

Mémoire de Master

Présenté par :

Mr. FERHAT Abderahim

Mr. TAGHERBIT Wahib

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Chimie

Option: Chimie Analytique

Thème :

*Analyses des eaux superficielles de la rivière de
BOULZAZENE, procédé de traitement.*

Soutenu le : 03/07/2018

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Département d'affiliation	Qualité
Mr. SAOU Abdelhamid	Hydraulique	Président
Mr. MERAH Ferhat	Hydraulique	Examineur
Mr. BOUKEROUI Abdelhamid	Chimie	Promoteur

2017/2018

Remerciement

Avant tout nos remerciant dieu le tout puissant de nous avoir donné la force et la patience pour la réalisation de ce travail.

*Nous tenant à présenter nos profondes gratitude et nos sincères remerciements à notre promoteur **Mr BOUKAROU I Abdelhamid** pour ses précieux conseils, la rigueur et l'orientation tout au long de la rédaction de ce travail.*

*Nous remercie par ailleurs vivement les membres du jury le président **Mr SAOU A.**, et **Mr MERAH F** comme examinateur, de nous avoir fait l'honneur d'examiner notre travail et d'assister à la soutenance.*

*C'est avec un grand plaisir que nous adressons nos vifs remerciements à **Mr MERAH F.**, pour ses précieux conseils, la rigueur et l'orientation durant ce travail.*

Nos vifs remerciements et reconnaissance à :

- *Au directeur de l'office national d'assainissement unité Bejaia de nous avoir autorisés d'accéder à son laboratoire.*
- ***M^{lle} FERRADJ A.** Responsable de laboratoire de l'ONA Souk El Tenine.*
- *Au chef de laboratoire de l'algérienne des eaux, unité Bejaia, ainsi que toute son équipe.*
- ***Mr. AMOUR D.** de la subdivision *des ressources en eaux* Souk El Tenine.*

Nous reconnaissance va également au corps enseignant du département chimie de l'université Abderrahmane MIRA.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce modeste travail.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

A ma Mère

A mon cher frère « Abdellah »

A mes grands-parents «Ali et Zohra »

A ma chère «Sonia »

A tous mes oncles et mes tontons et toute la famille

«FERHAT et CHAKER »

A tous mes amis

Avec tous mes sentiments de reconnaissance et de Gratitude

Dédicaces

Au terme de ce travail je remercie
Dieu d'avoir écarté de mes yeux le voile de l'ignorance et de m'avoir
guidé Vers la connaissance de la vraie nature des choses
Ce travail est l'aboutissement d'un grand courage, d'une éducation et
d'un grand sérieux. Je le dédie :

✚ A la mémoire de ma grande mère NANA L'ALDJA
(rabiyerhemha)

✚ Mes chers parents pour leur confiance, leur aide morale, leur
amour, leurs encouragements, leurs sacrifices ainsi que leurs
précieux conseils

✚ A Mon cher frère LAMINE

✚ A ma chère *SOFIE*

✚ A tous mes oncles et mes tontons

✚ A tous mes cousins et cousines sans exception, spécialement
Yacine, Lounis, Izem, Kahina, Sarah, Nacera, Sassia et Donia

A tous mes amis sans exception

Avec tous mes sentiments de reconnaissance et de Gratitude

Table des matières

Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction	1
Chapitre I : généralités sur les eaux	
I.1 Définition de l'eau	2
I.1.2 L'eau brute	2
I.2.2 L'eau potable.....	2
I.2 Les états physiques de l'eau.....	3
I.2.1 État solide.....	3
I.2.2 État gazeux	3
I.2.3 État liquide	3
I.3 Cycle de l'eau	3
I.4 Répartition de l'eau sur la terre.....	4
I.5 Ressources naturelles d'eau	5
I.5.1 Eaux de surface	5
I.5.1.1 Les Eaux de rivière partie amont.....	6
I.5.1.2 Les Eaux de rivière partie aval	6
I.5.1.3 Les Eaux de lac.....	6
I.5.2 Eaux souterraine	6
I.5.3 Eaux de mers et océans	7
I.6 Pollution des eaux.....	7
I.6.1 Définition	7
I.6.2 Origine de la pollution.....	7
I.6.2.1 Pollution chimique.....	7
I.6.2.2 Pollution domestique	7
I.6.2.3 Pollution agricole.....	8
I.6.2.4 Pollution par les eaux pluviales	8
I.6.2.5 Pollution d'origine naturelle.....	8
I.7 Les principaux polluants des eaux naturelles.....	8
I.7.1 Polluants physiques	8
I.7.1.1 Les éléments grossiers :	8
I.7.1.2 Les sables :	9
I.7.1.3 Les matières en suspension (MES) :	9

I.7.2 Polluants chimiques.....	9
I.7.2.1 Les éléments chimiques minéraux.....	9
I.7.2.2 Les matières organiques	10
I.7.3 Polluants microbiologiques	10
I.8 Les paramètres de qualité des eaux.....	10
I.8.1 Les paramètres organoleptiques	10
I.8.1.1 La couleur	10
I.8.1.2 Le goût et l'odeur	10
I.8.2 Les paramètres en relation avec la structure de l'eau	11
I.8.2.1 La température.....	11
I.8.2.2 La dureté.....	11
I.8.2.3 La turbidité	11
I.8.2.4 Les résidu sec.....	11
I.8.2.5 Le pH	12
I.8.2.6 L'alcalinité.....	12
I.8.2.7 La conductivité	12
I.8.2.8 Les chlorures.....	12
I.8.2.9 Les sulfates	12
I.9 Procédés de traitement des eaux de surface.....	12
I.9.1 Etapes de traitement	13
I.9.1.1 Prétraitement.....	13
I.9.1.1.1 Dégrillage	13
I.9.1.1.2 Déshuilage	13
I.9.1.2 Traitement physico-chimique	13
I.9.1.2.1 Coagulation et Flocculation.....	13
I.9.1.2.2 Décantation.....	14
I.9.1.2.3 Filtration	14
I.9.1.2.4 Désinfection.....	14
I.9.1.3 Etapes de traitement des eaux brutes.....	15
Chapitre II : matériels et méthodes	
II.1 Présentation de la région d'étude.....	16
II.2 Choix des stations de prélèvement	17
II.3 Prélèvement et conservation des échantillons	19
II.4 Matériels et méthodes d'analyses	20
II.4.1 Matériel et appareillages	20
II.4.2 Méthodes d'analyses physico-chimiques.....	20

II.4.2.1 La Couleur.....	20
II.4.2.2 L'odeur et saveur.....	21
II.4.2.3 La température.....	21
II.4.2.4 Le pH.....	21
II.4.2.5 La Conductivité.....	21
II.4.2.6 L'oxygène dissous.....	22
II.4.2.7 La turbidité.....	22
II.4.2.8 Les Matières en suspensions (MES).....	23
II.4.2.9 Dosage des chlorures par la METHODE DE MOHR.....	24
II.4.2.10 Détermination de la dureté totale (TH) par titrimétrie à l'EDTA.....	25
II.4.2.11 Détermination de la dureté calcique (Ca ²⁺) par titrimétrie a l'EDTA.....	25
II.4.2.12 Détermination de la dureté magnésienne (Mg ²⁺).....	26
II.4.2.13 Détermination de l'alcalinité (TA) et (TAC).....	26
II.4.2.14 Dosage des nitrites par spectrométrie d'absorption moléculaire.....	27
II.4.2.15 Dosage des nitrates par spectrométrie d'absorption moléculaire.....	28
II.4.2.16 Dosage du fer par spectrométrie à la phénontroline-1,10.....	29
II.4.2.17 Détermination des sulfates.....	29
II.4.2.18 Dosage de l'ammonium par spectrométrie a l'aide de salicylate de sodium.....	30
II.4.2.19 Les résidus sec.....	31
II.5 Méthodes d'analyses bactériologiques.....	31
II. 5.1 Recherche et dénombrement des germes totaux.....	32
II. 5.1.1 Milieu de culture.....	32
II.5.2. Recherche et dénombrement des coliformes et d'Escherichia coli.....	32
II.5.2.1. Milieux de culture.....	32
II. 5.3 Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux.....	35
II. 5.3.1 Milieu de culture.....	35
II.5.4 Recherche et dénombrement des Clostridium sulfito-réducteurs.....	36
II.5.4.1 Milieu de culture.....	36
II.6 Essais de coagulation-floculation (Jar-test).....	37
II.6.1 Optimisation des concentrations de coagulant et de flocculant.....	38
II.6.2 Optimisation de la vitesse d'agitation rapide.....	38
II.6.3 Optimisation de la vitesse d'agitation lente.....	38
II.6.4 Optimisation du temps d'agitation lente.....	39
II.6.5 Optimisation du temps de décantation.....	39
Chapitre II : Résultats et discussions	
III Résultats et Discussions.....	40

III.1 Résultats des analyses physico-chimiques	40
III.2 Discussions des analyses physico-chimiques.....	42
III.2.1 Mesure de la Température	42
III.2.2 Mesure du pH de l'eau	43
III.2.3 Conductivité électrique.....	43
III.2.4 Oxygène dissous.....	44
III.2.5 Turbidité	45
III.2.6 Matière en suspension.....	46
III.2.7 Chlorure (Cl ⁻).....	46
III.2.8 Calcium (Ca ²⁺)	47
III.2.9 Magnésium (Mg ²⁺).....	48
III.2.10 bicarbonate (HCO ₃ ⁻).....	48
III.2.11 Nitrite (NO ₂ ⁻).....	49
III.2.12 Nitrate (NO ₃ ⁻).....	50
III.2.13 Fer (Fe ²⁺).....	51
III.2.14 Sulfate (SO ₄ ²⁻)	51
III.2.15 Ammonium (NH ₄ ⁺).....	52
III.2.16 Résidu sec.....	53
III.3 Discussions des analyses bactériologiques	54
III.3.1. Résultats des analyses.....	54
III.3.2. Interprétation et discussion	54
III.3.2.1. Les Coliformes totaux et fécaux	54
III.3.2.2. Les Streptocoques fécaux	55
III.3.2.3. Les Clostridium sulfito- réducteurs	55
III.3.2.4. Les Germes totaux	55
III.4 Essais de coagulation-floculation (Jar-test).....	55
III.4.1 Optimisation de la concentration du coagulant et du floculant	55
III.4.1.1 Optimisation de la concentration du coagulant (sulfate d'aluminium).....	55
III.4.1.2 Optimisation de la concentration du floculant (polymère)	56
III.4.2 Optimisation de la vitesse d'agitation rapide	57
III.4.3 Optimisation de la vitesse d'agitation lente.....	58
III.4.4 Optimisation du temps d'agitation lente	59
III.4.5 Optimisation du temps de décantation	60
Conclusion	61
Références bibliographiques	
Annexes	
Résumés	

Liste des abréviations

ADE :Algérienne des eaux.

