ou végétale (DDASSIF, 2000). Selon TARDAT et BEAUDRY (1992), la teneur en azote ammoniacal dans les

eaux naturelles devrait être relativement faible puisque l'ammoniac est oxydé graduellement en nitrite et en nitrate.

L'analyse du profil de l'ammonium (figure 20), montre que les teneurs varient entre 0 mg/l et 0,45 mg/l avec une moyenne de 0,13 mg/l. Les valeurs relevées en ions ammonium dans les eaux de surface de l'oued Chiffa permettent de placer ces eaux dans la classe *IB* selon la grille de qualité des eaux de surface (tableau II en annexe n° D). Alors qu'à la nappe alluviale, les valeurs d'ammonium trouvées sont admissibles (<0,5 mg/l) (voir tableau X en annexe n° I).

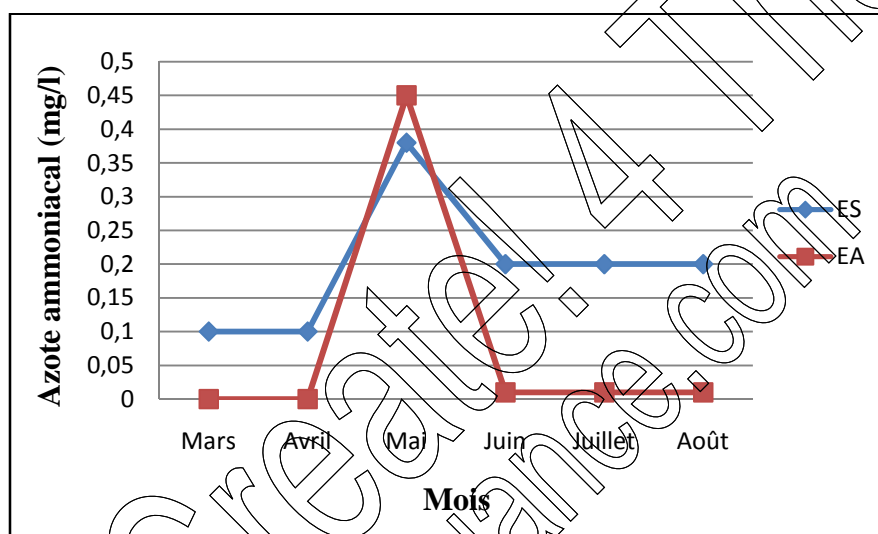
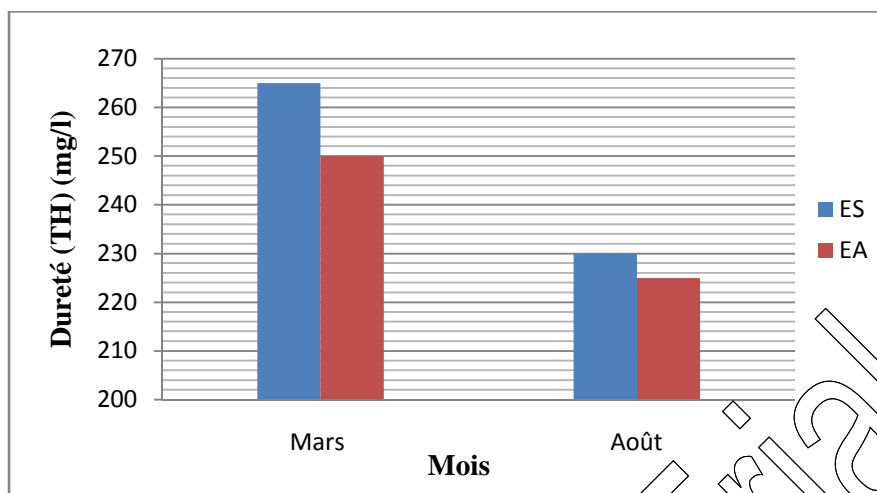


Figure 20 : Variations mensuelles de l'azote ammoniacal.

#### La dureté (TH) :

La dureté ou Titre Hydrotimétrique (TH) d'une eau est la concentration totale en ions calcium, magnésium de cette eau.

Les valeurs indiquées dans la figure 21, sont relativement élevées de sorte que, selon l'échelle proposée par NISBET et VERNEAUX, (1970) (In ARRIGNON, 1982) (Annexe n° I), l'eau à une caractéristique incrustantes, et très dure.



**Figure 21** : Variations de la dureté mesurée au mois de Mars et d' Août pour l'eau brute ES et EA.

Selon RODIER *et al.* (1996), les eaux provenant de terrain calcaire et surtout gypseux peuvent avoir des duretés très élevées susceptibles d'atteindre 1000 mg/l  $\text{CaCO}_3$ .

#### ❁ La dureté magnésienne et la dureté calcique [TH (Ca) et TH (Mg)] :

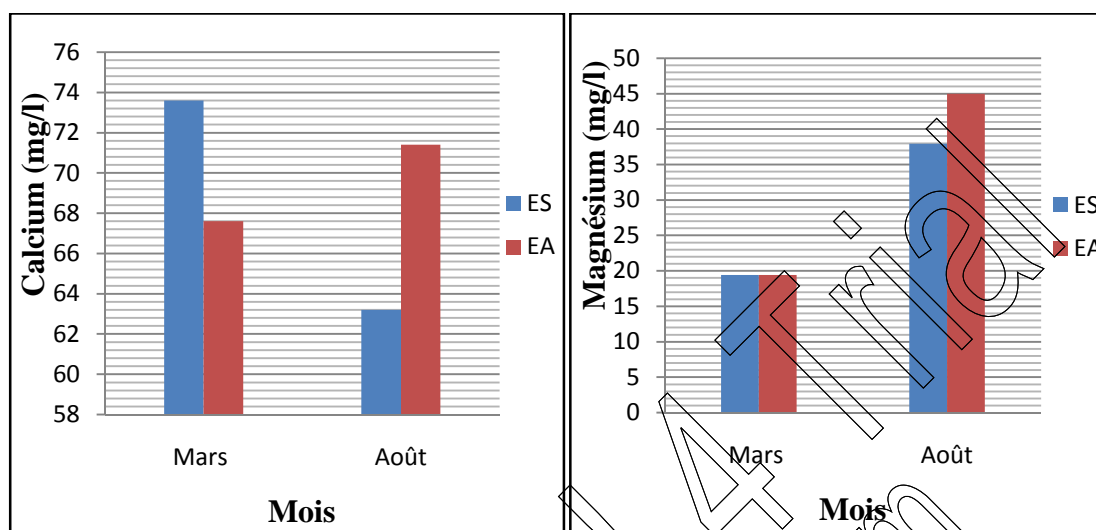
Le calcium et le magnésium sont des éléments indispensables à la vie, ils nous renseignent sur la productivité de l'eau, et jouent un rôle dans la respiration, et la photosynthèse. Ils peuvent être d'origine naturelle (dissolution des roches), ou industrielle provenant de l'industrie de brasserie (GAUJOUS, 1995).

Selon DUSSART (1966), le calcium est un alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature, et en particulier dans les roches calcaires sous forme de bicarbonate de calcium.

Selon RAMADE (1984), le magnésium après le calcium est l'élément le plus abondant chez les végétaux.

D'après la figure 22, Les valeurs de calcium enregistrées pour l'eau brute d'oued Chiffa varient entre 63.2 mg/l et 73.6 mg/l. Ces teneurs en calcium dans l'eau brute sont conformes aux normes d'OMS des eaux de surface et des eaux souterraines (100 mg/l).

D'après la figure 23, les valeurs de magnésium de l'eau brute d'oued Chiffa varient entre 19.44 et 45 mg/l. Ces valeurs correspondent aux normes d'OMS des eaux de surface et des eaux souterraines (50 mg/l).



**Figure 22 :** Variations des teneurs en calcium mesurées au mois de Mars et d'Août pour l'eau brute ES et EA.

**Figure 23 :** Variations des teneurs en magnésium mesurées au mois de Mars et d'Août pour l'eau brute ES et EA.

#### ● L'alcalinité (TA et TAC):

L'alcalinité des eaux est liée principalement aux carbonates ( $\text{CO}_3^-$ ), aux bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ) et aux hydroxydes ( $\text{OH}^-$ ).

Selon HAKMI (2006) et ANDRIANARISON (1996), Le TA et TAC permettent de déterminer les teneurs en hydrogénocarbonates (bicarbonates), carbonates et hydroxydes présent dans l'eau, donc des calculs permettant de déduire la répartition des trois grandes catégories de composés constituant l'alcalinité de l'eau à partir des valeurs respectives du TAC et de TA sont représentés dans le tableau XI (Annexe n° I).

Selon nos résultats obtenus en TAC et TA, nous remarquons que TA est toujours inférieur à TAC/2, donc d'après le tableau XI (Annexe n° I) on peut déterminer les teneurs en hydroxydes, carbonates et bicarbonates présent dans les eaux de notre site d'étude en fonction du TA et TAC comme l'indique le tableau suivant.

**Tableau XII** : Résultats des calculs des hydroxydes, carbonates et bicarbonates présent dans les eaux d'oued Chiffa à partir du TA et TAC obtenus.

Dates de prélèvements	Paramètres (mg/l)	Hydroxyde (0)	Carbonate (2TA)	Bicarbonate (TAC – 2TA)
	Echantillons			
<b>12.03.2013</b> (premier prélèvement)	ES	0	10	220
	EA	0	5	220
<b>04.08.2013</b> (dernier prélèvement)	ES	0	5	220
	EA	0	0	200
<b>Minimum</b>		0	0	200
<b>Maximum</b>		0	10	220
<b>Moyenne</b>		0	5	215

Selon SIGG *et al.* (2000), l'ion bicarbonate ( $\text{HCO}_3^-$ ) provient de la dissolution des roches calcaires par les eaux chargées en gaz carbonique ( $\text{CO}_2$ ) d'après la réaction suivante :

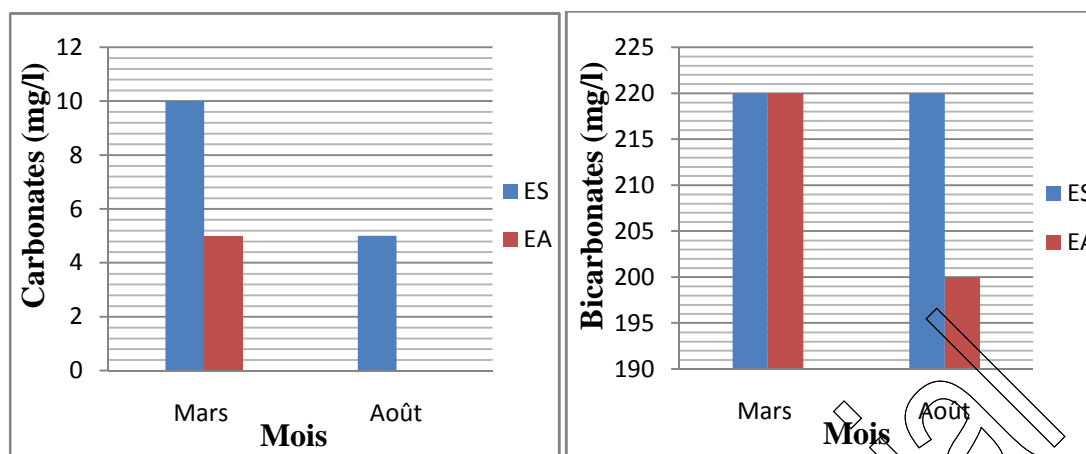
$$\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}^{2+} + 2 \text{HCO}_3^-$$

On peut considérer les carbonates comme des dérivés des bicarbonates, formés selon la réaction suivante :

$$\text{HCO}_3^- \leftrightarrow \text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-}$$

Les dosages des carbonates n'ont été effectués que dans les eaux à  $\text{pH} > 8,3$ , nos résultats sont faibles, avec des maximums pour le mois de Mars ne dépassant pas 10 mg/l (figure 24).

La figure 25, montre que les teneurs des bicarbonates varient de 200 à 220 mg/l correspondant à la classe 5, de NISBET et VERNEAUX (1970) (In ARRIGNON, 1982) (Annexe n° D), qui indique une eau à alcalinité moyenne. Ces valeurs sont élevées pendant la période des hautes eaux à cause de la dissolution des roches calcaires des terrains traversés par le cours d'eau, d'autre part l'impact d'une forte crue pendant la période estivale.



**Figure 24 :** Variations des teneurs en carbonates mesurées au mois de Mars et d'Août pour l'eau brute ES et EA.

**Figure 25 :** Variations des teneurs en bicarbonates mesurées au mois de Mars et d'Août pour l'eau brute ES et EA.

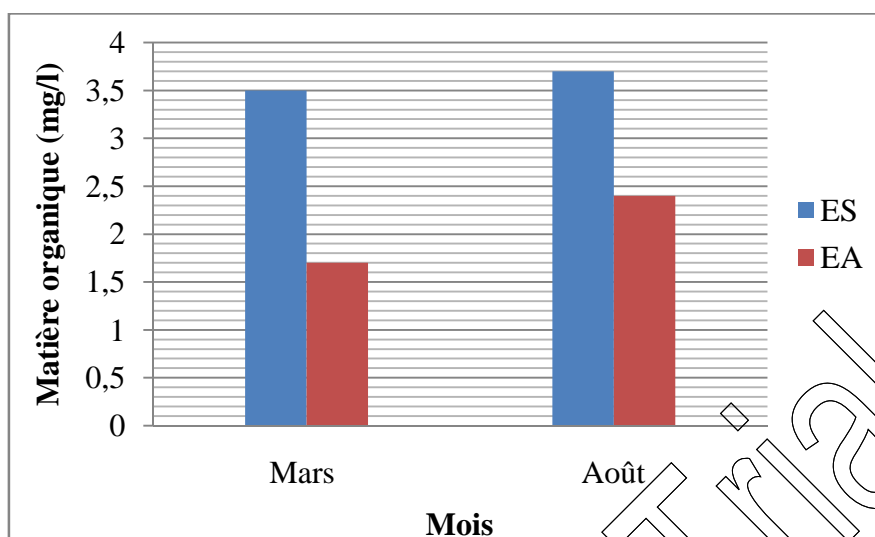
#### 🌿 La Matière organique (M.O) :

Selon NKAMBULE *et al.* (2008), dans les eaux naturelles les matières organiques proviennent naturellement de la décomposition de la flore et de la faune aquatiques.

Les valeurs enregistrées dans le tableau IX, montrent que les teneurs en matières organiques dans les eaux brutes varient entre 1.7 mg/l et 3.7 mg/l avec une moyenne de 2,82 mg/l. Ces teneurs en matières organiques ne sortent pas de l'intervalle des normes pour les eaux superficielles et aussi pour les eaux souterraines.