Cond : Conductivité.

MES : Matière En Suspension.

NA : Norme Algérienne.

NTU : Unité de Turbidité Néphélométrique.

OMS : Organisation Mondiale de la Santé.

CE : Conductivité électrique

TUR : Turbidité

OD : Oxygène dissous

RS : Résidu sec

TA : Titre alcalimétrique

TAC : Titre alcalimétrique complet

EDTA : Ethylène Diamine Tétra-Acétique

GPS :Global Positioning System.

OMS : Organisation mondiale de la santé.

TH : Titre Hydrotimétrique.

F_c: Coefficient de correction

NET : Noir Eriochrome T

S : station

°f : Degré Français

ISO : International Standardisation Organisation (Organisation Internationale de l'normalisation)

Liste des figures

Figure 01 : La particule d'eau.....	1
Figure 02 : Les trois états de l'eau.....	3
Figure 03 : Cycle de l'eau.....	4
Figure 04 : La répartition de l'eau sur terre.....	5
Figure 05 : Coagulation / Flocculation.....	14
Figure 06 : Etapes de traitement des eaux brutes.....	15
Figure 07 : Délimitation du bassin versant d'étude.....	16
Figure 08 : Photographie des stations échantillonnages.....	18
Figure 09 : Mesure du pH et de l'oxygène dissous.....	21
Figure 10 : mesure de la conductivité.....	22
Figure 11 : Turbidimètre HACH 2100N (laboratoire de l'ADE).....	23
Figure 12 : Appareillage de filtration.....	24
Figure 13 : Recherche et dénombrement des germes totaux.....	32
Figure 14 : Recherche et dénombrement des coliformes et d'E. Coli.....	34
Figure 15 : Recherche et dénombrement des Streptocoques Fécaux.....	15
Figure 16 : Variation de la température de l'eau des stations étudiées.....	42
Figure 17 : Variation du pH de l'eau des stations étudiées.....	43
Figure 18 : Evolution de la conductivité de l'eau des stations étudiées.....	44
Figure 19 : Variation de l'Oxygène dissous de l'eau des stations étudiées.....	44
Figure 20 : Variation de la turbidité de l'eau des stations étudiées.....	45
Figure 21 : Variation des Matières en suspensions de l'eau des stations étudiées.....	46
Figure 22 : Variation des Chlorures des stations étudiées.....	47
Figure 23 : Variation du calcium des stations étudiées.....	47
Figure 24 : Variation du magnésium des stations étudiées.....	48
Figure 25 : Variation de bicarbonates (HCO_3^-) des stations étudiées.....	49
Figure 26 : Variation des nitrites (NO_2^-) des stations étudiées.....	49
Figure 27 : Variation des nitrates (NO_3^-) des stations étudiées.....	50
Figure 28 : Variation du fer (Fe^{2+}) des stations étudiées.....	51
Figure 29 : Variation des sulfates (SO_4^{2-}) des stations étudiées.....	52
Figure 30 : Variation de l'ammonium (NH_4^+) des stations étudiées.....	52
Figure 31 : Variation des résidus secs des stations étudiées.....	53
Figure 32 : Variation de la turbidité en fonction du sulfate d'aluminium.....	56
Figure 33 : Variation de la turbidité en fonction du polymère.....	57

Figure 34 : Variation de la turbidité en fonction de la vitesse d'agitation rapide.....	58
Figure 35 : Variation de la turbidité en fonction de la vitesse d'agitation lente.....	58
Figure 36 : Variation de la turbidité en fonction de temps d'agitation lente.....	59
Figure 37 : Variation de la turbidité en fonction de temps de décantation.....	60

Liste des tableaux

Tableau I : Dates et heures de prélèvement des échantillons.....	17
Tableau II : Types d'appareillages utilisés pour les différentes analyses.....	20
Tableau III : résultats des analyses physico-chimiques de la 1 ^{ère} campagne de prélèvement.....	42
Tableau IV : résultats des analyses physico-chimiques de la 2 ^{ème} campagne de prélèvement.....	43
Tableau V : Les résultats des analyses bactériologiques.....	54

Introduction

Introduction

L'eau potable, patrimoine national, est un bien précieux qui doit être préservé et protégé tandis que sa pénurie préfigure la sécheresse et la famine (CARDOT, 2001). Elle occupe une place de choix dans le développement des différents secteurs de l'économie d'un pays. Elle provient des eaux de surfaces et des eaux souterraines renouvelables et non renouvelables.

En Algérie, l'exploitation des ressources en eau est très intense relativement aux besoins grandissants du pays, liés à l'essor démographique et le développement accéléré des activités économiques, notamment l'agriculture pour l'irrigation et l'industrie. Cependant, pour une bonne gestion, la connaissance de ces ressources en eau et de leur qualité est une condition nécessaire (BERNARD, 2007). A cet effet, il est indispensable de caractériser précisément la composition et la nature des réserves en eaux pour cerner les paramètres à corriger et prévoir le traitement adéquat.

Afin de potabiliser une eau, différentes étapes de traitement peuvent être nécessaires, notamment dans le cas des eaux de surface.

L'objectif de notre travail rentre dans cette optique, il consiste à analyser une eau d'un oued, qui est par ailleurs le deuxième en termes de débit au niveau de la wilaya de BEJAIA. Notre étude porte sur le choix du traitement à apporter à cette eau superficielle en vue de sa potabilisation par la méthode de coagulation-floculation en utilisant le sulfate d'aluminium comme coagulant et le polymère chimi-floc AH20P comme floculant.

Pour la réalisation de ce travail, nous avons adopté la démarche suivante :

- ✓ Le premier chapitre comporte des généralités sur les eaux ;
- ✓ Le deuxième chapitre intitulé matériels et méthodes est subdivisé en deux parties :
 - Le contrôle de la qualité de l'eau ; comprend toutes les analyses physico-chimiques effectuées au sein du laboratoire de l'Algérienne Des Eaux (ADE), ainsi que les analyses bactériologiques effectuées au sein du laboratoire de la Direction De Santé Publique (DSP).
 - L'étude de la coagulation-floculation ; réalisées par le Jar-test, où on a procédé à l'optimisation de la concentration du coagulant et floculant, de la vitesse et du temps d'agitation, ainsi que du temps de décantation ;
- ✓ Le troisième chapitre est consacré à l'exposé et la discussion des résultats d'analyses obtenus
- ✓ Enfin le mémoire s'achèvera par une conclusion et des perspectives éventuelles.

Chapitre I

Généralités sur les eaux

I.1 Définition de l'eau

L'eau est un corps, liquide incolore, inodore et sans saveur, de pH neutre. C'est un excellent solvant entrant dans la composition de la majorité des organismes vivants (BERNARD, 2007).

Sa formule chimique est H_2O , c'est-à-dire que chaque molécule d'eau est constituée d'un atome d'oxygène (O), relié à deux atomes d'hydrogène (H) par deux liaisons covalentes simples, formant un angle de 104.5° .

La représentation de la molécule d'eau sous sa forme compacte donne une image de la forme réelle de la molécule et de l'encombrement des atomes qui la constituent (MICROSOFT ENCARTA 2007).

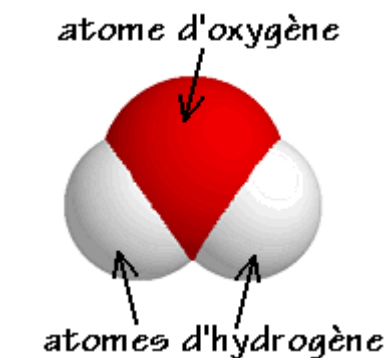


Figure 01 : La particule d'eau (SITE INTERNET 1).

Suivant la composition chimique de l'eau qui induit son origine et son usage, on précise :

- Eau brute, eau potable, eau minérale, eau de source, eau de rivière, eau de mer, eau de pluie.
- En chimie, on parle d'eau lourde, eau dure, eau distillée.

I.1.2 L'eau brute

L'eau brute désigne celle qui n'a pas été traitée, c'est-à-dire, l'eau dans l'état où elle est prélevée dans le milieu naturel, et qui n'a pas été traduite dans le réseau de distribution.

I.2.2 L'eau potable

L'eau potable est une eau brute ; qui a subi des traitements avant sa distribution. On appelle aussi une eau de consommation qui peut être défini en se référant à l'OMS comme une eau ne contenant en quantité dangereuse, ni substances chimiques, ni des germes nocif à la santé de consommateur (DESJARDINS, 1997).

I.2 Les états physiques de l'eau

L'eau, sous l'action conjuguée de la chaleur et de la pression atmosphériques, change d'état. Elle passe de l'état vapeur à l'état solide ou liquide.

I.2.1 État solide : A basse température, l'eau est appelée glace et possède des structures cristallines régulières.

I.2.2 État gazeux : caractérisé par une absence de forme et de limite physique, il n'y a pas de liaisons entre les molécules, et sont indépendantes les unes des autres.

I.2.3 État liquide : caractérisé par une forme non définie. Les molécules peuvent se déplacer les unes par rapport aux autres mais elles restent proches, car elles sont liées par des forces intermoléculaires (MARSILY, 1995).

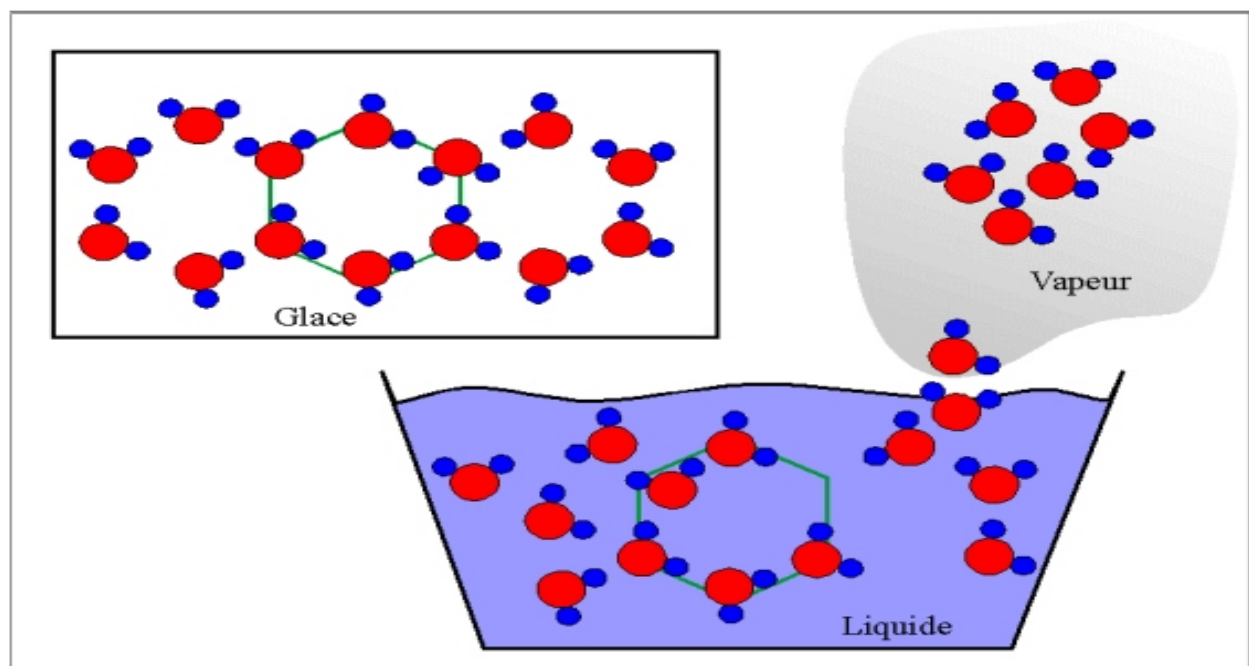


Figure 02 : Les trois états de l'eau (SITE INTERNET 2).

I.3 Cycle de l'eau

Le cycle de l'eau se définit comme la circulation générale de l'eau, en circuit fermé et avec changements d'état, entre les réservoirs de l'hydrosphère - océan, atmosphère, surface et sous-sol des terres émergées - mettant en jeu les phénomènes d'évaporation, de convection, de condensation et de précipitation, d'écoulement et d'infiltration, ainsi que les variations et renouvellements des stocks dans ces réservoirs (TARDY, 1986).

L'eau stockée dans les nuages sous forme de vapeur, d'eau liquide ou de cristaux de glace précipite, sous l'effet de la gravité, sous forme de pluie, de neige ou de grêle, d'abord et principalement sur les océans et pour partie sur les continents. Les précipitations, quand elles arrivent sur les sols, ruissellent ou s'infiltrent et sont partiellement évaporées. Au final, l'eau retourne à l'océan ou à l'atmosphère (SITE INTERNET 3).

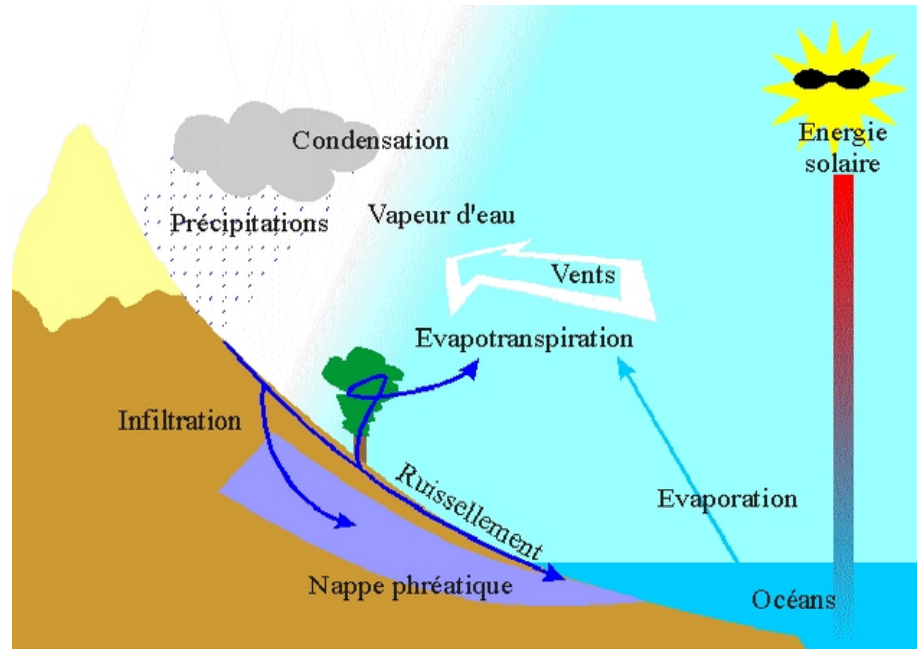


Figure 03 : Cycle de l'eau (SITE INTERNET 4).

I.4 Répartition de l'eau sur la terre

L'eau est de loin le liquide le plus abondant sur la terre dont elle recouvre les 72% de la surface, représentant un volume total estimé à $1,4.10^9 \text{ Km}^3$. Les mers et les océans représentent 97,4% de la totalité des eaux terrestres. Les quatre cinquièmes des eaux dites douces sont constitués par les sommets enneigés et les glaciers et la quasi-totalité du cinquième restant est localisé dans des nappes phréatiques. L'eau indispensable à la survie de l'espèce vivante terrestre, représente donc moins d'un pour cent de l'eau douce ; soit environ 0,014% de l'eau totale.

C'est pourquoi il est impératif que ce bien de l'humanité soit protégé et utilisé avec le plus grand respect dans le sens de développement durable, défini comme le développement qui couvre les besoins de la société actuelle sans détruire pour autant les possibilités des générations futures de découvrir leur propre besoin (FRIEDLI, 2002).

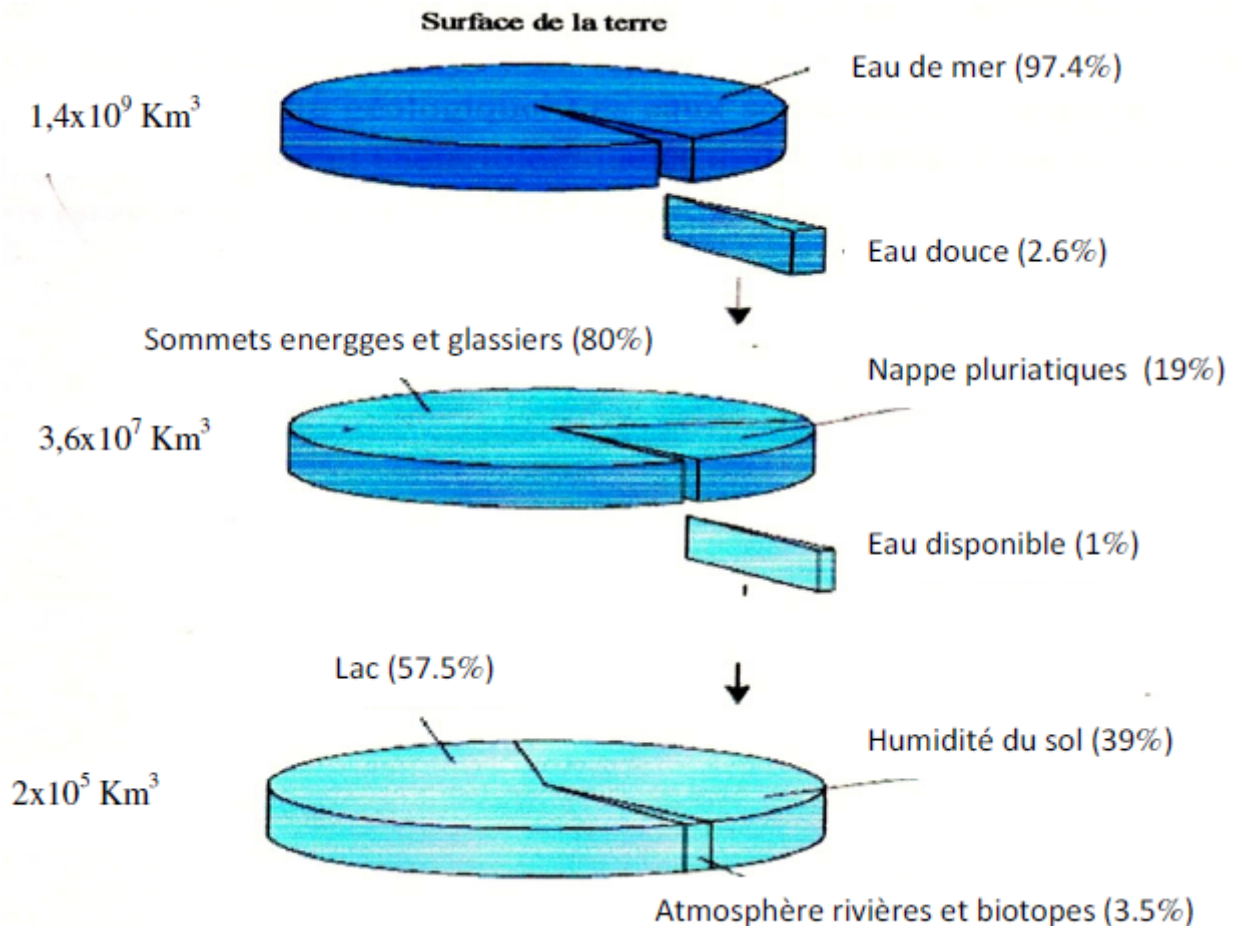


Figure 04 : la répartition de l'eau sur terre (TAUPENAC, 2006).

I.5 Ressources naturelles d'eau

Les réserves disponibles d'eaux naturelles sont constituées des eaux souterraines (infiltration, nappes), des eaux de surface stagnantes (lacs, retenues de barrages) ou en écoulement (rivières, fleuves) et des eaux de mer (DESJARDINS, 1997).

I.5.1 Eaux de surface

Ce type des eaux englobe toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface des continents (rivières, lacs, étangs, barrages,...). La composition chimique des eaux de surface dépend de la nature des terrains traversés par ces eaux durant leurs parcours dans l'ensemble des bassins versants. Ces eaux sont le siège, dans la plupart des cas, d'un développement d'une vie microbienne à cause des déchets rejetés dans les zones environnantes et de l'importante des surfaces de contact avec le milieu extérieur. C'est à cause de ça que ces eaux sont rarement potables sans leurs apporter aucun traitement (DEGREMONT, 1989).