On note une diminution de la teneur en matières organiques dans les eaux de l'oued Chiffa au mois d'Août par rapport au mois de Mars (figure 26), ce phénomène est dû à l'augmentation de la température qui accélère le processus de la dégradation de la matière organique par la flore bactérienne.

Les valeurs relevées en matière organique dans les eaux de surface de l'oued Chiffa permettent de placer ces eaux dans la classe *IB* selon la grille de qualité des eaux de surface (tableau II en annexe n° I).



**Figure 26 :** Variations de la matière organique mesurée au mois de Mars et d’Août pour l’eau brute ES et EA.

## IV.2 Résultats et discussion des analyses bactériologiques

Afin de pouvoir interpréter nos résultats, nous avons établi un tableau récapitulatif (tableau XIII) qui regroupe tous les germes, indiquant le nombre de chaque germe à partir de 6 prélèvements (Mars, Avril, Mai, Juin, Juillet, Août).

**Tableau XIII :** Résultats des analyses bactériologiques des échantillons d’eau de l’oued Chiffa.

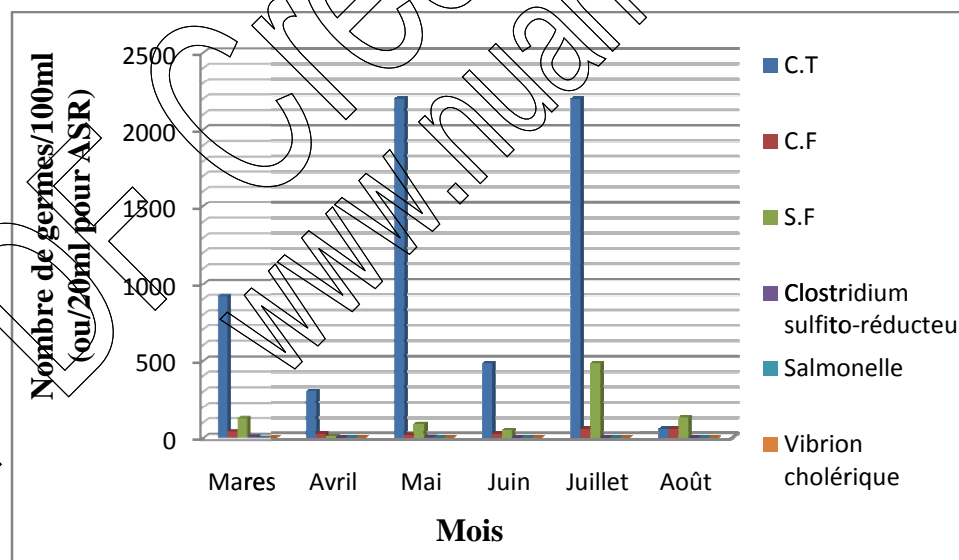
Dates de prélèvements	Paramètres	Echantillons					
		CT 37°C/100ml	C.F 44°C/100ml ( <i>E. coli</i> )	S.F 37°C/100ml	<i>Clostridium</i> sulfito- réducteur /20ml	Salmonelle germe/100ml	Vibron cholérique germe/100ml
12.03.2013	ES	920	42	128	06	0	0
	EA	920	128	240	03	0	0
15.04.2013	ES	300	22	06	0	0	0
	EA	920	30	08	02	0	0
26.05.2013	ES	2200	14	86	01	0	0
	EA	2200	0	18	0	0	0
16.06.2013	ES	480	22	46	0	0	0
	EA	420	18	42	0	0	0
07.07.2013	ES	2200	56	480	0	0	0
	EA	300	28	30	0	0	0
04.08.2013	ES	56	56	128	0	0	0
	EA	186	08	78	0	0	0

**C.T :** Coliformes totaux    **C.F :** Coliformes fécaux    **S.F :** Streptocoques fécaux

### IV.2.1 Résultats des analyses bactériologiques des eaux de surface (ES)

Le nombre des germes dans les eaux de surface varient de 56 à 2200 UFC/100ml pour les coliformes totaux, de 14 à 56 UFC/100ml pour les coliformes fécaux et de 06 à 480 UFC/100ml pour les streptocoques fécaux (figure 27). Ces résultats sont conformes aux normes de qualité des eaux de surface et permettent de placer les eaux de surface d'oued Chiffa dans la classe *IB* selon la grille de la qualité des eaux de surface (tableau II en annexe n° I). On note également l'existence des spores de *Clostridium* sulfito-réducteur (0 à 6 spores/20ml) qui sont des spores telluriques très répandues dans le sol. Ils proviennent donc de l'érosion des berges et des ruissellements après les précipitations abondantes qui ont eu lieu en mois de Mars, Avril et Mai.

D'après nos analyses, nous avons noté une absence totale de Vibriion et des Salmonelles dans les eaux de notre site d'étude, sauf pour l'eau de surface au mois de Mars où on a suspecté la présence de colonies qui ressemblent à celle des Vibrions, mais après identification biochimique il semblerait que ce soit une autre espèce non pathogène dont l'apparence des colonies ressemble à celle des Vibrions.



**Figure 27 :** Variations mensuelles des bactéries recensées dans les eaux de surface (ES) d'oued Chiffa.



### IV.2.2 Résultats des analyses bactériologiques des eaux alluviales (EA)

Dans les eaux alluviales, le nombre des germes varie de 186 à 2200 UFC/100ml pour les coliformes totaux, de 0 à 128 UFC/100ml pour les coliformes fécaux, de 08 à 240 UFC/100ml pour les streptocoques fécaux et de 0 à 03 spores/20ml pour les anaérobies sulfito-réducteurs (figure 28).

Ces résultats généralement ne sont pas conformes aux normes de qualité des eaux souterraines lorsque les nappes alluviales sujettes à des contaminations par les infiltrations superficielles, donc l'eau des nappes alluviales à une qualité qui dépend de celle de la nappe qui l'approvisionne et de celle de la rivière (les eaux alluviales présentent les mêmes caractéristiques qualitatives et évolutives des eaux de surface).

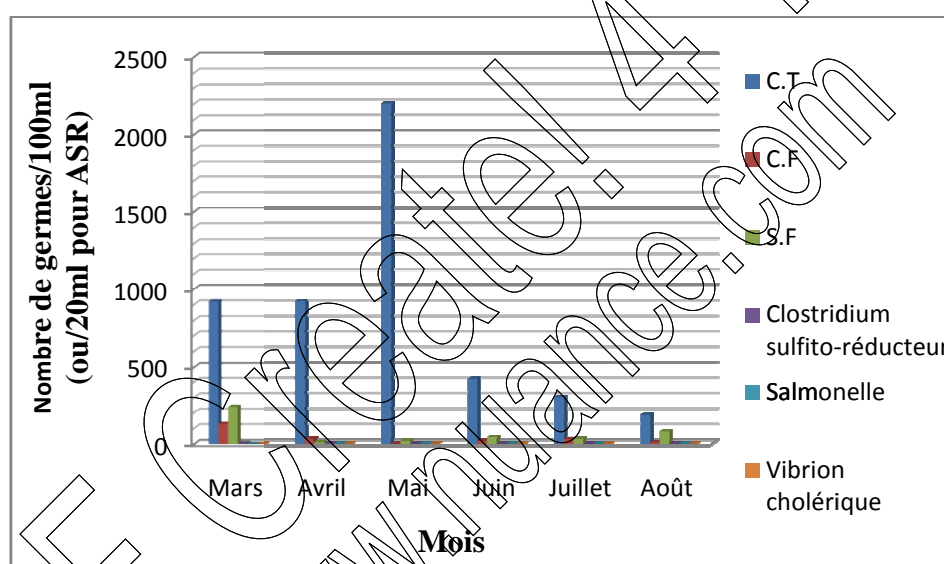


Figure 28 : Variations mensuelles des bactéries recensées dans les eaux alluviales (EA) d'oued Chiffa.

### IV.2.3 Détermination de l'origine de la contamination fécale (BORREGO et ROMERO, 1982)

L'examen du rapport CF/SF est généralement considéré comme un bon indicateur de l'origine de la pollution fécale (AÏT BOUGHROUS, 2007).

Selon les critères définis par BORREGO et ROMERO (1982) (voir le tableau XIV en annexe n° I), on détermine l'origine de la contamination fécale des eaux superficielles et alluviales d'oued Chiffa comme l'indique le tableau suivant.

**Tableau XV :** Origine de la pollution fécale des échantillons d'eaux de l'oued Chiffa selon le rapport CF/SF.

Dates de prélèvements	Echantillons	CF/SF	Origine de la contamination
12.03.2013	ES	0,32	Animale
	EA	0,53	Animale
15.04.2013	ES	3,66	Mixte à prédominance humaine
	EA	3,75	Mixte à prédominance humaine
26.05.2013	ES	0,16	Animale
	EA	0	Animale
16.06.2013	ES	0,47	Animale
	EA	0,42	Animale
07.07.2013	ES	0,11	Animale
	EA	0,93	Mixte à prédominance animale
04.08.2013	ES	0,43	Animale
	EA	0,10	Animale

Le rapport CF/SF trouvé présente une moyenne générale de 0,90, montre que la contamination fécale des eaux d'oued Chiffa est d'origine mixte à prédominance animale puisque ce rapport est compris entre 0,7 et 1.

En conclusion, Si l'on tient compte de la grille utilisée par l'agence de bassin-Adour-Garonne (France) concernant la classification de la qualité des eaux de rivières, celle de l'oued Chiffa serait dans ce cas classée à la "Classe 1 B" (DEGREMONT, 1989). Cela ne nécessitant qu'un traitement normal physique, un traitement chimique et une désinfection pour en assurer sa potabilité, par exemple : préchloration, coagulation, floculation, décantation, filtration, désinfection.

Les éventuels traitements correcteurs envisagés, ne portera, que sur les paramètres dont les teneurs seraient non-conformes aux normes de potabilité recommandées pour une eau de boisson par les instances internationales déjà évoquées (C.E.E, O.M.S, réglementation française et même algérienne) (tableau XVI en annexe N° I).

Sur l'ensemble des résultats obtenus, seuls les paramètres tels que : - la turbidité, - la dureté totale (TH), - les coliformes totaux et fécaux, - les streptocoques

fécaux, et - les *Clostridium sulfito-réducteurs* ne sont pas conformes aux normes en vigueur recommandée pour une eau de boisson.

a) La turbidité : (13,95 NTU en moy.)

La turbidité sera due principalement aux fortes précipitations, où l'eau devienne trouble lorsqu'elle est abattue par des matières en suspension, telles que l'argile, le limon, les particules organiques.

En effet, les eaux prélevées étaient très turbides et boueuses, d'où la nécessité de prévoir un «*Débourbage*». Ce dernier est une étape de séparation solide-liquide qui précède la clarification des eaux particulièrement chargées, lorsque la décantation classique en un seul étage n'est plus possible.

Le but de cette prédécantation est d'éliminer la majorité des matières en suspension (MES) de l'eau brute, d'en assurer l'évacuation sous forme de boues concentrées et de fournir l'étape de décantation principale une eau de qualité acceptable.

Situé après un éventuel dessablage, le débouillage associe deux phases de séparation solide-liquide, la décantation en piston et l'épaississeur des boues dont l'importance relative dépend de la teneur de l'eau brute en MES, de leur nature et du traitement envisagé.

Afin d'améliorer la qualité de l'eau prédécantée et d'accroître les performances hydrauliques du débouilleur, l'utilisation de réactifs chimiques tels que «*Coagulant*» et éventuellement «*Floculant*» est généralement requise. L'extraction des boues par pompes est fortement recommandée, du fait de la concentration et de la grande quantité de boues à évacuer (DEGREMONT, 1989).

b) Dureté totale : (242,5 mg/l en moy.)

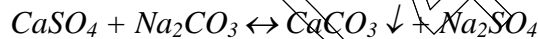
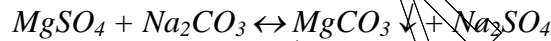
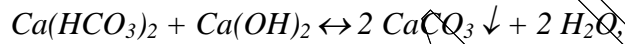
En effet, les eaux examinées de l'oued Chiffa apparaissent très dures (~ 242,5 mg/l en moyenne), et devront faire l'objet d'un traitement correcteur appelé «*Adoucissement*». Cette forte dureté semble être causée par les carbonates résultant de la présence dans l'eau, d'hydrogénocarbonates de Ca et Mg, et également par une autre dureté dite «*Permanente*», due à la présence de sulfate de calcium ( $\text{CaSO}_4$ ), corps qui ne se décompose pas dans l'eau bouillante; les hydrogénocarbonates sont faciles à éliminer par simple bouillissage de l'eau, les ions  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$  forment alors

des combinaisons insolubles ( $\text{CaCO}_3$  et  $\text{MgCO}_3$ ), d'où le nom de dureté temporaire, la somme des deux duretés (permanente et temporaire) représente la dureté totale (TH).

Pour l'adoucissement de l'eau et l'élimination des ions tels que le  $\text{Ca}^{2+}$  et le  $\text{Mg}^{2+}$  (en particulier), les méthodes les plus souvent utilisés sont celles décrites ci-dessous :

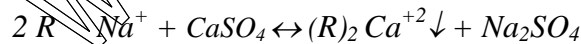
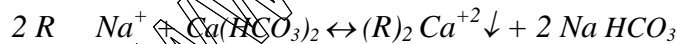
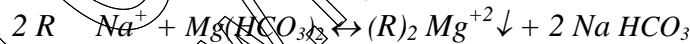
### 1) Adoucissement par précipitation :

Dans ce cas, la chaux ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ), et le carbonate de sodium ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) sont utilisés pour adoucir l'eau selon les réactions suivantes:



### 2) Adoucissement par échange ionique :

On peut également fixer les ions  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$  par l'intermédiaire d'échangeurs de cations corps complexes (composés macromoléculaires naturelles du silicium et de l'aluminium), insolubles dans l'eau et capable d'échanger leur cation  $\text{Na}^+$  contre les cations  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$  par exemple. Lorsqu'on fait passer de l'eau dure à travers une couche d'échangeur cationique, il y a échange de cations suivant la réaction suivante :



### c) Coliformes totaux, fécaux et streptocoques fécaux :

De part la présence de coliformes totaux, fécaux et Streptocoque fécaux, les eaux examinées de l'oued Chiffa font apparaître la présence d'une contamination d'origine fécale; elles devront impérativement subir une désinfection avant d'être distribué aux consommateurs (Se référer aux chapitre II.2.4 (Désinfection, page 21)).

PDF Create! 4 Trial  
www.nuance.com

---

---

**CONCLUSION**

---

---

Dans la présente étude, la qualité des eaux brutes de surface et de nappe alluviale d'oued Chiffa est évaluée à travers l'analyse de différents paramètres physico-chimiques et bactériologiques.

Les résultats physico-chimiques obtenus, montrent que les eaux du l'oued ont une turbidité et une dureté élevées avec des teneurs faibles en phosphates, nitrates, nitrites et sulfates. La matière organique présente des teneurs varient en fonction de la température, cette dernière lorsqu'elle augmente, va accélérer le processus de la dégradation de la matière organique par la flore bactérienne.

Les eaux d'oued Chiffa sont alcalines (ne dépassent pas 8,5 unité de pH) et moyennement minéralisées avec un enrichissement plus en sels minéraux dans les eaux alluviales du fait de leur circulation et leur séjour dans les alluvions, que celles de surface.

Les résultats bactériologiques des eaux de surface de l'oued Chiffa ne dépassent pas les normes, elles sont plus ou moins satisfaisantes. Alors que, pour les eaux alluviales ces résultats ne sont pas conformes aux normes de qualité bactériologique des eaux souterraines puisqu'elles présentent les mêmes caractéristiques qualitatives et évolutives des eaux de surface donc ne sont pas exemptes aux impacts des activités humaines dans l'oued et son environnement immédiat. On note cependant la présence des spores de *Clostridium* à la suite des précipitations des mois correspondant aux 3 premiers prélèvements de notre échantillonnage qui sont des spores telluriques très répandues dans le sol.

L'évolution des différents paramètres durant la période d'étude, montre les effets des facteurs **abiotiques** tels que : le climat (température, pluviosité, oxygène), l'érosion, les sols (nature porosité), et des facteurs **biotiques** tels que : les micro-organismes et leurs métabolismes, et bien sûr, on n'oubliera pas l'homme, ses déchets, ses pollutions et ses rejets industrielles, domestiques ou agricoles.

Les résultats physico-chimiques et bactériologiques obtenus permettent de classer les eaux de l'oued Chiffa dans la grille bonne (*classe 1B*) des eaux de surface. Donc ces eaux du l'oued peuvent néanmoins satisfaire tous les usagers.

Selon le cadre réglementaire des eaux d'alimentation, les valeurs trouvées classent les eaux brutes de l'oued Chiffa non-conformes pour la consommation humaine sans traitement préalable. Cependant, un traitement normal physique, un traitement chimique et une désinfection doivent être introduits pour en assurer sa potabilité.

Précisément, il faut éliminer la turbidité, la dureté et les coliformes totaux, fécaux et streptocoques fécaux caractéristiques des eaux de l'oued Chiffa et qui ne sont pas conformes aux normes de potabilité.

En tenant compte des risques liés à la consommation des eaux du l'oued notamment les pollutions biologiques accidentelles, nous proposons pour cette localité une chloration de l'eau par mesure de sécurité. Cette eau, trouble surtout en saison pluvieuse peut être purifiée par filtration grâce à des filtres appropriés et des traitements de coagulation-floculation et de décantation. La dureté excessive des eaux brutes de l'oued Chiffa peuvent être éliminée par un traitement spécifique (l'adoucissement).

---

**RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

---



**AHONON A., 2011 :** « Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de surface dans les zones montagneuses de sud-ouest du Togo : cas du Caton de Lavie ». Mémoire de Master international, université de LOME, 35 p.

**AÏT BOUGHROUS A., 2007 :** « Biodiversité, écologie et qualité des eaux souterraines de deux régions arides du Maroc : le Tafilalet et la région de Marrakech ». Mémoire de Doctorat, 193 p.

**ANDRIANARISON T-R., 1996 :** « Audit environnemental : effets dommageables et traitement des eaux résiduaires d'une industrie textile », Mémoire en vue de l'obtention du Diplôme d'études approfondies (D.E.A) en Chimie et environnement, Université d'ANTANANARIVO, 68 p.

**ANONYME, 2000 :** « Hygiène de l'eau potable ». 172-197 p.

**ANONYME, 2001 :** « Usine de traitement d'eau de Saint-Hyacinthe, Document explicatif pour la visite, Appareils et équipements servant au traitement », 8 p.

**ANONYME, 2005 :** « la santé, naturelle comme l'eau », <http://gauthiermove.canalblog.com/archives/2005/05/30/537050.html>

**ANONYME, 2010 :** « Contrôle de l'eau », 4 p.

**ARRIGNON J., 1982 :** « Aménagement piscicole des eaux douces », 4<sup>ème</sup> Edition, Lavoisier, 340 p.

**BEHAR S., 1997 :** « Definition of Water Quality Parameters. Testing the Water: Chemical and physical Vital Signs of a River », Montpellier.VT:River Watch Network, p1.

**BERNÉ F. et CORDONNIER J., 1991 :** « Traitement des eaux », éditions technip, Paris et Institut Français du pétrole, Rueil-Malmaison ; école nationale supérieure du pétrole et des moteurs, 5 p.

**BOEGLIN J-C., 2001 :** « Nature des rejets et leur impact sur l'environnement », Technique de l'ingénieur, PP : G1100-1/G1100-8.

**BORREGO A-F. et ROMERO P., 1982 :** « Study of the microbiological pollution of a Malaga littoral area II. Relationship between fecal coliforms and fecal streptococci ». VI<sup>e</sup> journée étud. Pollutions, Cannes, France, pp : 561-569.

**BOURGEOIS C-M. et LEVEAU J-Y., 1980 :** « Technique d'analyse et de contrôle dans les industries agro-alimentaires ». Volume 3, Paris. PP : 224-225.

**BOUTELDJA D., 2004 :** « Etude du captage des sources d'eaux de l'oued Chiffa (W. Blida) : Etude de la qualité de l'eau », étude établi par STUCKY ENHYD pour le compte de la DHW de Blida ; 61 p.

- BREBION G., GOMELLA C. et LEGUBE B., 2012** : « EAU–Approvisionnement et Traitement », Encyclopaedia Universalis, 31 p.
- BRIERE F.G., 1997** : « Distribution et collecte des eaux » ; édition de l'école polytechnique de Montréal, 282 p.
- CARDOT C., 1999** : « Les traitements de l'eau : Procédés physico-chimiques et biologiques ». Ellipses Edition Marketing S.A., 256 p.
- CEE (Communauté Economique Européenne), 1980** : « Directive N°80-778-J.O.C.E n°L229/111 du 30 août 1980 correspondant au 15 juillet 1980 relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine ». (80/778/CEE) : (JOL229 du 30.8.1980), 19 p.
- CHEVALIER P., 2002** : « Entérocoques et streptocoques fécaux ». Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine. Groupe scientifique sur l'eau, Institut national de santé publique du Québec, 5 p.
- CHEVALIER P., 2003a** : « Coliformes totaux ». Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine. Groupe scientifique sur l'eau, Institut national de santé publique du Québec, 4 p.
- CHEVALIER P., 2003b** : « Coliformes fécaux ». Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine. Groupe scientifique sur l'eau, Institut national de santé publique du Québec, 3 p.
- CHAPMAN D. et KIMSTACH V., 1996** : « Selection of water quality variables. Water quality assessments : a guide to the use of biota, sediments and water in environment monitoring », Chapman edition, 2nd ed. E and FN Spon, London, pp : 59-126.
- CLAUDE F., CHRISTIANNE F., PAUL M. et JEAN D., 1998** : « Ecologie : Approche scientifique et pratique », 4ème Edition, Lavoisier TEC and DOC, Paris.
- CORNAZ A., 2004** : « Evaluation du statu trophique d'un canal de drainage sous l'impact des pollutions d'origine diffuses et ponctuelles», 152 p.
- COUSIN P., 1999** : « Traitement d'eau en hémodialyse », Stage SPIBH, UTC, 98-99, pp59. URL: <http://www.utc.fr/tsibh/public/Spibh/9899/Stage/Cousin/Cousin.htm>.
- DAVEZAC H., GRANDGUILLOT G., ROBIN A. et SAOUT C., 2008** : « L'eau potable en France 2005-2006 », Paris, 50 p.
- DDASSIF (Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales de l'Île de France), 2000** : « Ammonium ». D.A.S.S – D.R.A.S.S. D4ILE DE France – service santé environnement. Ministère de l'emploi et de la solidarité, France, p2.

**DEGREMONT, 2005** : « Mémento technique de l'eau », dixième édition : Tome 1. Lavoisier SAS-Lexique technique de l'eau, Paris, France.

**DEGREMONT, 2005** : « Mémento technique de l'eau », dixième édition : Tome 2. Lavoisier SAS-Lexique technique de l'eau, Paris, 1718 p.

**DEGREMONT, 1989** : « Mémento technique de l'eau », 9<sup>ème</sup> édition, Tome 1, Ed. Technique et documentation. Lavoisier, Paris, 592 p.

**DEGREMONT, 1989** : « Mémento Technique de l'eau », 9<sup>ème</sup> Edition, Tome 2, Ed. Technique et documentation. Lavoisier, Paris.

**DEGREMONT, 1978** : « Mémento technique de l'eau », 8<sup>ème</sup> édition. Ed. Technique et Documentation. Lavoisier, Paris, 1200 p.

**DELARRAS C., 2000** : « Microbiologie de l'environnement avec législation : travaux pratiques commentés », édition Gaetan Morin Editeur Limitée, Paris. 231 p.

**DELARRAS C., 2007** : « Microbiologie pratique pour le laboratoire d'analyse ou de contrôle sanitaire ». Édition Technique et Documentation, Lavoisier, Paris. 476 p.

**DELARRAS C. et TREBAOL B., 2003** : « surveillance sanitaire et microbiologique des eaux : Réglementation-Prélèvements-Analyses ». Ed. Tec et Doc, Lavoisier, Paris, 269 p.

**DESJARDINS R., 1997** : « Le traitement des eaux », 2<sup>ème</sup> édition de l'école polytechnique de Montréal édit. Canada, 304 p.

**DHWB (Direction d'Hydraulique de la Wilaya de la Blida), 2011** : « Etude du captage des sources de l'oued Chiffa : étude d'avant projet détaillé », étude confiée au Bureau d'Etude STUCKY ENHYD par la Direction de l'Hydraulique de la Wilaya de Blida : 33 p.

**DROUCHE M., 2006** : « Traitement des eaux de surface et des eaux de rejet d'huilerie d'olive par ultrafiltration et procédé à oxydation avancée UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> », thèse de doctorat d'Etat en génie de l'environnement. Ecole nationale polytechnique d'Alger, 122 p.

**DUPONT A., 1981** : « Hydraulique urbaine : Hydrologie- Captage et traitement des eaux » ; 5<sup>ème</sup> édition, Tome 1. Edition Eyrolles, Paris, 262 p.

**DUSSART B., 1966** : « Limnologie : l'étude des eaux continentales ». Ed. Gauthiers-Villars, Paris, 678 p.

**FALL C., 2007** : « Etude de la qualité de l'eau de robinet et celle de la nappe phréatique dans les différentes communes d'arrondissement du département de Guédiawaye », Dakar, Sénégal, 81 p.

**GAUDREAU D. et MERCIER M., 1998** : « La contamination de l'eau des puits privés par les nitrates en milieu rural », Ed. Regie Regionale de la santé et des Services Sociaux de la Monteregion, 64 p.

**GAUJOUS D., 1995** : « la pollution des milieux aquatiques : Aide-mémoire » ; 2<sup>ème</sup> édition. Ed. Tec et Doc, Lavoisier, Paris. 220 p.

**GELINAS P., 1995** : « Répertoire des microorganismes pathogène transmis par les aliments », Ed. Edisem Incorporated, Canada, 211 p.

**GHAZALI D. et ZAID A., 2013** : « Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de la source AIN SALAMA-JERRI (Région de MEKNÈS – MAROC) », Meknès, Maroc. Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n° 12, Janvier 2013, pp : 25-36.

**GOMELLA C. et GUERREE H., 1978** : « Le traitement des eaux publiques industrielles et privées ». Editions Eyrolles, Paris. 1.208 p.

**HAKMI A., 2006** : « Traitement des eaux Traitement de l'eau de source Bousfer ORAN, Université des sciences et de la technologie Oran, 71 p

**HAMAIDI F., HAMAIDI M-S., GUETARNI D., SAIDI F. et MOHAMED SAID R., 2008** : « Rotifères de l'Oued Chiffa (Algérie) » Université Saad Dahleb, Département de Biologie, Blida, Algérie. *Bulletin de l'Institut Scientifique*, Rabat, section Sciences de la Vie, n° 30, pp : 19-27.

**HARTEMANN P., 2004** : « Contamination des eaux en milieu professionnel ». Nancy, France.

**HÉBERT S. et LÉGARÉ S., 2000** : « Suivi de la qualité des rivières et petits cours d'eau », Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère de l'Environnement, Québec, envirodoq N° ENV-2001-0141, rapport N° QE-123, 24 p et 3 annexes.

**HERNANDEZ DE LEON H-R., 2006** : « Supervision et diagnostic des procédés de production d'eau potable », Thèse de Doctorat en systèmes automatiques, l'Institut national des sciences appliquées de Toulouse, France. 148 p.

**IGBINOSA E-O. et OKOH A-I., 2009** : « Impact of discharge wastewater effluents on the physicochemical qualities of a receiving watershed in a typical rural community », International Journal of Environment Science Technology, pp : 175-182.

**ISO, 1989** : « Qualité de l'eau. Dosage de la somme du Calcium et du magnésium. Méthode titrimétrique à la l'EDTA ». NA752, **ISO 6059**. Ed. INAPI. Edition et diffusion, Alger, 5 p.

**ISO, 1990** : « Qualité de l'eau. Dosage de l'ammonium. Méthode par distillation et titrimétrie ». NA 1848, **ISO 5664**. Ed. INAPI. Edition et diffusion, Alger, 3 p.

**ISO, 1990** : « Qualité de l'eau. Dosage des chlorures – Titrage au nitrate d'argent avec du chromate comme indicateur (Méthode de Mohr) ». NA 6917, **ISO 9297**. Ed. INAPI. Edition et diffusion, Alger, 2 p.

**ISO, 1994** : « Qualité de l'eau. Dosage des nitrites. Méthode par spectrométrie d'absorption moléculaire ». NA 1657, **ISO 6777**. Ed. INAPI. Edition et diffusion, Alger, 5 p.