On peut répartir les eaux de surface en trois catégories :

- Les Eaux de rivière partie amont ;
- Les eaux de rivière partie aval ;
- Les eaux de lac.

I.5.1.1 Les Eaux de rivière partie amont

L'amont d'une rivière est en général situé dans une région montagneuse, où la densité de la population est faible et les industries pratiquement inexistantes. Les caractéristiques de ces eaux sont comme suit :

- Une turbidité élevée ;
- Une contamination bactérienne faible ;
- Une température froide et l'indice de couleur faible (**DESJARDINS, 1997**).

I.5.1.2 Les Eaux de rivière partie aval

L'aval d'une rivière est généralement situé dans une région où la population est dense, l'agriculture est développée et les industries plus ou moins nombreuses.

Les eaux sont de moins bonne qualité et plus difficiles à traiter qu'on amont.

Les caractérisations de ces eaux sont comme suit :

- une contamination bactérienne élevée ;
- une contamination organique et minérale élevée ;
- Un indice de couleur qui peut être élevé(**DESJARDINS, 1997**).

I.5.1.3 Les Eaux de lac

Les lacs peuvent être considérés comme des grands bassins naturels de décantation dont le temps de rétention est trop long. Ces eaux donc sont caractérisées par une faible turbidité et une contamination bactérienne habituellement peu importante(**DESJARDINS, 1997**).

I.5.2 Eaux souterraine

Les eaux, qui ne se sont ni évaporées ni retournées à la mer par ruissellement, s'infiltrant dans le sol et le sous-sol et s'y accumulent pour constituer les eaux souterraines. La pénétration et la rétention des eaux dans le sol dépendent des caractéristiques des terrains en cause et notamment de leur structure qui peut permettre la formation de réservoirs aquifères appelés nappes(**DEGREMONT, 2005**).

I.5.3 Eaux de mers et océans

Les mers et les océans constituent des énormes réservoirs d'eau. Elles représentent près de 97.4% du volume d'eau existant actuellement sur notre planète. Le reste est la partie des eaux continentales (eaux souterraine et superficielles). Les eaux de mers sont caractérisées par une grande salinité, elles sont dénommées aussi « eaux saumâtres ». Ce qui rend leur utilisation difficile, notamment leur coût très élevé pour leur traitement (BOEGLIN, 2001).

I.6 Pollution des eaux

I.6.1 Définition

La pollution de l'eau est due à sa contamination par des corps étrangers tels que les microorganismes, les produits chimiques, les déchets industriels ou autres. Ces substances et corps étrangers dégradent la qualité de l'eau et la rendent impropre aux usages souhaités. La pollution des eaux se traduit par des effets très spécifiques dus aux particularités écologiques propres aux milieux aquatiques. L'eau est capable de dissoudre peu ou prou, mais souvent avec facilité, la plupart des substances chimiques minérales ou organiques. De plus, elle met en suspension les matières entraînées par le jeu du cycle hydrologique fort loin en aval de la source de contamination (RAMADE, 1984).

I.6.2 Origine de la pollution

I.6.2.1 Pollution chimique

Ce type de pollution des eaux de surface résulte le plus souvent de l'introduction dans le milieu de substances à effet toxique, de critères multiples et d'origines diverses (pesticides, détergents, métaux lourds, etc.). La pollution chimique des eaux peut être chronique, accidentelle ou diffuse. Elle peut être due à :

- l'insuffisance de certaines stations d'épuration.
- l'absence de réseaux d'assainissement dans certaines zones.
- le lessivage des sols, mais aussi des chaussées et des toits par les pluies.
- le rejet d'effluents par les industries.

Cette forme de pollution issue de substances chimiques telles que les insecticides ou les désherbants provoque la destruction de la qualité des eaux de surface (cours d'eau, lacs...) et celle des eaux souterraines (DIDIER, 1995).

I.6.2.2 Pollution domestique

Provenant des habitations, elle est en général véhiculée par le réseau d'assainissement jusqu'à la station d'épuration (si elle existe).

La pollution domestique se caractérise par des germes fécaux, de fortes teneurs en matières organiques, des sels minéraux (azote, phosphore) et des détergents.

En sortie des stations d'épurations, nous retrouvons les mêmes éléments en quantités moindre(50 à 90% éléments) mais concentrés au point du rejet(**DIDIER, 1995**).

I.6.2.3 Pollution agricole

L'agriculture constitue la première cause des pollutions diffuses des ressources en eau. Parmi les polluants agricoles, on retrouve les matières en suspension dans les cours d'eau, issues de l'érosion de particules du sol et du transfert de l'eau, ainsi que les nutriments, surtout les produits azotés et phosphatés, et les produits phytosanitaires (**PINHEIRO et CAUSSADE , 1997**).

I.6.2.4 Pollution par les eaux pluviales

Il ne faut pas oublier par ailleurs la pollution générée par les eaux pluviales. L'eau de pluie se charge d'impuretés au contact de l'air (fumées industrielles) (**VIALA et BOTTA, 2005**).

I.6.2.5 Pollution d'origine naturelle

Certaines substances naturellement présentes dans l'environnement entraînent parfois des problèmes de contamination de l'eau potable. Des composés inorganiques comme le baryum, l'arsenic, les fluorures, le sodium, les chlorures, le mercure, le cadmium et les cyanures peuvent contaminer l'eau potable. L'eau souterraine est particulièrement vulnérable lorsqu'il y a présence de métaux dans les formations géologiques environnantes(**DJABRI, 1996**).

I.7 Les principaux polluants des eaux naturelles

I.7.1 Polluants physiques

La pollution physique représente les éléments solides entraînés par l'eau. Ils se subdivisent en plusieurs catégories selon leur nature et leur dimension.

I.7.1.1 Les éléments grossiers :

Leur dimension est suffisamment grande pour être retenue par de simples grilles.

Dans les eaux de surface, ces éléments sont général : les brindilles, les feuilles, les arbres (**MIZI, 2006**).

I.7.1.2 Les sables :

Les sables sont des particules minérales d'une certaine dimension. Ils sont généralement à base de silice ou de composition minérale équivalente. Leur masse spécifique est de 2,5 à 2.6g/cm³. Ce qui permet leur élimination par simple décantation(MIZI, 2006).

I.7.1.3 Les matières en suspension (MES) :

Les matières en suspension rencontrées dans les eaux (essentiellement superficielles) sont très diverses tant par leur nature que par leur dimension.Elles sont constituées de quartz, d'argiles, de sels minéraux insolubles, de particules organiques composées de micro-organismes, et de produits de dégradation animaux ou végétaux(MARCEL, 1993).

I.7.2 Polluants chimiques

La pollution chimique d'une eau est autrement plus complexe et peut provenir de plusieurs sources.

On distingue selon la nature de la pollution chimique :

- Les éléments chimiques minéraux.
- Les éléments chimiques organiques.

I.7.2.1 Les éléments chimiques minéraux

L'eau étant un très bon solvant permettra la mise en solution de nombreux composés avec lesquels elle sera en contact.La dissolution des sels, la corrosion des métaux et dissolution des acides et des bases sont des phénomènes qui donnent lieu à des eaux de rejets caractérisées par certaines formes de pollution dont les plus représentatives sont :

a) La température :

L'évolution de la température dépend du mode d'utilisation de l'eau avant son rejet et surtout le parcours de l'eau avant l'exutoire ou la station d'épuration. En général l'eau doit être évacuée vers l'environnement à des températures inférieures à 30°C. Une eau plus chaude constitue une pollution(SEGHIRI, 1996).

b) Le pH :

Le pH d'une eau est dû à la présence dans cette eau des ions H⁺ ou OH⁻. Une eau équilibrée aura un pH neutre de 7. Des variations trop élevées du pH par rapport à cette valeur moyenne de 7 constitue une pollution. Des eaux dont le pH présente de grands écarts par rapport à la neutralité est polluée(SEGHIRI, 1996).

c) Les sels :

Dans beaucoup de procédés de production ainsi que lors de l'élaboration des matières, il se forme parfois des sels en grandes quantités, avant tout ; des chlorures, des nitrates, des sulfates et des phosphates, qui ont une grande importance vis-à-vis l'environnement(BOEGLIN, 2001).

d) Les métaux lourds :

Les métaux lourds, qui parviennent dans les eaux, font partie des polluants de l'eau. Les métaux lourds existent sous formes dissoute et en suspension, ainsi que sous une forme difficilement soluble dans les sédiments(RODIER, 1996).

I.7.2.2 Les matières organiques

La matière organique est principalement issue de la décomposition des végétaux, des animaux et des microorganismes. Il est donc difficile d'en donner une description précise e ou une composition moyenne. Elle participe à beaucoup de paramètres de qualité de l'eau : couleur, odeurs, saveurs.

I.7.3 Polluants microbiologiques

L'eau peut contenir des micro-organismes pathogènes (des virus, des bactéries, des parasites). Ils sont dangereux pour la santé humaine, et limitent donc les usages que l'on peut faire de l'eau.

I.8 Les paramètres de qualité des eaux**I.8.1 Les paramètres organoleptiques**

Il s'agit de la saveur, de la couleur, de l'odeur et de la transparence de l'eau. Ils n'ont pas de signification sanitaire mais, par leur dégradation, ils peuvent indiquer une pollution ou un mauvais fonctionnement des installations de traitement ou de distribution.

I.8.1.1 La couleur

Les eaux naturelles sont toujours plus ou moins colorées .Leur couleur varie du jaune paille à peine perceptible au brun rougeâtre, selon la nature et la concentration des matières colorantes. Ces matières sont le plus souvent d'origine naturelle et proviennent de la dégradation de matières végétales.

Le degré de couleur dépend non seulement de la concentration en matières colorantes, mais aussi du pH et de la turbidité.

I.8.1.2 Le goût et l'odeur

L'odeur peut être définie comme étant l'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles.

Le goût est défini comme l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique commune perçue lorsque l'aliment ou la boisson est dans la bouche.

I.8.2 Les paramètres en relation avec la structure de l'eau

Ce sont eux qui font l'identité de base de l'eau. Ils sont essentiellement représentés par les sels minéraux (calcium, sodium, potassium, magnésium, sulfates...).