**ISO, 1994** : « Qualité de l'eau. Dosage du phosphore. Dosage par méthode spectrométrique à l'aide du molybdate d'ammonium ». NA 2364, **ISO 6878/1**. Ed. INAPI. Edition et diffusion, Alger, 20 p.

**ISO, 1994** : « Qualité de l'eau. Dosage des nitrates. Méthode spectrométrique avec l'acide sulfosalicylique ». NA 1656, **ISO 7890**. Ed. INAPI. Edition et diffusion, Alger, 5 p.

**ISO, 1994** : « Qualité de l'eau. Détermination de l'oxydabilité au permanganate de potassium (indice de permanganate). Méthode à chaud en milieu acide ». NA 2064, **ISO 8467**. Ed. INAPI. Edition et diffusion, Alger, 4 p.

**JORA (Journal Officiel de la République Algérienne), 2011** : « Décret exécutif n° 11-125 du 17 Rabie Ethani 1432 correspondant au 22 mars 2011 relatif à la qualité de l'eau de consommation humaine ». Imprimerie Officielle - Les Vergers, Bir-Mourad Raïs, Alger – Algérie.

**JORA (Journal Officiel de la République Algérienne), 2011** : « Décret exécutif n° 11-219 du 10 Rajab 1432 correspondant au 12 juin 2011 fixant les objectifs de qualité des eaux superficielles et souterraines destinées à l'alimentation en eau des populations ». Imprimerie officielle - Les Vergers, Bir-Mourad Raïs, Alger- Algérie.

**KEDADA M., 2012** : « La wilaya de Blida ne connaîtra plus de problème d'eau potable ». Journal le Soir d'Algérie ; quotidien indépendant, article publié le 21 Septembre 2012. Edition d'Alger – ISS NIII.

**LADJEL M., 2004** : « Traitement et fusion multisensorielle appliqués à la surveillance des eaux potables ». Thèse de magister, université MOHAMED BOUDIAF de M'Sila, 142 p.

**LADJEL S., 2009** : « Contrôle des paramètres physico-chimiques et bactériologiques d'une eau de consommation ». Les cahiers techniques du stage T 7. Centre de formation en métiers de l'eau, Tizi Ouzou, 101 p.

**LAIDANI Y., HENINI G., KHATMI B. et DELLAL A., 2009** : « Evaluation de la pollution des eaux du sous bassin versant de l'Oued Mina », 12 p.

**LEBRES, AZIZI A., TELEB F. et TAOUCHICET B., 2002 :** « Manuel des travaux pratiques », Institut Pasteur d'Algérie, 20 p.

**LECLERC H. et HASLAY C., 1993 :** « Microbiologie des eaux d'alimentation ». Ed. Technique et Documentation-Lavoisier, Paris, 512 p.

**LEFEVRE J-C., 1993 :** « Les zones humides : espaces en voie de disparition » In Actes du colloques sur les zones humides du littoral aquitain, édition DRAE d'aquitaine, Paris, p27.

**LIVET M., 2004 :** « Vulnérabilité des ressources en eau et protection des captages pour en alimentation en eau potable », Revue Française des Laboratoires.

**LORTHIOIS M., RICHARD G. et SUTTER B., 1990 :** « Guide d'analyse des eaux de rejets de traitements de surface ». Impression JOUVE- Paris. 166p.

**LOUNNES A., 2009 :** « Amélioration des procédés de clarification des eaux de la station Hamadi-Kroma de Skikda ». Thèse de magister en Chimie, Université 20 Août 1955 Skikda, Algérie. p120.

**MAITREJEAN M., VASEY S. et DEOM A., 2008 :** « FICHE TECHNIQUE 19 : De l'utilité / importance de la dilution ».

**MAKHOUKH M., SBAA M., BERRAHOU A. et CLOOSTER M-V., 2011 :** « Contribution à l'étude physico-chimique des eaux superficielles de l'oued Moulouya (Maroc oriental) », p149.

**MARC B., ETEC S., RÉGINE B. et DAVID T., 2007 :** « Qualité des cours d'eau en Valais », Département des transports, de l'équipement et de l'environnement ; Service de la protection de l'environnement, 67 p.

**MARGAT J. et ANDREASSIAN V., 2008 :** « L'eau » ; Paris. 22,31p.

**MASSCHELEIN W.J., 1996 :** « Processus unitaires du traitement de l'eau potable ». Editeur : CEBEDOC Sprilliege, Lavoisier, 693pages.

**MEYBECK M., FRIEDRICH G., THOMAS R. et CHAPMAN D., 1996 :** « River Water quality assessment : a guide to the use of biota, sediments and water in environment monitoring », Chapman edition, 2nd ed. E & FN Spon, London, pp. 59-126.

**MISEUR L., 2012 :** « dilution d'une solution », <http://www.lachimie.net>

**MONIQUE T.H. et BEAUDRY J.P., 1992 :** « Chimie des eaux ». 2<sup>ème</sup> édition ; le griffon d'argile. 536p.

**NKAMBULE T.I., KRAUSE R.W.M., MAMBA B.B. et HAARHOFF J., 2008 :** « Characterization of natural organic matter and its removal using cyclodextrin polyurethanes ». water South Africa, p 200.



**OMS (Organisation Mondiale de la santé), 2000** : « Directives de qualité pour l'eau de boisson », deuxième édition, Volume 2 : Critère hygiène et documentation à l'appui, Genève, 1050 pages.

**OMS (Organisation Mondiale de la santé), 2006** : « Les lignes directrices de l'OMS en ce qui concerne la qualité de l'eau potable », mis à jour en 2006 sont la référence en ce qui concerne la sécurité en matière d'eau potable.

**OUJJEHANE R., BOUTEKDJIRET L., LAÏD Y. et BACHIRI K., 2008** : « Rapport sur la surveillance de la qualité de l'eau potable en Algérie » : Institut National de Santé Publique, Alger. 3 p.

**PESCOD M.B., 1985** : « Design, operation and maintenance of wastewater stabilization ponds in treatment and use of sewage effluent for irrigation ». Ed Pescodand Arar, 93-114.

**POTELON J-L et ZISMAN K., 1998** : « Le guide des analyses de l'eau potable », édition de la lettre du cadre territorial, Pris, 1025 pages.

**RAMADE F., 1984** : « Eléments d'écologie fondamentale », 2<sup>ème</sup> Edition, Ed. Delmas et Cie, Franc, 579p.

**ROBERT H., 1999** : « Qualité microbiologique des eaux brutes distribuées par BRL : Exigences et conception d'un suivi adapté », Mémoire d'Ecole Nationale de la Santé Publique, Languedoc-Roussillon, Rhône-Catalogne, 80p.

**RODIER J., BAZIN C., BROUTIN J-P., CHAMPON P., CHAMPSAUR H. et RODI L., 1984** : « L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer, chimie, physico-chimie, bactériologie, biologie », 7<sup>ème</sup> édition, Ed. Dunod, Paris, 1365p.

**RODIER J., BAZIN C., BROUTIN J-P., CHAMBON P., CHAMPSAUR H. et RODI L., 1996** : « L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer », 8<sup>ème</sup> édition, Ed. Dunod, Paris, 1383 pages.

**RODIER J., BAZIN C., BRROUTIN J-P., CHAMBON P., CHAMPSAUR H. et RODI L., 2005** : « L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer ». 9<sup>ème</sup> édition, Ed. Dunod, Paris. 1530 p.

**SATIN M. et SELMI B., 1999** : « Guide technique de l'assainissement ». 2<sup>ème</sup> édition, Edition REGISBOURRIER. Pp :42-79.

**SCHON W., ODEH K., DENOEUX T. et FOTOOHI F., 2000** : « Maîtrise des risques dans le domaine de l'eau potable », In Actes du 12<sup>ème</sup> Colloque National de Sûreté de Fonctionnement, Laboratoire SIME Système Intelligents pour la Maîtrise de l'Eau, Montpellier, France, pages 695.

**SIGG L., BEHRA P. et STUMM W., 2000 :** « Chimie des milieux aquatiques : Chimie des eaux naturelles et des interphases dans l'environnement », 3<sup>ème</sup> Edition. DUNOD, Paris, 567p.

**TABET S. et AROUDJ N., 1889 :** « Etude physico-chimiques et hydrobiologiques de l'oued Chiffa ». Mémoire. DES. U.S.T.H.B, 110 p.

**TARDAT-HENRY M. et BEAUDRY J-P., 1992 :** « Chimie des eaux », 2<sup>ème</sup> édition, le griffon d'argile ; Canada. P 537.

**THIEBLEMONT A.L., 1994 :** « Dépolluer les eaux pluviales; contribution d'une stratégie, 309p.

**VILAGINES R., 2003 :** « Eau, environnement et santé publique: Introduction à l'hydrologie », 2<sup>ème</sup> édition, Ed. Tec et Doc, Lavoisier, 196p.

**VILAIN M., 1989 :** « La production végétale », Vol 2: la maîtrise de technique de la production. ED. Lavoisier (ed.J. Bailliére).Paris- France.



PDF Create! 4 Trial  
www.nuance.com

---

**CLOSSAIRE**

---

**Alcalinité** : Pouvoir de neutralisation des acides d'une eau. L'alcalinité est généralement causée par des ions bicarbonates et des ions carbonates.

**Aquifère** : Formation géologique contenant de façon temporaire ou permanente de l'eau mobilisable, constituée de roches perméables (formations poreuses et/ou fissurées) et capable de la restituer naturellement et/ou par exploitation (drainage, pompage,...).

**Atmosphère** : est la couche d'air qui entoure la terre.

**Bactéries** : Microorganismes unicellulaires procaryotes, très répandus et de formes très variées.

**Bactérie aérobie** : Se dit d'une bactérie qui ne peut se développer qu'en présence d'oxygène libre ou d'air (teneur en oxygène de 21 %).

**Bactérie anaérobie** : Se dit d'une bactérie qui ne tire pas son énergie de l'oxygène et ne peut pas se développer en présence d'air.

**Berge** : La berge est formée par les terrains situés à droite et à gauche du cours d'eau et qui délimitent le lit mineur. Elle matérialise la partie hors d'eau de la rive. Cet espace abrite des plantes et arbustes dont les racines limitent l'érosion et fournissent un ombrage et une alimentation nécessaires à la vie aquatique.

**Colloïde** : Matière insoluble finement divisée qui reste dispersée assez longtemps dans un liquide.

**Corrosion** : Dans le contexte de la distribution d'eau potable, se dit de la détérioration et de la dissolution d'une conduite d'eau en métal au contact d'une eau corrosive.

**Eaux brutes** : Eaux de surface ou eaux souterraines que l'on peut utiliser comme source d'eau potable, mais qui n'a pas encore subi un traitement pour rendre l'eau potable.

**Eaux souterraines sous l'action directe des eaux de surface** : Eaux souterraines pénétrées par des eaux de surface, soit à cause d'une filtration incomplète, soit à cause d'une infiltration par des eaux pluviales ou superficielles.

**Etiage** : En hydrologie, l'étiage correspond à la période où le débit d'un cours d'eau atteint son point le plus bas, cette valeur est annuelle. Il intervient pendant une période de tarissement et est dû à une sécheresse forte et prolongée qui peut être aggravée par des températures élevées.

**Erosion** : Usure ou lessivage du sol et de la surface de la terre par l'action de l'eau, du vent ou de la glace.

**Gram négatif** : Qualification donnée à certaines bactéries qui ne prennent pas le colorant de Gram.

**Lessivage** : Processus d'entraînement de substances organiques et inorganiques à travers le sol sous l'action de l'eau.

**Maladie gastro-entérites** : Inflammation simultanée de l'estomac et de l'intestin grêle, d'origine virale ou bactérienne.

**Maladie gastro-intestinale** : Se dit d'une maladie qui se rapporte à la partie de l'appareil digestif qui comprend l'estomac, l'intestin et tous leurs organes accessoires.

**Microorganisme** : Organisme visible uniquement au microscope (bactéries, virus, algues, protozoaires, champignons, etc.).

**Nombre le plus probable (NPP)** : Méthode utilisée pour obtenir une estimation statistique du nombre de bactéries présentes dans l'eau. Elle ne donne pas le nombre réel de bactéries.

**Oued** : Nom arabe devenu d'usage commun en hydrologie et désignant un cours d'eau temporaire propre aux régions méditerranéennes et désertiques.

**Organoleptiques** : Se dit des aspects de l'eau potable qui affectent les organes des sens (goût, odeur, couleur et clarté).

**Oxydation** : Processus par lequel les électrons sont enlevés à des atomes d'hydrogène, ou par lequel est produite une fixation à l'oxygène.

**Paramètre** : Caractéristique ou aspect mesurable ou quantifiable.

**Parasite** : Organisme qui doit obligatoirement se nourrir aux dépens d'un autre organisme, l'hôte, mais sans le détruire. Il peut être externe (ectoparasite) ou interne (endoparasite).

**Pathogène** : Se dit d'un organisme capable de causer une maladie chez un autre organisme prédisposé.

**Perméabilité** : la perméabilité d'un réservoir caractérise la facilité avec laquelle l'eau le traverse sous l'effet d'un gradient hydraulique.

**Protozoaires** : Organismes unicellulaires mononuclés et incapables de photosynthèse (amibes, ciliés, flagellés, etc.).

**Rayonnement gamma** : Rayonnement électromagnétique à faible longueur d'ondes qui est émis par un noyau atomique.

**Spore** : Corpuscule reproducteur privé d'un embryon préformé, qui est capable d'une germination spontanée pour former un nouvel individu; corpuscule résistant formé par certains microorganismes; cellule au repos; corpuscule reproducteur unicellulaire primitif.

**Virus** : Microorganismes capables d'infecter des plantes et des animaux. Leur présence se manifeste généralement par une maladie. Les virus sont incapables de se multiplier hors de leur hôte.