I.8.2.1 La température

La température joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique, dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels etc., Pour l'eau potable, la température maximale acceptable est de 15°C. Dans les eaux naturelles et au-dessus de 15°C, il y a risque de croissance accélérée de microorganismes, d'algues, entraînant des goûts et des odeurs désagréables ainsi qu'une augmentation de la couleur et de la turbidité(**RODIER, 1996**).

I.8.2.2 La dureté

La dureté ou titre hydrotimétrique d'une eau est une grandeur reliée à la somme des concentrations en cations métalliques calcium, magnésium, aluminium, fer, strontium etc. présents dans l'eau, les deux premiers cations (Ca^{2+} et Mg^{2+}) étant généralement les plus abondants. Comme le calcium est un des ions les plus abondants, il devient donc un bon indicateur de la dureté de l'eau (Guilbert, 2000). Une eau à titre hydrotimétrie élevée est dite « dure » dans le cas contraire il s'agit d'une « douce » (**RODIER, 1996**).

I.8.2.3 La turbidité

La turbidité de l'eau est liée à sa transparence. Elle donne une idée sur la teneur en matière en suspension. Les eaux troubles sont chargées de substances finement divisées (grains de silice, matière organique, limons...). Elles forment parfois d'importants dépôts dans les tuyauteries et dans les réservoirs. Pour la sécurité de l'eau, il faut maintenir une turbidité inférieure à 5 NTU(**BOEGLIN, 1983**).

I.8.2.4 Les résidu sec

Le résidu sec donne une information sur la teneur en substances dissoutes non volatiles (le taux des éléments minéraux). Suivant le domaine de l'origine de l'eau, cette teneur peut varier de moins de 100 mg/l (eaux provenant de massifs cristallins) à plus de 1000 mg/l (**BERNE et JEAN, 1991**).

I.8.2.5 Le pH

Le pH correspond, pour une solution diluée, à la concentration d'ions d'hydrogène. Il mesure l'acidité ou la basicité d'une eau. Le pH d'une eau naturelle dépend de l'origine de celle-ci et de la nature des terrains traversés.

La détermination du pH est la mesure que l'on doit effectuer le plus fréquemment. Pour mesurer le pH, on utilise un appareil pH mètre (BEAUDRY, 1984).

I.8.2.6 L'alcalinité

L'alcalinité d'une eau correspond à sa capacité à réagir avec les ions hydrogène (H^+) qui est due à la présence des ions hydrogénocarbonate (HCO_3^-), carbonate (CO_3^{2-}) et hydroxyde (OH^-) (RONALAD, 2003).

I.8.2.7 La conductivité

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau entre deux électrodes métalliques de 1 cm^2 et distantes l'une de l'autre de 1 cm (RODIER, 1997). La conductivité est une mesure de la capacité de l'eau à conduire un courant électrique, donc une mesure indirecte de la teneur de l'eau en ions. Ainsi, plus l'eau contient des ions comme le calcium (Ca^{2+}), le magnésium (Mg^{2+}), le sodium (Na^+), le potassium (K^+), le bicarbonate (HCO_3^-), le sulfate (SO_4^{2-}) et les chlorures (Cl^-), plus elle est capable de conduire un courant électrique et plus la conductivité mesurée est élevée (HADE, 2002).

I.8.2.8 Les chlorures

L'eau contient presque toujours des chlorures, mais en proportion très variable. Ainsi, les eaux provenant des régions granitiques sont pauvres en chlorures, alors que les eaux des régions sédimentaires en contiennent davantage.

D'ailleurs, la teneur en chlorures augmente généralement avec le degré de minéralisation d'une eau (VALIRON, 1989).

I.8.2.9 Les sulfates

Les eaux naturelles contiennent pratiquement des sulfates, en proportion très variables. Leur présence résulte de la solubilité des sulfates de calcium des roches gypseuses et de l'oxydation des sulfures répandus dans les roches (PHILIPPO et al, 1981).

I.9 Procédés de traitement des eaux de surface

Les ressources en eau douce de surface comme les cours d'eau fournissent une eau brute qui contient beaucoup de polluants qui la rendent non potable ; par conséquent l'élimination de ces

polluants est indispensable. Dans ce but, l'eau brute va subir un certain nombre de traitements nécessaires pour la rendre potable (AOUBED, 2007).

I.9.1 Etapes de traitement

I.9.1.1 Prétraitement

Ils ont pour but, l'élimination des éléments solides ou particulaires les plus grossiers, susceptibles de gêner les traitements ultérieurs ou d'endommager les équipements : volumineux (dégrillage) (BECHAC et BOUTIN, 1988).

I.9.1.1.1 Dégrillage

Le dégrillage est la première étape d'une filière de traitement, qui consiste à retenir tous les gros déchets. Pour ce faire, un système de grille est mis en place, dont l'espacement dépend de la nature des déchets. Le dégrillage a pour objectif la protection de la station de traitement (AOUBEDA, 2007).

I.9.1.1.2 Déshuilage

Permet d'éliminer les MES de taille importante ou de densité élevée (utilisation d'un décanteur classique). C'est étape est indispensable notamment pour éviter le bouchage des canalisations et protéger les équipements contre l'abrasion. Ce dessablage est réalisé par décantation. Les sables extraits sont envoyés en décharge (BECHAC et BOUTIN et al, 1984).

I.9.1.2 Traitement physico-chimique

I.9.1.2.1 Coagulation et Flocculation

La coagulation et la flocculation sont au cœur du traitement de l'eau potable. Il s'agit ici du traitement secondaire que nous effectuons sur une eau brute suivant le dégrillage et le dessablage. Premièrement, nous ajoutons un coagulant, un produit qui aura pour effet de neutraliser la charge des particules colloïdales (responsables entre autres de la couleur et turbidité) de façon à ce qu'elles ne se repoussent plus les unes des autres. Le coagulant est ajouté juste avant ou dans un bassin à mélange rapide pour aider à faire effet plus rapidement. Une fois cette étape accomplie, nous injectons un flocculant ou aide coagulant qui aura pour effet d'agglutiner toutes les particules devenues neutres c'est-à-dire les rassembler ensemble pour qu'elles forment des flocons assez gros pour sédimenter (couler au fond) par eux-mêmes. Cette étape a lieu dans un bassin à mélange plus lent de manière à ne pas briser les flocons une fois formés mais pour tout de même avoir un effet de diffusion (XAVIER, 2011).

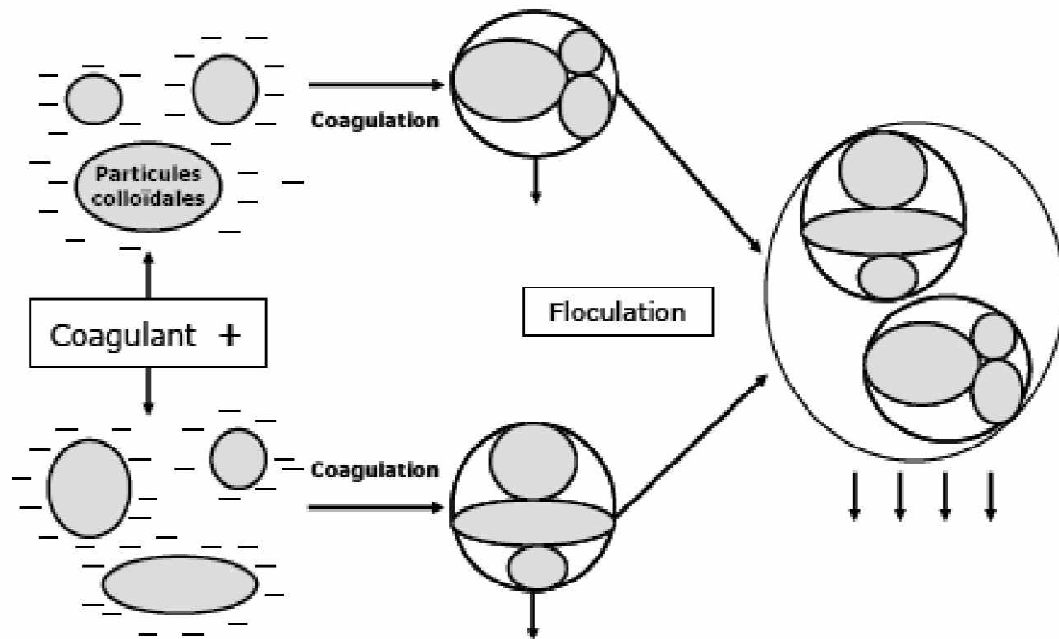


Figure 05 : Processus de Coagulation / Flocculation

I.9.1.2.2 Décantation

Après avoir aggloméré les petites particules en de beaucoup plus grosse, il va maintenant falloir les faire décanter. Dans un corps d'eau immobile les particules en suspension plus lourdes que l'eau est soumise à leurs poids apparent, elles chutent lentement pour s'accumuler sur le fond : c'est la décantation (**BECHAC et BOUTIN et al, 1984**).

I.9.1.2.3 Filtration

La filtration est un procédé physique destinée à clarifier un liquide qui contient des matières solides en suspension en le passer à travers un milieu poreux. L'eau est passée à travers un filtre qui intercepte les petites particules. Plus petites sont les mailles du filtre, plus petite doit être une particule pour passer. La filtration peut être accomplie comme traitement tertiaire d'une eau brute, comme traitement secondaire d'une eau usée ou comme unique traitement si on parle d'une filtration transmembranaire. Les filtres les plus communs dans les stations traitement d'eau sont les filtres au sable et à l'antracite. Les filtres s'assurent que l'eau qui en sort respecte les normes en vigueur (ou mieux) en ce qui concerne la turbidité (la couleur ayant été enlevée par l'étape précédente).

Les virus et bactéries peuvent toutefois passer au travers des filtres c'est pourquoi l'étape finale de désinfection est obligatoire (**OLIVIER et PIERRE et al, 2010**).

I.9.1.2.4 Désinfection

Afin d'éliminer les bactéries et les virus, certaines usines de production d'eau potable utilisent la désinfection à l'ozone. En effet, l'ozone est un gaz très instable car il est constitué de 3 atomes d'oxygène. C'est cette instabilité qui lui confère une capacité oxydante très importante. En

oxydant toutes les substances organiques, l'ozone inactive les pesticides et les organismes pathogènes (virus et bactéries) (OLIVIER et PIERRE et al, 2010).