PDF Create! 4 Trial  
www.nuance.com

---

**ANNEXES**

---

## Annexe n°I

Tableau II : Les critères d'appréciation globale de la qualité des eaux de rivière :

Paramètres physico-chimiques	Unité	Classes de qualité des eaux de rivières			
		1A	1B	2	3
Conductivité	µS/cm à 20°C	≤ 400	400 à 750	750 à 1.500	1.500 à 3.000
Température	°C	≤ 20	20 à 22	22 à 25	25 à 30
Ph		6,5 à 8,5	6,5 à 8,5	6 à 9	5,5 à 9,5
Matière en suspension (MES)	mg/l	≤ 30	30	30	30 à 70
O <sub>2</sub> dissous	mg/l	> 7	5 à 7	3 à 5	Milieu aérobie à maintenir en permanence
O <sub>2</sub> dissous	% de saturation	> 90 %	70 à 90	50 à 70	
Demande biochimique en oxygène (DBO <sub>5</sub> )	mg/l	≤ 3	3 à 5	5 à 10	10 à 25
Oxydabilité (KMnO <sub>4</sub> )	//	≤ 3	3 à 5	5 à 10	--
Demande chimique en oxygène (DCO)	//	≤ 20	20 à 25	25 à 40	40 à 80
Azote ammoniacal (NH <sub>4</sub> )	//	≤ 0,1	0,1 à 0,5	0,5 à 2	2 à 8
Nitrates (NO <sub>3</sub> )	//			< 44	44 à 100
Azote Kjeldahl total (NTK)	//	≤ 1	1 à 2	2 à 3	--
Fer (Fe)	//	≤ 0,5	0,5 à 1	1 à 0,5	--
Manganèse (Mn)	//	≤ 0,1	0,1 à 0,25	0,25 à 0,50	--
Fluor (F)	//	≤ 0,7	0,7 à 1,7	0,7 à 1,7	> 1,7
Cuivre (Cu)	//	≤ 0,02	0,02 à 0,05	0,05 à 1	> 1
Zinc (Zn)	//	≤ 0,5	0,5 à 1	1 à 5	> 5
Arsenic (As)	//	≤ 0,01	≤ 0,01	0,01 à 0,05	> 0,05
Cadmium (Cd)	//	≤ 0,001	≤ 0,001	≤ 0,001	> 0,001
Chrome (Cr)	//	≤ 0,05	≤ 0,05	≤ 0,05	> 0,05
Cyanures (CN)	//	≤ 0,05	≤ 0,05	≤ 0,05	> 0,05
Plomb (Pb)	//	≤ 0,05	≤ 0,05	≤ 0,05	> 0,05
Mercure (Hg)	//	≤ 0,0005	≤ 0,0005	≤ 0,0005	> 0,0005
Phénols (C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH)	//	--	≤ 0,001	0,001 à 0,05	0,05 à 0,5
Détergents	//	≤ 0,2	≤ 0,2	0,2 à 0,5	> 0,5
Substances extractibles (S.E.C)	//	≤ 0,2	≤ 0,2	0,5 à 1	> 1
<b>Paramètres microbiologiques</b>					
Coliformes	Germe/ 100ml	≤ 50	50 à 5.000	5.000 à 50.000	--
<i>Escherichia coli</i>	//	≤ 20	20 à 2.000	2.000 à 20.000	--
Streptocoques fécaux		≤ 20	20 à 1.000	1.000 à 10.000	--

(DEGREMONT, 1989)

Avec :

**Classe 1A :**

Elle caractérise les eaux considérées comme exemptes de pollution, aptes à satisfaire les usages les plus exigeants en qualité.

**Classe 1B :**

D'une qualité légèrement moindre, ces eaux peuvent néanmoins satisfaire tous les usagers.

**Classe 2 : (Qualité "Passable")**

Suffisante pour l'irrigation, les usagers industriels, la production d'eau potable après un traitement poussé. L'abreuvement des animaux est généralement toléré. Le poisson y vit normalement mais sa reproduction peut y être aléatoire. Les loisirs liés à l'eau sont possibles lorsqu'ils ne nécessitent que des contacts exceptionnels avec elle.

**Classe 3 : (Qualité "Médiocre")**

Juste apte à l'irrigation, au refroidissement et à la navigation. La vie piscicole peut subsister dans ces eaux, mais cela est aléatoire en période de faibles débits où de fortes températures par exemple.

**Hors-classe :**

Eaux dépassant la valeur maximale tolérée en classe 3 pour un ou plusieurs paramètres. Elles sont considérées comme inaptes à la plupart des usages et peuvent constituer une menace pour la santé publique et l'environnement.

**Tableau X :** Normes de qualité des eaux superficielles et souterraines destinées à l'alimentation en eau potable des populations

Paramètres	Unité	Eaux superficielles		Eaux souterraines	
		OMS	Normes Algériennes	OMS	Normes Algériennes
Température	°C	25	25		25
Concentration en ions hydrogène (pH)	Unité pH	5.5-9	≥ 6,5 et ≤ 9		≥ 6,5 et ≤ 9
Conductivité électrique	μS/cm à 20°C	3.000	2800		2800
Turbidité					
Résidu sec	mg/l				
<b>Paramètres physico-chimiques</b>					
Nitrites (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	0.1	0.1	0,1	
Nitrates (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	50	50		50
Phosphate (PO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> )	mg/l	0.2	10		5
Sulfate (SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> )	mg/l	250	400	250	400
Chlorures (Cl <sup>-</sup> )	mg/l	250	600		500
Ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	mg/l	2	4	0,5	0,5
Titre hydrotimétrique (TH)	mg/l	--	--	--	--
Magnesium (Mg <sup>+2</sup> )	mg/l	50		50	
Calcium (Ca <sup>+2</sup> )	mg/l	100	200	100	
Titre alcalimétrique complet	mg/l	--	--	--	--
Bicarbonates	mg/l	--	--	--	--
Titre alcalimétrique	mg/l	--	--	--	--
Matières organiques	mg/l		3		
<b>Paramètres bactériologiques</b>					
Coliformes totaux	UFC/100ml	50000	50000		50
Coliformes fécaux	UFC/100ml	20000	20.000		20
Streptocoques fécaux	UFC/100ml	10000	10.000		20
Spore d'anaérobies sulfite-réducteurs	Spores/20ml	00	00		00
Salmonelles	--		Absence dans 1000ml		Absence dans 5000ml

(OMS ; JORA, 2011)

**Tableau XVI : Normes de potabilité recommandées pour une eau de boisson.**

Paramètres physiques	Unité	OMS	C.E.E		Normes Algériennes	
			Guide	Maximal admissible	NG	CMA
Température	°C	Ne doit pas dépasser 25°C	12	25	9 à 12°C	--
Concentration en ions hydrogène (pH)	Unité pH	$6,5 \leq \text{pH} \leq 8,5$	$6,5 \leq \text{pH} \leq 8,5$		6,5 à 8,6	--
Conductivité électrique	$\mu\text{S}/\text{cm}$ à 20°C	2800	400	2800	--	2800
Turbidité		Ne doit pas être supérieur à une valeur équivalente à 2 NTU	1	10	1	5
Résidu sec	mg/l	$\leq 1500$		1500	--	2000
<b>Paramètres physico-chimiques</b>						
Nitrites ( $\text{NO}_2^-$ )	mg/l	$\leq 0,1$		0,1	--	0,10
Nitrates ( $\text{NO}_3^-$ )	mg/l	$\leq 50$	25	50	--	50
Phosphate ( $\text{PO}_4^{2-}$ )	mg/l	0,2	--	--	--	0,5
Sulfate ( $\text{SO}_4^{2-}$ )	mg/l	$\leq 250$	25	250	200	400
Chlorures ( $\text{Cl}^-$ )	mg/l	$\leq 200$	25		200	500
Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ )	mg/l	$\leq 0,5$	0,05	0,5	0,05	0,50
Titre hydrotimétrique (TH)	mg/l ( $\text{CaCO}_3$ )	200		--	--	500
Magnesium ( $\text{Mg}^{2+}$ )	mg/l	$\leq 50$	30	50	--	150
Calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ )	mg/l	100	100	60	--	200
Titre alcalimétrique complet	°F	200	--	--	--	250
Bicarbonates	mg/l	500		30	--	500
Titre alcalimétrique	mg/l	--	--	--	--	--
Matières organiques	mg/l	5	2	5	--	< 5
<b>Paramètres bactériologiques</b>						
Coliformes totaux	UFC/100ml	100		NPP < 1	0	
Coliformes fécaux	UFC/100ml	0		NPP < 1	0	
Streptocoques fécaux	UFC/100ml	0		NPP < 1	0	
Spore d'anaérobies sulfite-réducteurs	Spores/20ml	0		NPP $\leq$ 1	0	
Salmonelles	--	Absence	Absence		Absence	
<i>Vibrio cholerae</i>	Ge/5 l	Absence	Absence		Absence	

NG : Norme Guide / CMA : Concentration Maximale Admissible.

(OMS, 2006 ; CCE, 1980 ; JORA, 2011)



**Tableau XI :** Les valeurs des concentrations des différents anions ( $\text{H}^+$ ,  $\text{CO}_3^{-2}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ) en fonction du TA et TAC.

Alcalinité	Hydroxydes ( $\text{OH}^-$ )	Carbonates ( $\text{CO}_3^{-2}$ )	Bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ )
TA = 0	0	0	TAC
TA < TAC/2	0	2TA	TAC - 2TA
TA = TAC/2	0	TAC	0
TA > TAC/2	2TA - TAC	2(TAC - TA)	0
TA = TAC	TAC	0	0

(HAKMI, 2006 ; ANDRINARISON, 1996)

**Tableau XIV :** Détermination de l'origine de la contamination fécale à partir du rapport CF/SF :

Rapport CF/SF	Origine de la contamination
CF/SF < 0,7	Principalement ou entièrement d'origine animale
0,7 < CF/SF < 1	Mixte à prédominance animale
1 < CF/SF < 2	Origine incertaine
2 < CF/SF < 4	Mixte à prédominance humaine
CF/SF > 4	Source exclusivement humaine

(BORREGO et ROMERO, 1982)

**Tableaux des classes proposées pour différents paramètres physico-chimiques :**

Tableau des classes proposées pour l'ammonium (NISBET et VERNEAUX, 1970) In ARRIGNON 1982 :

Composant $\{NH_4^+\}$ (mg/l)	Classe	Situation
$0 < \{NH_4^+\} < \text{qq. } 1/100$	1	Situation normale à douteuse
$\{NH_4^+\} \text{ qq. } 1/10$	2	Pollution insidieuse sensible
$\{NH_4^+\} > 1$	3	Pollution critique

Tableau des classes proposées pour le pH (NISBET et VERNEAUX, 1970) In ARRIGNON 1982 :

Composant	Class	Situation
$\text{pH} < 5$	1	Acidité forte, cours d'eau à substrat acide
$5 < \text{pH} < 6$	2	Acidité moyenne, cours d'eau à substrat acide
$6 < \text{pH} < 7$	3	Acidité faible, cours d'eau à substrat acide
$7 < \text{pH} < 7,5$	4	Neutralité approchée, majorité des eaux piscicoles régions calcaires
$7,5 < \text{pH} < 8$	5	Faible alcalinité
$8 < \text{pH} < 9$	6	Alcalinité moyenne, eau closes
$\text{pH} > 9$	7	Alcalinité forte, eaux peu piscicoles ou valeurs passagères

Tableau des classes proposées pour la conductivité électrique (NISBET et VERNEAUX, 1970) In ARRIGNON 1982 :

Conductivité électrique ( $\mu\text{S/cm}$ )	Classe	Minéralisation
$\text{C.E} < 100$	1	Très faible
$100 < \text{C.E} < 200$	2	Faible
$200 < \text{C.E} < 333$	3	Moyenne
$333 < \text{C.E} < 666$	4	Moyenne accentuée
$666 < \text{C.E} < 1000$	5	Importante
$\text{C.E} > 1000$	6	Elevée

Tableau des classes proposées pour les matières en suspension (NISBET et VERNEAUX, 1970) In ARRIGNON 1982 :

Composant en mg/l	Classes	Situation
$\text{MES} < 10$	1	Très bonne situation
$10 < \text{MES} < 25$	2	Situation normale
$25 < \text{MES} < 50$	3	Bonne situation
$50 < \text{MES} < 75$	4	Bonne situation
$75 < \text{MES} < 150$	5	Situation moyenne
$150 < \text{MES} < 300$	6	Situation médiocre, eaux polluées
$300 < \text{MES} < 500$	7	Rare à l'état naturel. Cours d'eau particulière et zone très polluée. Situation anormale. Productivité piscicole très faible
$\text{MES} > 500$		

Tableau des classes proposées pour les Chlorures (NISBET et VERNEAUX, 1970) In ARRIGNON 1982 :

Composant (mg/l)	Classe	Situation
$Cl < 2$	1	Eaux exempte de pollution dans l'ordre du degré croissant de minéralisation
$2 < Cl < 5$	2	
$5 < Cl < 10$	3	
$10 < Cl < 20$	4	Région calcaire
$20 < Cl < 50$	5	Cours d'eau particulière, teneurs locales et eaux plus ou moins polluées
$50 < Cl < 100$	6	

Tableau des classes proposées pour les Nitrites (NISBET et VERNEAUX, 1970) In ARRIGNON 1982 :

Composant {NO <sub>2</sub> } (mg/l)	Classes	Situation
{NO <sub>2</sub> } < 1/100	1	Eaux pures ou auto-épuration active
{NO <sub>2</sub> } < 1/10	2	Pollution insidieuse, perturbation du cycle de nitrite
qq. {NO <sub>2</sub> } > 1/10	3	Pollution sensible
{NO <sub>2</sub> } > 1	4	Etat de pollution critique

Tableau des classes proposées pour les Phosphates (NISBET et VERNEAUX, 1970) In ARRIGNON 1982 :

Composant {PO <sub>4</sub> } (µg/l)	Classes	Appréciation
{PO <sub>4</sub> } < 10	1	Eaux très peu productives, lacs oligotrophes
$10 < \{PO_4\} < 50$	2	Eaux peu productives
$50 < \{PO_4\} < 150$	3	Productivité moyenne
$150 < \{PO_4\} < 300$	4	Forte productivité
$300 < \{PO_4\} < 500$	5	Cours d'eau polluées
{PO <sub>4</sub> } > 500	6	Eaux notamment polluées ou très eutrophes

Tableau des classes proposées pour les Sulfates (NISBET et VERNEAUX, 1970) In ARRIGNON 1982 :

Composant {SO <sub>4</sub> } (mg/l)	Classes	Situation
{SO <sub>4</sub> } < 10	1	Situation normale
$10 < \{SO_4\} < 20$	2	
$20 < \{SO_4\} < 40$	3	
$40 < \{SO_4\} < 60$	4	Situation particulière : Eaux polluées ou séléniteuses
$60 < \{SO_4\} < 120$	5	
$120 < \{SO_4\} < 250$	6	Limite de potabilité, eaux très séléniteuses ou fortement polluées
{SO <sub>4</sub> } > 250	7	

Tableau des classes proposées pour le pourcentage de saturation en oxygène (NISBET et VERNEAUX, 1970) In TABET et AROUDJ 1889 :

Composant {PO <sub>4</sub> } (µg/l)	Classes	Appréciation
Sat ≥ 90	1	Bonne
70 ≤ Sat < 90	2	Satisfaisante
50 ≤ Sat < 70	3	Douteuse
30 ≤ Sat < 50	4	Critique
10 ≤ Sat < 30	5	Très dangereuse
Sat < 10	6	Létal

Tableau des classes proposées pour l'alcalinité totale (NISBET et VERNEAUX, 1970) In ARRIGNON 1982 :

Composant {T : HCO <sub>3</sub> } (mg/l)	Classes	Situation
T < 25	1	Région à substrat acide, alcalinité excessivement faible, eaux très peu productives
25 < T < 50	2	Substrat acide, alcalinité très faible, eaux douces peu productives
50 < T < 100	3	Alcalinité faible, bordures des massifs cristallins
100 < T < 150	4	Alcalinité moyenne, eaux très productives,
150 < T < 250	5	régions calcaires
250 < T < 350	6	Forte alcalinité, eaux polluées
T > 350	7	Très forte alcalinité, eaux polluées

Tableau des classes proposées pour la dureté (NISBET et VERNEAUX, 1970) In ARRIGNON 1982 :

Composant {D : dureté} (mg/l)	Classes	Situation
D < 10	1	Eaux très pauvres, peu piscicoles (oligotrophie)
10 < D < 20	2	Productivité faible
20 < D < 40	3	Productivité médiocre
40 < D < 80	4	Productivité moyenne,
80 < D < 110	5	Eaux piscicoles typiques très productives (eutrophie)
110 < D < 150	6	Eaux dures
D > 150	7	Eaux incrustantes, très dures (souvent magnésiennes)

Tableau des classes proposées pour l'oxydabilité (NISBET et VERNEAUX, 1970) In ARRIGNON 1982 :

Oxydabilité : O <sub>2</sub> (mg/l)	Classes	Situation
Oxy < 1	1	Eaux pures
1 < Oxy < 2	2	Eaux normales
2 < Oxy < 3	3	Eaux chargées en matières organiques
3 < Oxy < 6	4	Situation douteuse
Oxy > 6	5	Etat de pollution

## Annexe n° II

Tableau III : Les maladies bactériennes à transmission hydrique.

Quelques maladies à transmission hydrique	Agent pathogène	Principaux modes de transmission à l'homme	Principaux moyens de protection	Réservoir de l'organisme pathogène infectieux	Symptômes de la maladie
Choléra	<i>Vibrio cholerae</i>	Eaux et aliments contaminés par des matières fécales ; eaux d'égouts ; voie fécale-orale	Vaccin peu efficace ; ébullition ou désinfection de l'eau de consommation ; non-consommation de légumes crus	Homme	Vomissement et diarrhée abondants.
Fièvre typhoïde	<i>Salmonella typhi</i>	Eaux et aliments contaminés par des eaux d'égouts ; coquillages	Vaccination ébullition ou désinfection des eaux de consommation ; pasteurisation des produits laitiers	Homme	Inflammation intestinale, hémorragie.
Fièvre paratyphoïde	<i>Salmonella paratyphi A, B et C</i>	Eaux et aliments contaminés par des eaux d'égouts ; coquillages	Ébullition ou désinfection des eaux de consommation ; pasteurisation des produits laitiers	Homme	Fièvre, céphalées, diarrhée, douleurs abdominales, accompagnées d'un abattement extrême (le typhos) et peuvent avoir des complications graves, parfois mortelles : hémorragies intestinales, collapsus cardiovasculaire, atteintes hépatiques, respiratoires, neurologiques.
Tétanos	<i>Clostridium tetani</i>	Spores de la bactérie introduites par de la terre, de la rouille, etc. dans une plaie ; contact avec des eaux d'égouts ; injection avec des aiguilles contaminées	Vaccination	Homme, animaux, sol	Contraction incontrôlable des muscles squelettiques.
Diarrhées infectieuses	Diverses bactéries	Eaux et aliments contaminés par des eaux d'égouts ; coquillages	Hygiène ; désinfection de l'eau ; cuisson des aliments ; pasteurisation des produits laitiers	Homme et animaux (porcs, bovins, moutons, volailles, chats, chiens, etc.)	Selles liquides, vomissements et fièvre. En général, elles n'entraînent pas la mort.
Maladie des légionnaires (légionellose)	<i>Légionella pneumophila</i>	Respiration de gouttelettes d'eau contaminée	Désinfection	Eau (chaude surtout)	Fièvre, myalgies, anorexie, céphalées, symptômes gastro-intestinaux. Elles peuvent être responsables de sinusites, pancréatites, péritonites et pyélonéphrites.

(BRIERE, 1997 ; DEGREMONT, 1978 ; VILAGINES, 2003).

## Annexe n° III

## Matériels non biologiques

## 1. Matériels utilisés pour les analyses physico-chimiques

## ➤ Solutions et réactifs et leurs compositions chimiques :

**Dosage de nitrites :**

- Réactif mixte :

Sulfanilamide.....	40 g.
Acide phosphorique.....	100 ml.
N-1-Naphtyl éthylène diamine.....	2 g.
Eau distillée.....	1000 ml.

**Dosage des nitrates :**

- Solution de salicylate de sodium 0,5%

Salicylate de sodium.....	0,5 g.
Eau distillée.....	100 ml.

- Solution de soude et de tartrate double de sodium et de potassium

Hydroxyde de sodium NaOH.....	400 g.
Tartrate de sodium et de potassium.....	60 g.
Eau distillée.....	1000 ml, laisser refroidir avant de compléter à 1000 ml.

- Acide sulfurique pur ( $H_2SO_4$ )

Acide sulfurique.....	150 ml.
Eau distillée.....	150 ml.

**Dosage de Phosphate :**

- Réactif mixte :

A : 13 g d'heptamolybdate d'ammonium.....	100 ml d'eau distillée.
B : 0,35 g de tartrate d'antimoine et de potassium.....	100 ml d'eau distillée.
C : 150 ml d'acide sulfurique pur.....	150 ml d'eau distillée.
(A + B) + C.....	500 ml d'eau distillée.

- Acide ascorbique à 10% :

10 g acide ascorbique.....	100 ml eau distillée.
----------------------------	-----------------------

**Dosage de sulfate :**

- Solution stabilisante :

Acide chlorhydrique.....	60 g.
Ethanol.....	200 ml.

Chlorure de sodium.....	150 g.
Glycérol.....	100 ml.
Eau distillée.....	1000 ml.

- Solution de chlorure de baryum :

Chlorure de baryum.....	150 g.
Acide chlorhydrique.....	5 ml.
Eau distillée.....	1000 ml.

#### Dosage de chlorure :

- Solution de nitrate d'argent à 0,01 N

Nitrate d'argent.....	1,6987 g.
Eau distillée.....	1000 ml.

- Indicateur coloré chromate de potassium  $K_2CrO_4$  à 10% :

$K_2CrO_4$ .....	10 g.
Eau distillée.....	1000 ml.

#### Dosage d'ammonium :

- Réactif I :

Acide dichloroisocyanurique.....	2 g.
Hydroxyde de sodium NaOH.....	32 g.
Eau distillée.....	100 ml.

- Réactif II (coloré) :

Trictrate de sodium.....	130 g.
Salicylate de sodium.....	130 g.
Nitroprussiate de sodium.....	0,97 g.
Eau distillée.....	1000 ml.

#### Dosage des différentes duretés (TH)

- Solution d'E.D.T.A N/50 ( $C_{10}H_{14}N_2Na_2O_8 \cdot 2H_2O$ ) (0,02N ou 0,01M)

EDTA.....	3,725 g, après déshydratation à 80°C pendant 2h.
Eau distillée.....	1000 ml.

- Solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) à 2 N

NaOH (pastilles).....	80 g.
Eau distillée.....	1000 ml.

- Solution d'hydroxyde d'ammonium (NaOH) pH = 10,1

Chlorure d'ammonium.....	67,5 g.
NH <sub>4</sub> OH (25%).....	570 ml.
E.D.T.A ( $C_{10}H_{14}N_2Na_2O_8 \cdot 2H_2O$ ).....	5 ml.
Eau distillée.....	1000 ml.

Conserver la solution dans une bouteille en polyéthylène.

- Indicateurs colorés :

Noir ériochrome : 0,5 dans 25 ml d'éthanol.

Murexide 0,2 g dans 100 g de NaCl.

#### Dosage du TA et TAC :

- Acide minéral dilué (HCl N/10)
- Indicateurs :
  - Phénolphthaleines dans l'alcool à 0,5 % (0,5g dans 1000 ml d'alcool).
  - Héliantine (ou méthylorange) à 1% en milieu aqueux.

#### Dosage de la Matière Organique :

- Solution de permanganate de potassium ( $\text{KMnO}_4$ ) N/80

$\text{KMnO}_4$ .....3,1608 g.  
 $\text{H}_2\text{O}$  distillée bouillante.....1000 ml.

- Solution de sulfate ferreux ammoniacal (N/80)  $\text{Fe SO}_4 (\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4, 6 \text{H}_2\text{O}$

Sulfate ferreux ammoniacal.....5 g.  
 $\text{H}_2\text{O}$  distillée.....1000 ml.

- Acide sulfurique

Acide sulfurique à 1/2 en volume.....5 ml.

#### ➤ Appareillage et verreries

- Flacons de prélèvement en plastique pour les analyses chimiques ;
- Bechers de 50 ml et de 100 ml ;
- Pipettes graduées de 5 ml, 20 ml, 25 ml, et de 100 ml ;
- Erlen Meyers de 200 ml et de 250 ml ;
- Eprouvettes de 25 ml et de 100 ml ;
- Burette ;
- Fioles jaugés de 50 ml ;
- Entonnoires ;
- Papier filtrant ;
- Pissette d'eau distillée ;
- Barreaux magnétiques ;
- Poires ;
- Comparateur « Lovibond 2000 » ;
- Plaque chauffante « FALC » ;
- Turbidimètre « HACH 2100 N Turbidimeter » ;
- pH-mètre « HANNA HI 2211 pH/ORP Meter » ;
- Conductimètre « HACH Sension 3 » ;
- Spectrophotomètre « HACH ODYSSEY » ;



- Balance analytique « AG 204 Delta Range » ;
- Etuve réglable « PROLABO » ;
- Agitateur « FALC » ;
- Chronomètre.

## 2. Matériels utilisé pour les analyses bactériologiques

### ➤ Milieu de culture : « liquides et solides »

- Bouillon lactosé au pourpre de Bromocrésol (BCPL) à double concentration et à simple concentration muni d'une cloche de Durham ;
- Milieu de Schubert (milieu indole + mannitol) muni d'une cloche de Durham ;
- Bouillon de Rothe (bouillon à l'azide de sodium) à simple et à double concentration ;
- Bouillon Eva-Liskey (bouillon à l'azide de sodium et d'éthyl violet) ;
- Gélose viande foie (VF) ;
- Gélose Hektoen ; taille ondé, l'ombré
- Bouillon au sélénite de sodium cystéine (SFB) ;
- Milieu eau peptonée alcaline (EPA) ;
- Gélose nutritive alcaline et biliée (GNAB).

### ➤ Réactifs, additifs et solutions :

- Eau physiologique stérile ;
- Réactifs de kovacs ;
- Sulfite de sodium ;
- Alun de fer ;
- Eau de javel ;
- Additif Hektoen ;
- Additif SFB ;

### ➤ Appareillage et verrerie :

- Pipette pasteur stériles à usage unique ;
- Pipettes graduées stériles de 25 ml ;
- Tubes à essai stériles ;
- Bec benzen ;
- Anse à ensemence bouclée ;
- Lames et lamelles ;
- Flacons stériles de 250 ml ;
- Boîtes de pétri stériles (de petite et de grande taille) ;
- Portoir ;
- Pince ;
- Etuve à 37°C, 44°C (BINDER) ;
- Réfrigérateur (ENIEM) ;
- Bain-marie (SELECTRA) ;
- Chronomètre ;
- Flacon en verre stériles de 250 ml ;
- Thermomètre ;
- Boîtes de pétri stériles
- Portoir.



Etuves à 44 et 37°C pour l'analyse bactériologique



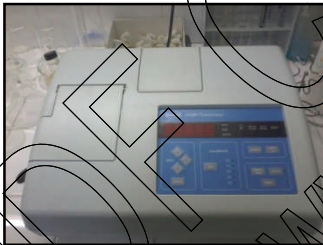
Réfrigérateur



Bain marie



Etuve réglable pour l'analyse physicochimique



Turbidimètre



Conductimètre+ pH mètre



Spectrophotomètre



Balance analytique



Plaque chauffante



Agitateur

(Des photos originales)

## Annexe n° IV

Principe de quelques exemples de dilutions courantes (MAITREJEAN et *al.*, 2008) :

Tableau V : Quelques exemples de dilutions courantes et comment retrouver la concentration de l'échantillon.