La désinfection est le plus souvent effectuée au moyen de chlore. Selon l'OMS, 2 à 3 mg/L de chlore devraient être ajoutés à l'eau. Le maximum est fixé à 5 mg/L.

I.9.1.3 Etapes de traitement des eaux brutes

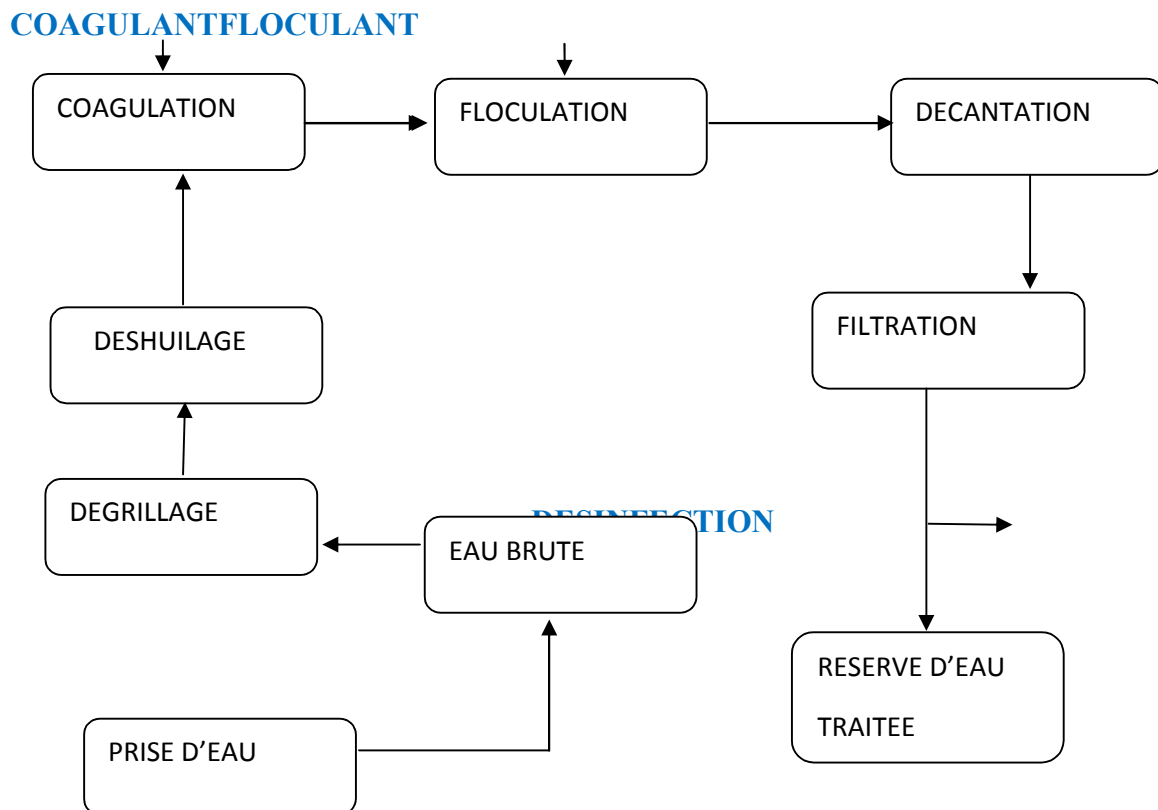


Figure 06 : Etapes de traitement des eaux brutes.

Chapitre III

Matériels et méthodes

II.1 Présentation de la région d'étude

La région d'étude est située au nord-est de l'Algérie, à environ 208 KM à l'est d'Alger, du point de vue géographique la région d'étude appartient à la wilaya de Bejaia, limitée :

- A l'est par la commune de ZIAMA MANSOURIAH de (W. JIJEL) ;
- A l'Ouest par la commune de SOUK-EL-TENINE et la commune de DERGUINA ;
- Au nord par la mer méditerranée ;
- Au sud par DJEBEL BABOR (W. SETIF).

L'oued de BOULEZAZEN est alimenté par deux principaux ruisseaux nommés N'KEB et R'SAS, qui sont alimentées respectivement par les sources AIT TAABANE, IFSSAREN et R'SAS, Qui se situent à DJBEL BABOR qui délimite la wilaya de BEJAIA est SETIF.

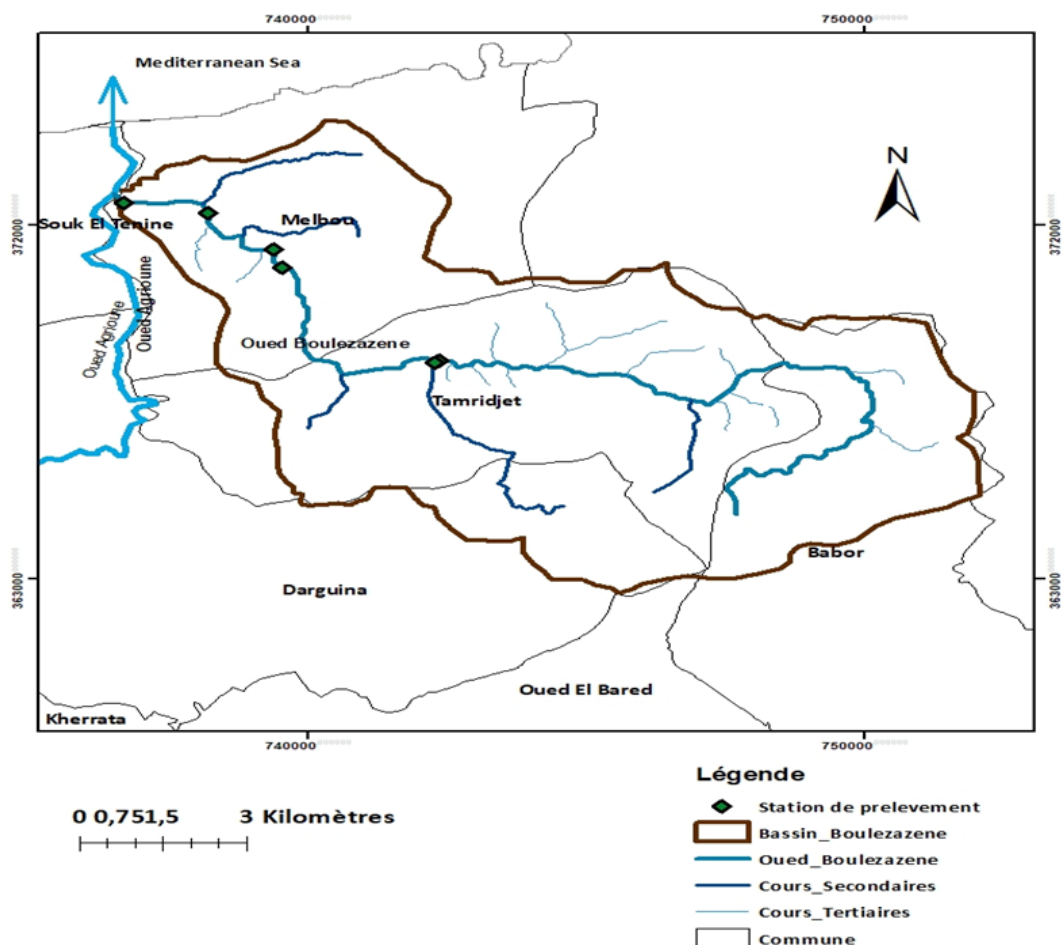


Figure 07 : Délimitation du bassin versant d'étude.

II.2 Choix des stations de prélèvement

Pour la réalisation de notre étude, nous avons effectué deux (02) campagnes de prélèvement réparties sur six (06) stations choisies aléatoirement, tout le long du parcours de la rivière de BOULEZAZENE. Ces stations sont représentées dans le **Tableau I** et la **Figure 01**.

Tableau I : Dates et heures de prélèvement des échantillons

Station de prélèvement	Position satellitaire (GPS)			1 ^{ère} campagne 16/04/2018	2 ^{ème} campagne 10/05/2018
	X	Y	Z (m)	Heure de prélèvement	Heure de prélèvement
S1	36°35.308' N	5° 24.321'E	204	9h00	6h30
S2	36°35.310'N	5°24.155'E	203	9h10	6h40
S3	36°26.227'N	5°22.767'E	59	9h45	7h15
S4	36°36.500'N	5°22.608'E	56	10h05	7h30
S5	36°37.352'N	5°21.605'E	19	10h15	7h40
S6	36°37,549'N	5°20,641'E	11	10h30	8h00