Volume d'échantillon utilisé (ml)	1	1	1	1	1	3
Volume de solution de dilution utilisé (ml)	1	2	3	4	7	2
Volume total (ml)	2	3	4	5	8	5
Dilution au	1/2	1/3	1/4	1/5	1/8	3/5
Concentration initiale de l'échantillon (multiplier le résultat par)	x 2	x 3	x 4	x 5	x 8	x5/3

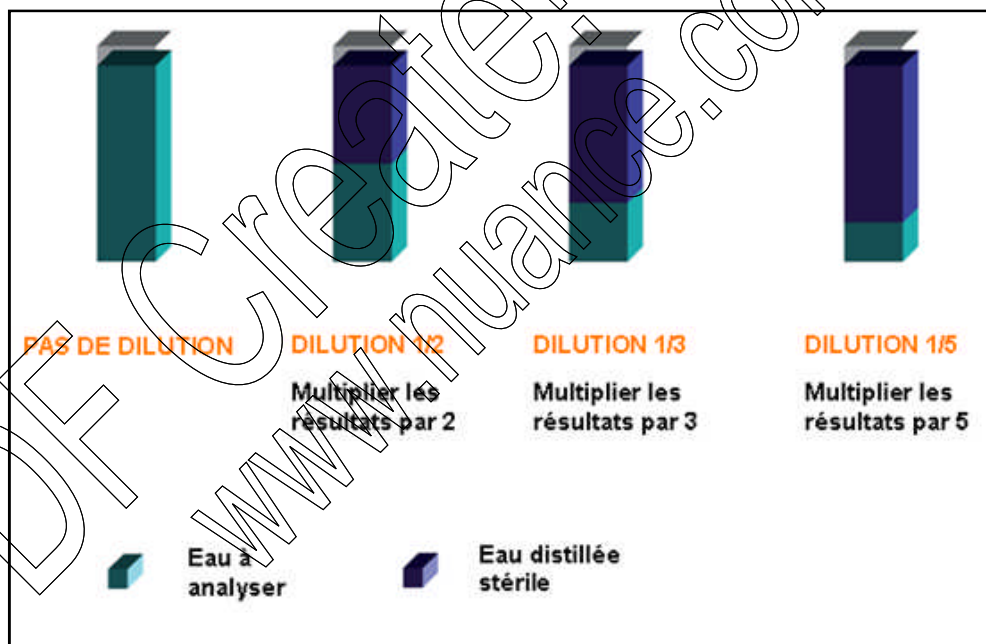
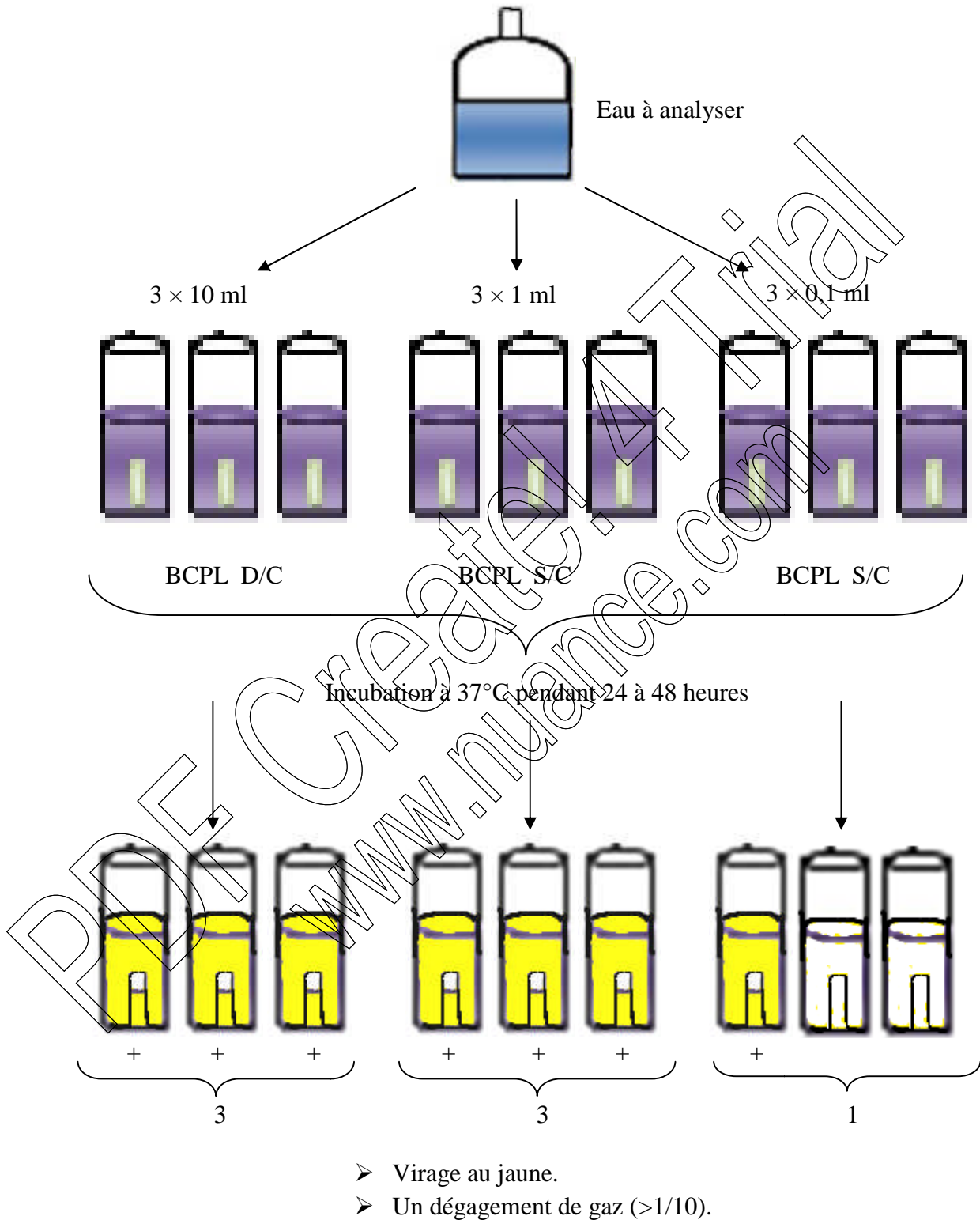


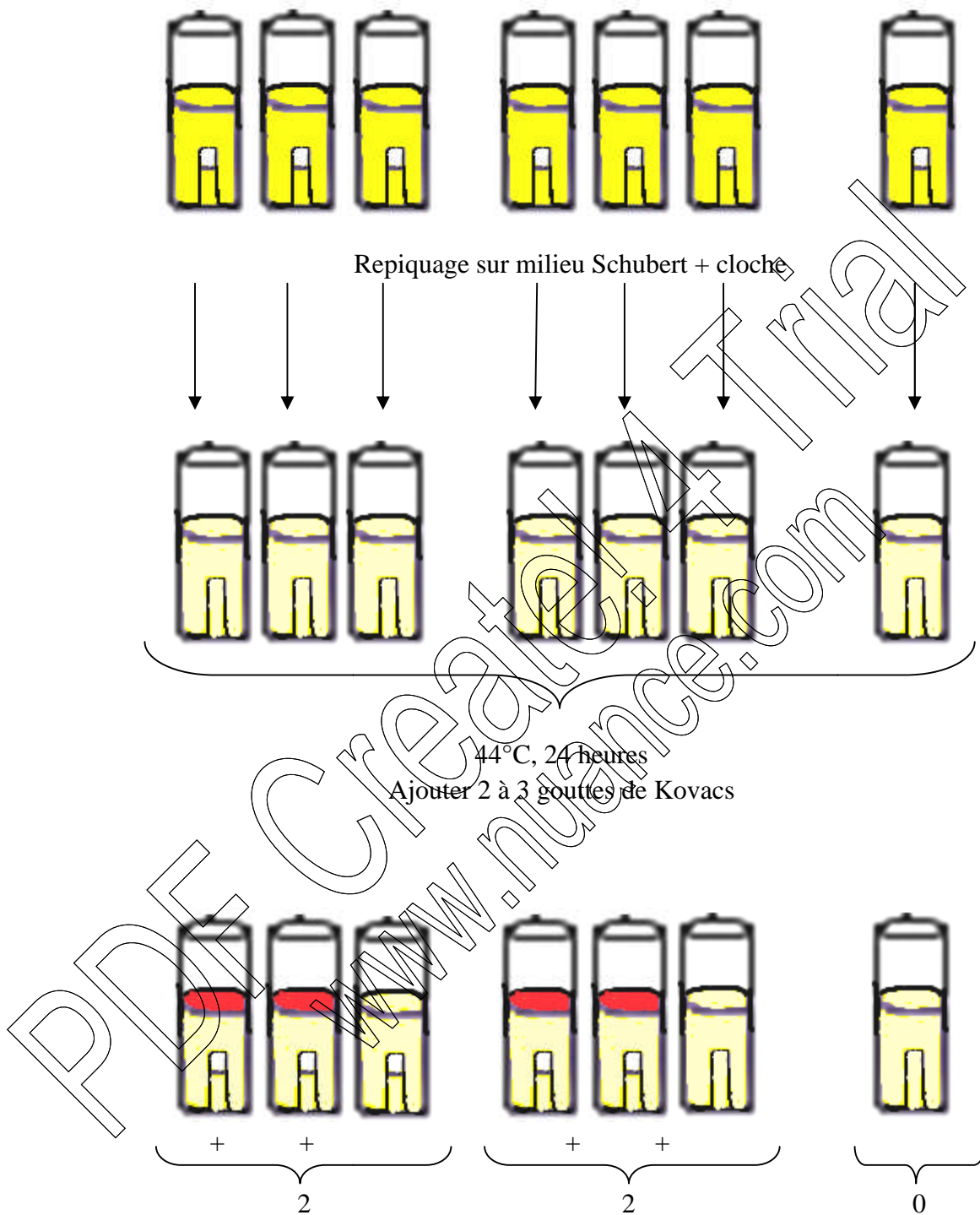
Figure 04 : Principe de quelques exemples de dilutions courantes.

Ne pas oublier de multiplier le résultat par le facteur de dilution à savoir le type de dilution (dans notre cas x 2).

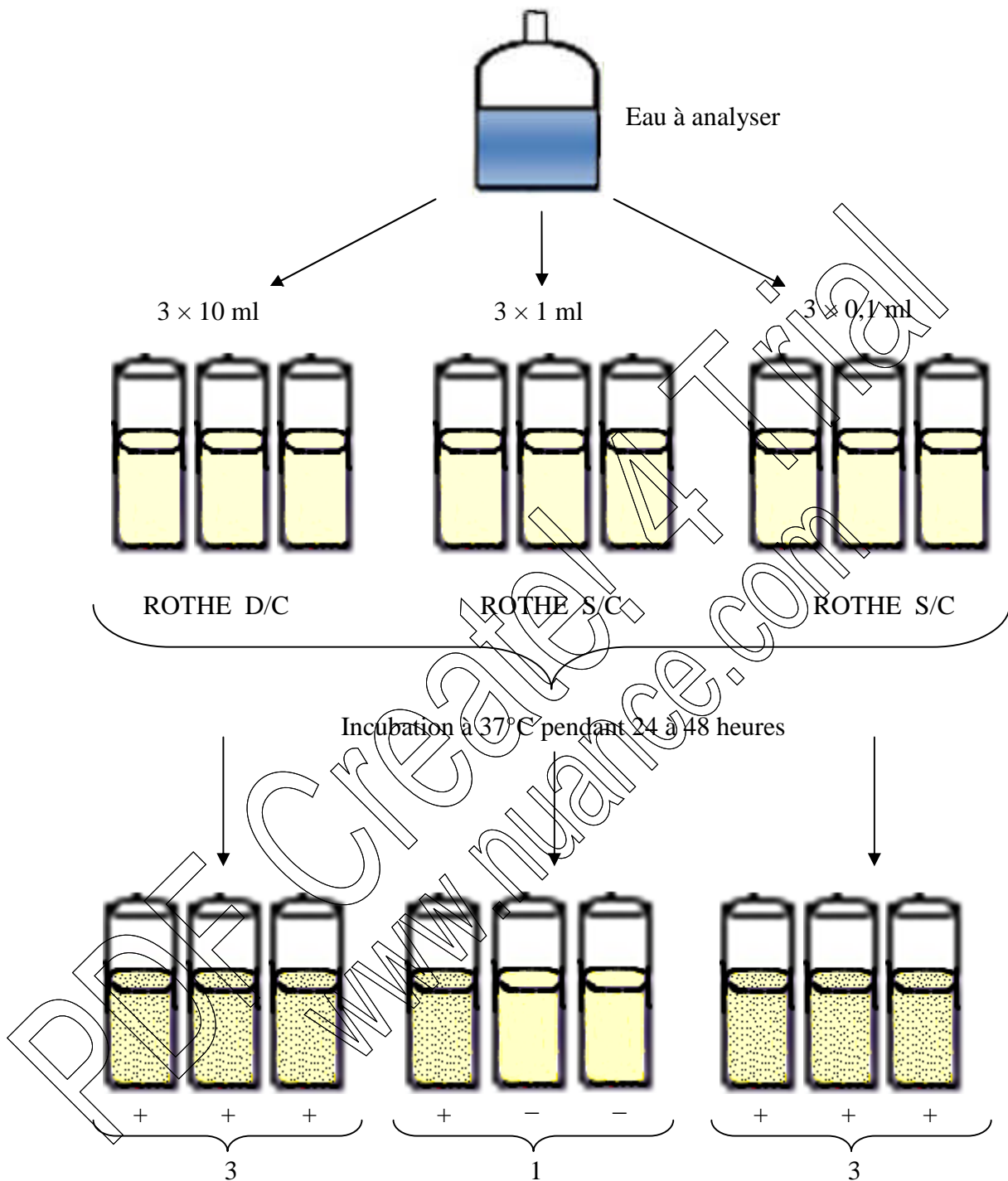
Annexe n° V



**Figure 05 :** Recherche et dénombrement des coliformes (Test de présomption).

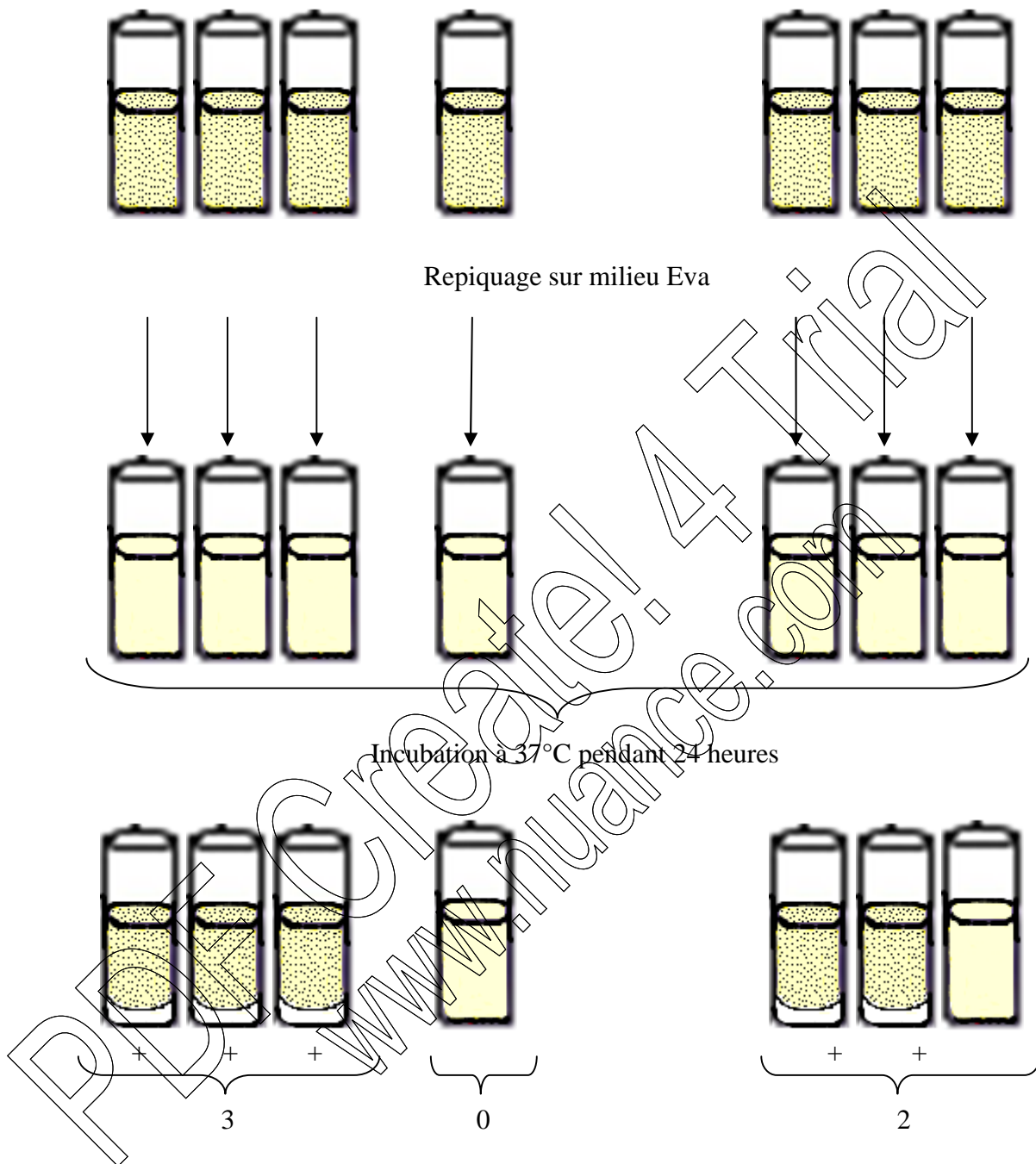


**Figure 06 :** Recherche et dénombrement des coliformes (Test de confirmation).



➤ Un trouble microbien.