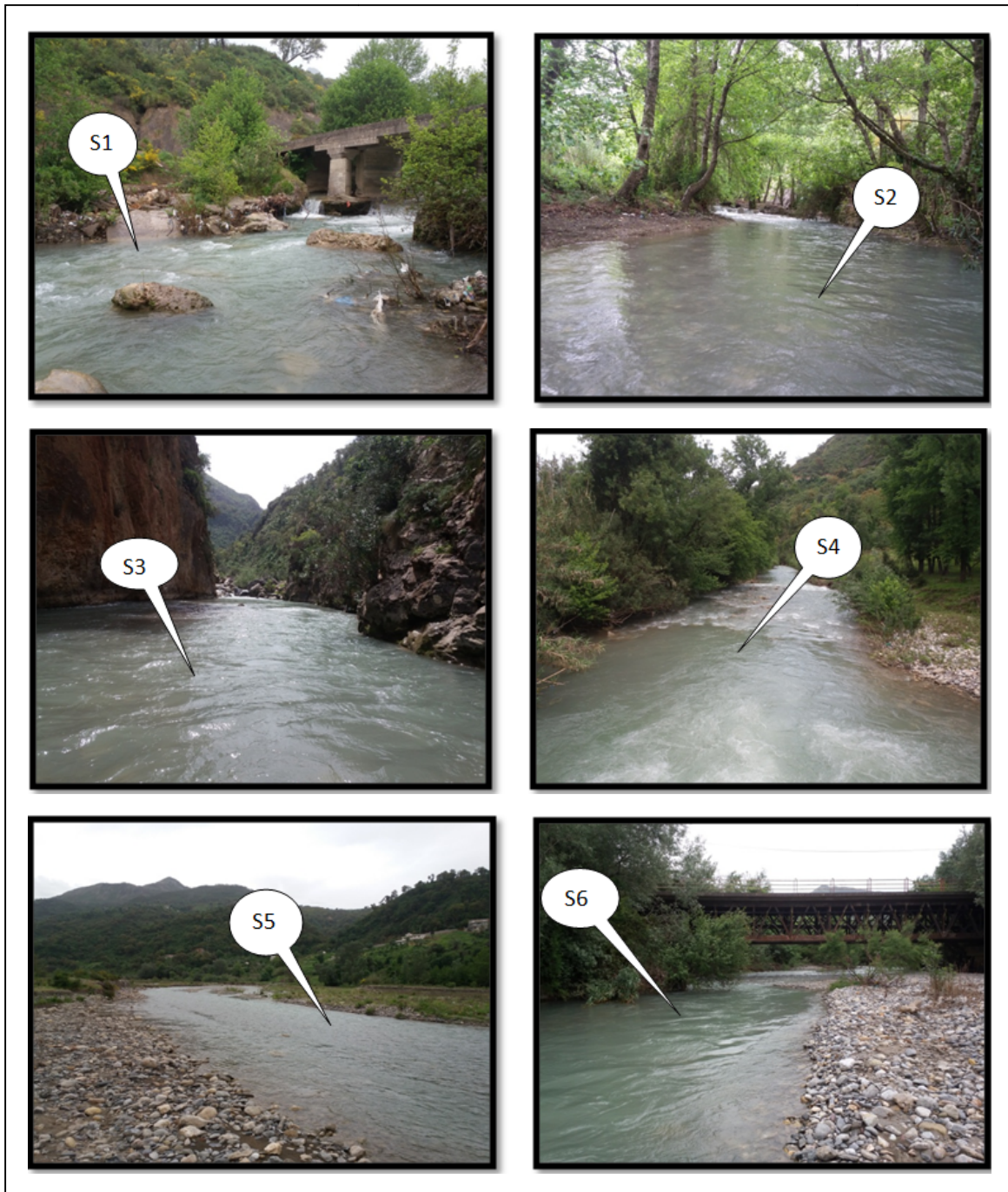


Figure 08 : Photographie des stations échantillonnages.

II.3 Prélèvement et conservation des échantillons

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté ; il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau (**RODIER et al, 2005**).

Les échantillons destinés aux analyses physicochimiques sont prélevés dans des flacons en plastiques lavés et rincés sur place au moment de la prise de l'échantillon. Les flacons sont remplis jusqu'au bord et bouchés de telle façon qu'il n'y ait aucun contact avec l'air ; tout en inscrivant les mentions relatives à la date et l'heure de l'échantillonnage ainsi que l'origine de la source. Le transport doit se faire obligatoirement en glacière à une température inférieure à 4 °C. Enfin, les prélèvements sont placés au froid (4 °C) dès leurs arrivés au laboratoire avant de commencer les analyses. (**Voir Tableau I annexe v**).

II.4 Matériels et méthodes d'analyses

II.4.1 Matériel et appareillages

Les appareillages enregistrés dans le Tableau 03 ont été utilisés au cours de notre travail.

Tableau II : Types d'appareillages utilisés pour les différentes analyses.

Paramètres mesurés	Unités de mesure	Type d'appareil (marque) et méthode utilisée
Température	°C	Thermomètre
pH		pH 3110 WTW
Oxygène dissous	mg/L	Oxi 3205 WTW
Conductivité	µs/cm	Cond 3110 WTW
Turbidité	NTU	Turbidimètre HACH 2100N
Matière En Suspension	mg/L	Appareil de filtration et pompe à vide
Titre Alcalimétrique	mg/L de CaCO_3	Titrimétrie
Titre Alcalimétrique complet	mg/L de CaCO_3	
Chlorure	mg/L	
Titre hydrotimétrique	mg/L de CaCO_3	
Calcium	mg/L	
Magnésium	mg/L	
Alcalinité	mg/L	
Nitrites	mg/L	Spectrophotomètre UV-Visible HACH DR/2500
Nitrates	mg/L	
fer	mg/L	
sulfates	mg/L	
L'azote ammoniacal	mg/L	
Résidu sec	mg/L	Etuve

II.4.2 Méthodes d'analyses physico-chimiques

II.4.2.1 La Couleur

Nous avons déterminé la couleur par une simple observation visuelle des échantillons d'eaux prélevées dans des bouteilles incolores.

II.4.2.2 L'odeur et saveur

Nous avons mis en évidence l'odeur et la saveur par simple examen sensorielle lors du prélèvement.

II.4.2.3 La température

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision, en effet celle-ci joue un rôle dans la solubilité, pour cela nous utilisons un thermomètre, mesuré in situ, Elle est exprimée en degré Celsius (°C).

II.4.2.4 Le pH

Le potentiel d'hydrogène est mesuré in situ par un pH-mètre

Mode opératoire

- Prendre 100 ml environ d'eau à analyser.
- Plonger l'électrode de l'appareil dans l'échantillon
- Laisser stabiliser et lire la valeur du pH directement sur l'écran du pH-mètre.



Figure 09 : Mesure du pH et de l'oxygène dissous.

II.4.2.5 La Conductivité

La conductivité est mesurée à l'aide d'un conductimètre, exprimée en micro siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$), à 25°C dès l'arrivée au laboratoire.

Mode opératoire

- Prendre environ 100ml d'eau à analyser.
- plonger l'électrode du conductimètre dans l'échantillon
- laisser stabiliser et lire la valeur de la conductivité en ($\mu\text{s}/\text{cm}$) directement sur l'écran du conductimètre.

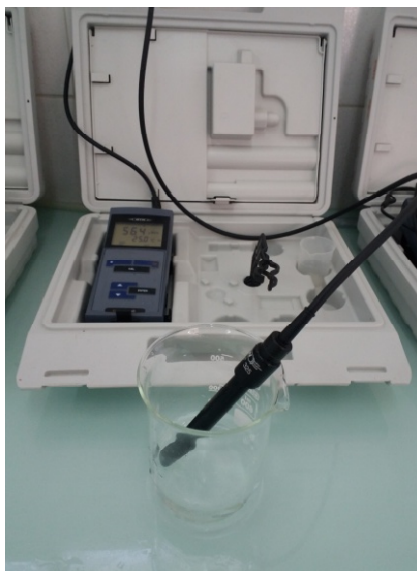


Figure 10 : Mesure de la conductivité.

II.4.2.6 L'oxygène dissous

L'oxygène dissous est mesuré in situ à l'aide d'un appareil oxymètre, exprimé en milligrammes par litre (mg/l) (**voir figure 09**).

Mode opératoire

- Prendre environ 100ml d'eau à analyser.
- plonger l'électrode du multi-paramètre dans l'échantillon.
- laisser stabiliser et lire la valeur de l'oxygène dissous, en (mg/l) directement sur l'écran de l'appareil.

II.4.2.7 La turbidité

La turbidité est déterminée à l'aide d'un turbidimètre au sein du laboratoire de l'ADE.

Mode opératoire

Remplir la cuvette de mesure propre et bien essuyer avec du papier hygiénique avec l'échantillon d'eau à analyser bien homogénéiser et effectuer rapidement la mesure en prenant la plus grande valeur affichée sur l'écran du turbidimètre.

Expression des résultats

Le résultat est affiché directement en (NTU) sur l'écran du turbidimètre.



Figure 11 : Turbidimètre HACH 2100N (laboratoire de l’ADE).

II.4.2.8 Les Matières en suspensions (MES)

Principe

La méthode consiste à faire passer l’eau à travers un filtre afin de retenir toutes les particules de taille supérieure à 0,45 µm. Le filtre est séché et pesé avant et après la filtration. La différence de poids permet de connaître le poids sec total de la matière en suspension dans le volume filtré correspondant.

Mode opératoire :

Le dispositif de filtration est composé d’un erlenmeyer, d’un support filtre, d’un entonnoir gradué et d’une pompe à vide. Pour chaque échantillon, on filtre un volume représentatif d’eau V à travers un filtre (AMINOT et CHAUSSEPIED, 1983).

Expression des résultats

Les concentrations sont calculées selon la formule suivante :

$$\text{MES (mg/l)} = \frac{P_1 - P_0}{V}$$

Où :

P₀ : poids du filtre avant filtration (mg).

P₁ : poids du filtre après filtration (mg).

V : volume filtré (ml).



Figure 12 :Dispositif de filtration

II.4.2.9 Dosage des chlorures par la METHODE DE MOHR.

Principe

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge caractéristique du chromate d'argent.

Réactifs

- Solution de chromate de potassium à 10 %.
- Solution de nitrate d'argent 0.1N

Mode opératoire

Introduire 100ml d'eau à analyser, dans une fiole conique de 250ml. Ajouter 2 à 3 gouttes d'acide nitrique et 3 gouttes de la solution de chromate de potassium à 10 %.

Verser alors au moyen d'une burette la solution de nitrate d'argent jusqu'à apparition d'une teinte rougeâtre qui doit persister 1 à 3 minutes (**RODIER et al, 2005**).

Soit V le nombre de millilitres de nitrate d'argent 0.1N utilisés.

Expression des résultats

Pour une prise d'essai de 100ml :

$$[\text{Cl}^-] \text{ (mg/l)} = V \times 10 \times 3.55$$

II.4.2.10 Détermination de la dureté totale (TH) par titrimétrie à l'EDTA

Principe

Titration par complexométrie des ions calcium et magnésium avec une solution aqueuse d'EDTA à un pH de 10. L'indicateur est le noir ériochrome T, qui donne une couleur rose en présence des ions calcium et magnésium, lors de titrage avec l'EDTA la solution vire au bleu.

Réactifs

- Solution d'EDTA (0.02N)
- Tampon ammoniacal NH_4OH pH=10
- Un indicateur de coloration NET

Mode opératoire

Prélever une prise d'essai de 50ml de l'eau à analyser, ajouter 4ml de la solution tampon et une pincée d'indicateur NET. Bien mélanger, la solution doit se colorer en rose. Titrer immédiatement avec la solution d'EDTA, en versant lentement jusqu'au virage au bleu (**ISO 6059**).

Expression des résultats

La concentration totale en ions calcium et magnésium, exprimé en degré français, est donnée par la formule :

$$\text{TH} = V \times 2 \times F \times F_c$$

Où :

V : est le volume, en millilitres, d'échantillon dosé ;

F_c : facteur de correction ;

F : le facteur de dilution.