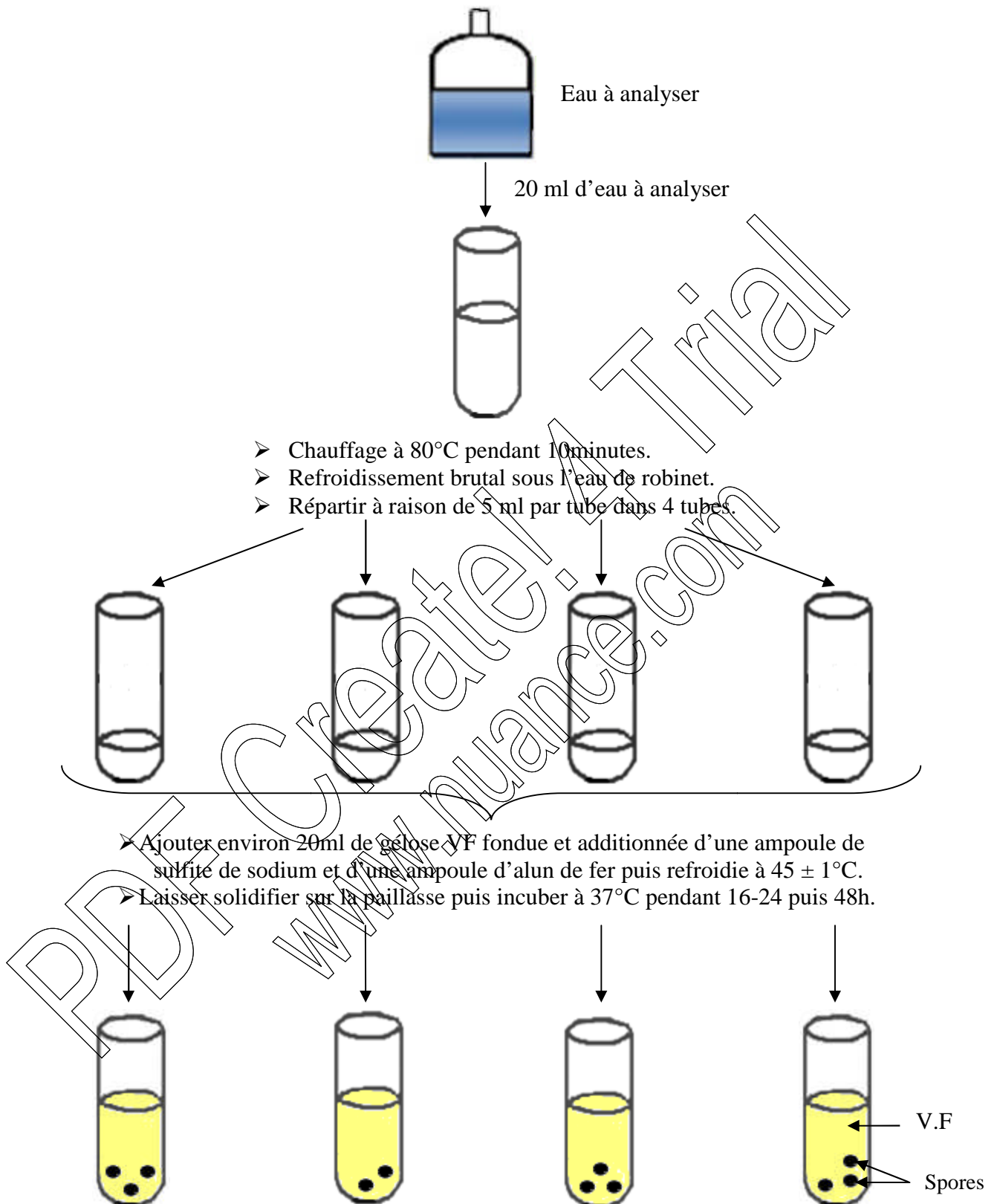
**Figure 07:** Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux (Test de présomption).



- Un trouble microbien.
- Une pastille blanchâtre au fond du tube.

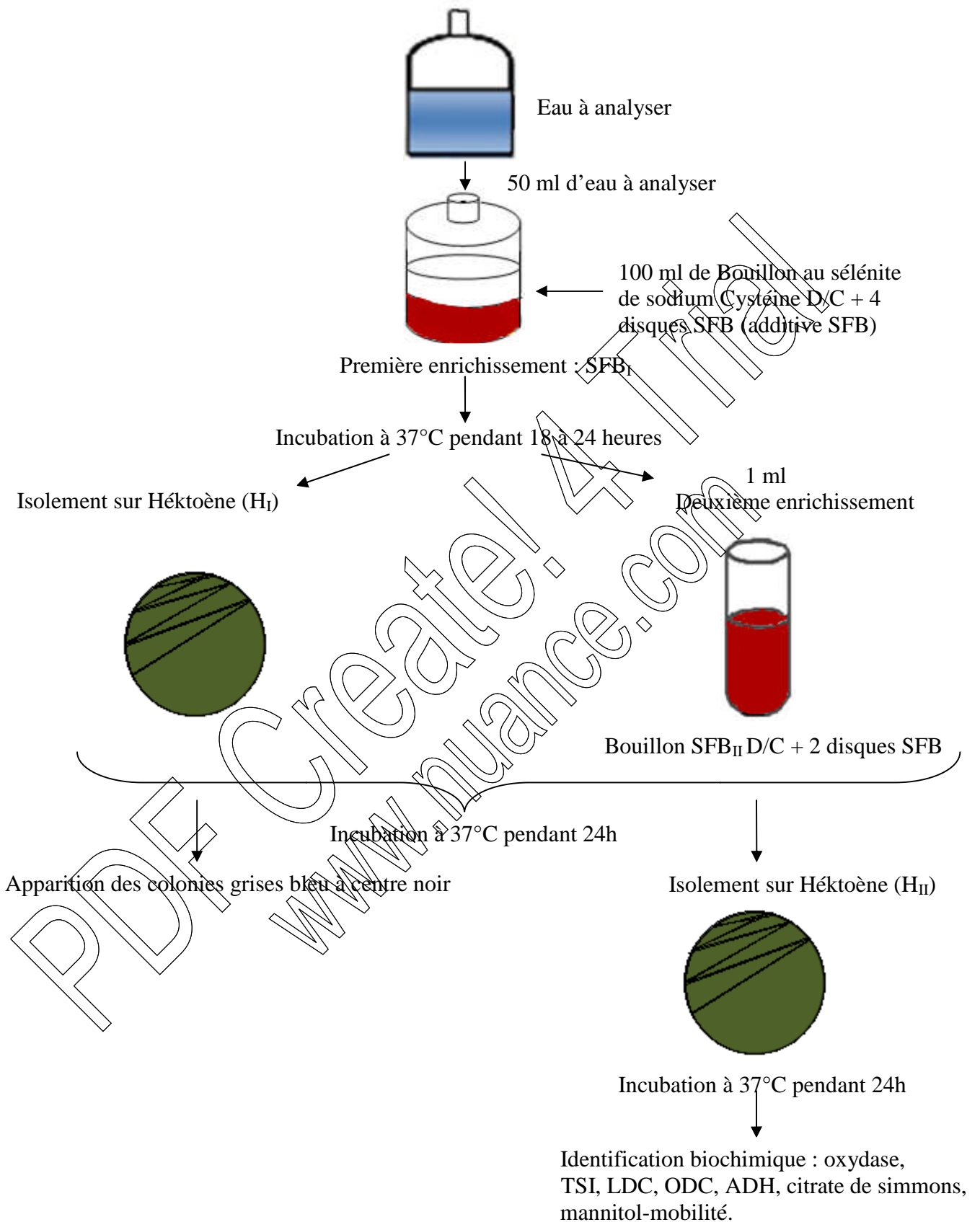
**Figure 08 :** Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux (Test de confirmation).



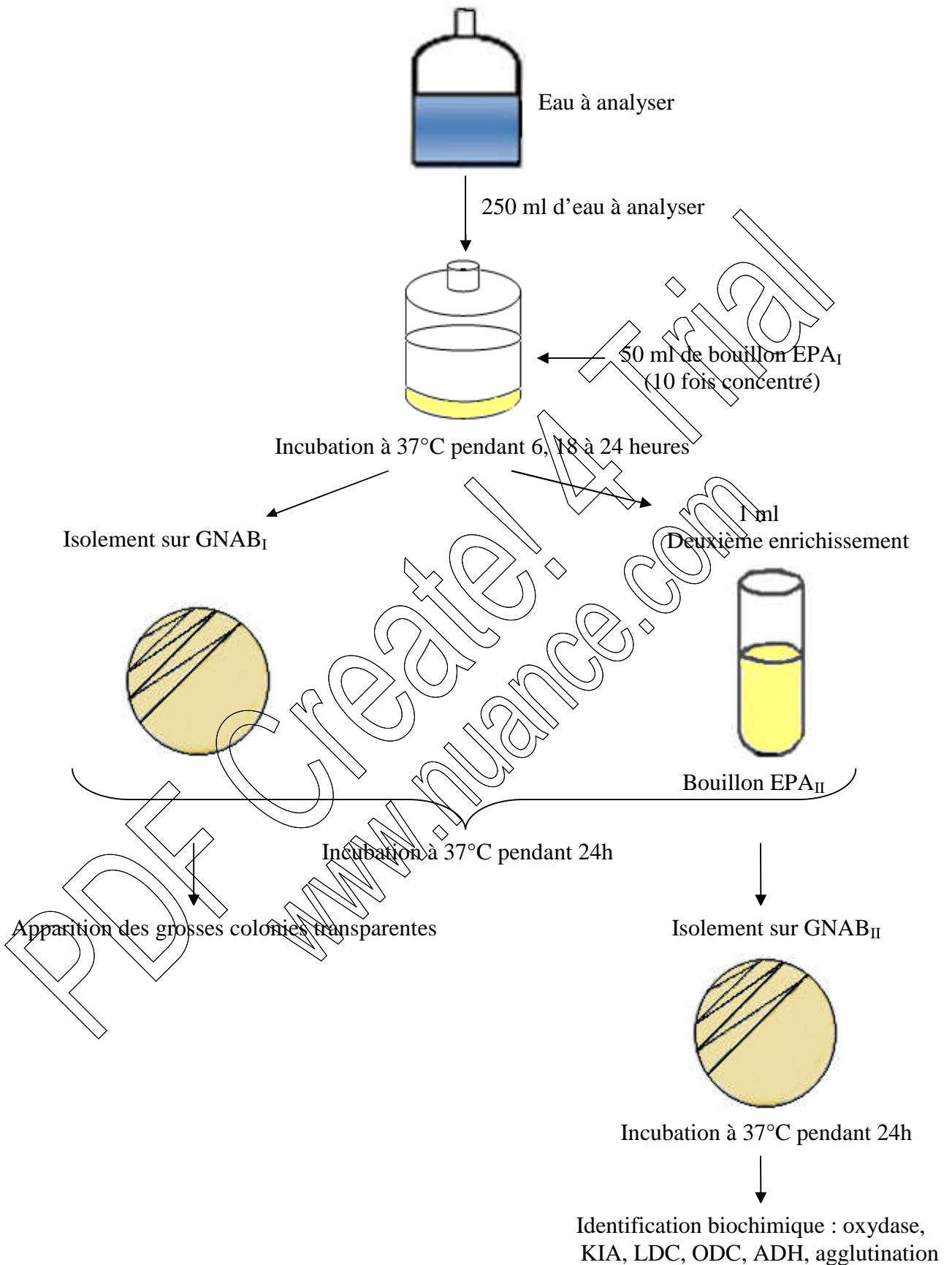


**Figure 09 :** Recherche et dénombrement des spores de *Clostridium* sulfito-réducteur.





**Figure 10 :** Recherche des Salmonelles.



**Figure 11 :** Recherche de *Vibrio cholerae*.

## Annexe n° VI

Table de Mac Grady (NPP)

Système d'ensemencement n°1 : nombre le plus probable et intervalle de confiance					
Nombre de tubes donnant une réaction positive sur			NPP dans 100 ml	Limites de confiance à 95%	
3 tubes de 10 ml	3 tubes de 1 ml	3 tubes de 0,1 ml		Limite inférieure	Limite supérieure
0	0	1	3	< 0,5	9
0	1	0	3	< 0,5	13
1	0	0	4	< 0,5	20
1	0	1	7	1	21
1	1	0	7	1	23
1	1	1	11	3	36
1	2	0	11	3	36
2	0	0	9	1	36
2	0	1	14	3	37
2	1	0	15	3	44
2	1	1	20	7	89
2	2	0	21	4	47
2	2	1	28	10	149
3	0	0	23	4	120
3	0	1	39	7	130
3	0	2	64	15	379
3	1	0	43	7	210
3	1	1	75	14	230
3	1	2	120	30	380
3	2	0	93	15	380
3	2	1	150	30	440
3	2	2	210	35	470
3	3	0	240	36	1300
3	3	1	460	71	2400
3	3	2	1100	150	4800