II.4.2.11 Détermination de la dureté calcique (Ca^{2+}) par titrimétrie à l'EDTA

Principe

Titration des ions calcium avec une solution aqueuse de l'EDTA à pH compris entre 12 et 13. L'indicateur utilisé est le murexide, qui forme un complexe rose avec le calcium.

Lors du titrage, l'EDTA réagit avec les ions calcium, l'indicateur alors vire de la couleur rose à la couleur violet.

Réactifs

- Solution d'EDTA (0.02N) ;
- Solution d'hydroxyde de sodium NaOH 2N ;
- Indicateur coloré murexide.

Mode opératoire

Prélever une prise d'essai de 50ml d'eau à analyser, ajouter 2ml de la solution de NaOH et une pincée d'indicateur murexide. Bien mélanger le tout. Et titrer avec l'EDTA en versant lentement.

Le virage est atteint lorsque la couleur devient nettement violette (**ISO 6058 -1984**).

Expression des résultats

La teneur en calcium est exprimée en mg/l, est donnée par l'équation :

$$Ca^{2+} = \frac{V \times C_{EDTA} \times F \times c \times A \times 1000}{V_E}$$

Où :

C_{EDTA} : concentration exprimé en mole par litre. De la solution EDTA, soit 0.01M,

V_E : est le volume, en millilitres, de la prise d'essai, soit 50 ml,

V : est le volume, en millilitres, de la solution d'EDTA, utilisé pour le dosage

A : est la masse atomique, du calcium (40.08 g),

F : facteur de dilution,

F_c : facteur de correction.

II.4.2.12 Détermination de la dureté magnésienne (Mg^{2+})

La différence entre la dureté totale et la dureté calcique donne directement la dureté magnésienne de l'eau analysée (**RODIER et al, 2005**).

Expression des résultats

$$\text{Dureté magnésienne (mg/l)} = [D.\text{Totale (mmol/l)} - D.\text{Calcique (mmol/l)}] \times 24.30 \text{ g/mol}$$

II.4.2.13 Détermination de l'alcalinité (TA) et (TAC)

Principe

Les déterminations sont basées sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué, en présence d'un indicateur coloré.

Réactifs

- Acide chlorhydrique (0.02N).
- Solution de phénolphthaléine dans l'alcool à 0.5%.
- Solution de méthylorange à 0.5%.

Mode opératoire de détermination du TA

- Prélever 100 ml de l'échantillon dans un erlenmeyer de 250 ml ;
- Ajouter 1 à 2 gouttes de la solution de phénolphtaléine ;
- Si une coloration rose n'apparaît pas, le TA est nul (TA=0).
- Dans le cas contraire ; doser avec l'acide chlorhydrique jusqu'à la décoloration complète de la solution.

Soit V le nombre de millilitres d'acide utilisé pour obtenir le virage.

– Mode opératoire de détermination du TAC

- Prélever 100 ml de l'échantillon dans un erlenmeyer de 250 ml ;
- Ajouter 1 à 2 gouttes de la solution de méthyle orange ;
- Titré avec l'acide jusqu'au virage du jaune au jaune orangé.

Soit V' le nombre de millilitres d'acide versés depuis le début de dosage (NF T 90-036).

Expression des résultats

1) TA

- $\frac{V}{5}$ Exprime le titre alcalimétrique en (mEq/L).
- V Exprime le titre alcalimétrique en degrés français (1°f correspond à 10 mg de carbonate de calcium ou à 0.2 mEq/L).

2) TAC

- $\frac{V' - 0.5}{5}$ Exprime le titre alcalimétrique complet en (mEq/L).
- $V' - 0.5$ Exprime le titre alcalimétrique complet en degrés français.

II.4.2.14 Dosage des nitrites par spectrométrie d'absorption moléculaire

Principe

Réaction des ions nitrites présent dans une prise d'essai à pH 1.9 avec le réactif amino-4-benzène sulfanilamide en présence d'acide ortho phosphorique pour former un sel diazoïque qui forme un complexe de coloration rose avec dichlor-hydrate de N-(naphtyl-1) diamino-1.2 (ajouter avec le réactif amino-4-benzène sulfanilamide).

Réactifs

- Réactif mixte

Appareillage

- Spectrophotomètre UV-Visible.

Mode opératoire

- Prélever 50ml d'eau à analyser ;
- Ajouter 1ml du réactif mixte ;
- Attendre 10min, puis faire la lecture au spectrophotomètre à 543nm (**ISO 6777 NA 1657**).
 - ❖ L'apparition de la coloration rose indique la présence des NO_2^- .

Expression des résultats

Le résultat est donné directement en mg/l.

II.4.2.15 Dosage des nitrates par spectrométrie d'absorption moléculaire

Principe

En présence de salicylate de sodium les nitrates donnent du paranitrosalicylate de sodium coloré en jaune et susceptible d'un dosage spectrophotométrique.

Réactifs

- Solution de salicylate de sodium à 0.5% (renouveler toute les 24h) ;
- Solution d'hydroxyde de sodium 30% ;
- H_2SO_4 concentré ;
- Tartrate double de sodium et de potassium.

Appareillage

- Etuve ;
- Spectrophotomètre UV-Visible.

Mode opératoire

- Prendre 10ml d'eau à analyser ;
- Ajouter 2à 3 gouttes de NaOH à 30% ;
- Ajouter 1 ml de salicylate de sodium ;
- Evaporer à l'étuve 75 -88°C ; puis laisser refroidir ;
- Reprendre de résidu avec 2 ml de H_2SO_4 et laisser reposer 10min ;
- Ajouter 15ml d'eau distillée ;

- Ajouter 15ml de tartrate double de sodium et de potassium, puis faire la lecture au spectrophotomètre à 415nm (**NORME AFNOR T90-012**).

Expression des résultats

Le résultat est donné directement en mg/l par lecture sur l'écran du spectrophotomètre.

II.4.2.16 Dosage du fer par spectrométrie à la phénantroline-1,10

Principe

Après oxydation en milieu acide, le fer est réduit à l'état ferreux et dosé par spectrophotométrie en utilisant la coloration rouge donnée par les sels ferreux avec la phénantroline 1,10.

Réactifs

- Solution chlorhydrate d'hydroxylamine ;
- Solution tampon d'acétate ;
- Solution phénanthroline.

Appareillage

- Spectrophotomètre UV-Visible.

Mode opératoire

- Prendre 50 ml d'eau à analyser dans une fiole de 100ml ;
- Ajouter 1 ml de Chlorhydrate d'hydroxylamine ;
- Ajouter 2 ml de tampon d'acétate ;
- Ajouter 2 ml de phénantroline ;
- Laisser pendant 15min à l'abri de la lumière puis faire la lecture avec le spectrophotomètre à 510 nm (**ISO 6332**).

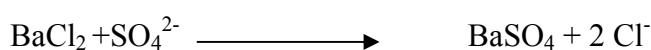
Expression des résultats

Les résultats sont affichés directement en mg/l de fer sur l'écran du spectrophotomètre.

II.4.2.17 Détermination des sulfates

Principe

Les ions sulfates sont précipités et passé à l'état de sulfate de baryum en présence de BaCl₂.



Réactifs

- Solution stabilisant ;
- Solution de chlorure de baryum.

Appareillage

- Spectrophotomètre UV-Visible.

Mode opératoire :

- Prendre 20 ml d'eau à analyser puis compléter a 100 ml d'eau distillée ;
- Ajouter 5 ml de la solution stabilisante ;
- Ajouter 2 ml de chlorure de baryum ;
- Agiter énergiquement pendant 1 mn ;
- Passer au spectrophotomètre à 420 nm. (**Méthode de KERN**).

Expression des résultantes

Les résultantes sont affiché directement par le spectrophotomètre en mg/l de sulfate x le facteur de dilution.

II.4.2.18 Dosage de l'ammonium par spectrométrie a l'aide de salicylate de sodium

Principe

Mesure spectrométrique du composé bleu formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitroprussiate de sodium.

Réactifs

- Réactif I ;
- Réactif II (coloré).

Mode opératoire

- Prendre 40 ml d'eau à analyser ;
- Ajouter 4 ml du réactif I ;
- Ajouter du réactif II et ajuster à 50 ml avec H₂O distillée et attendre 1h30.
- Passer au spectrophotomètre à 655 nm (**ISO 7150/1**).
 - ❖ L'apparition de la coloration verdâtre indique la présence de NH₄⁺.

Expression des résultantes

Les résultats sont affichés directement par spectromètre en mg/l d'ammonium.

II.4.2.19 Les résidus sec

Principe

Evaporation au bain d'eau bouillante d'un volume d'eau choisie en fonction des quantités de matières fixes présentes, dessiccation à l'étuve à température donnée et pesée du résidu.

Mode opératoire

Nettoyer la capsule à l'acide chlorhydrique (HCl) ou à l'acide nitrique (HNO₃) dilués au dixième environ et tièdes, puis à l'eau distillée. La sécher par passage à l'étuve, puis calciner dans le four réglé à 25°C. Laisser refroidir presque jusqu'à la température ambiante puis placer dans un dessiccateur pendant 1/4d'heure et peser. Soit M₀ la masse de la capsule vide.

Faire évaporer progressivement au bain d'eau bouillante la prise d'essai introduite, éventuellement en plusieurs fractions successives, dans la capsule : il est recommandé de ne remplir celle-ci que jusqu'à mi-hauteur, vers la fin de l'opération, rincer à l'eau distillée la fiole jaugée qui a servi à mesurer la prise d'essai et verser les eaux de lavage dans la capsule. Une fois l'eau évaporée. Placer la capsule dans l'étuve. Réglée à 105°C pendant 1 heure.

Laisser refroidir la capsule et son contenu presque jusqu'à la température ambiante, pour la placer ensuite dans un dessiccateur pendant 1/4d'heure environ et peser, soit M₁ la masse trouvée (**Norme NA 6945**).

Expression des résultats

Le résidu sec à 105°C, exprimé en milligramme par litre, est donné par l'expression :

$$\frac{M_1 - M_0}{V} \times 1000$$

Où

V : le volume en millilitres, de la prise d'essai,

M₀ : la masse, en milligramme de la capsule vide,

M₁ : la masse, en milligramme, de la capsule et son contenu après étuvage à 105°C.

II.5 Méthodes d'analyses bactériologiques

Les analyses bactériologiques qui ont été effectuées au niveau du laboratoire de DSP de Bejaia, consistent à rechercher :

- ✓ Les Germes totaux ;
- ✓ Les Coliformes totaux et fécaux ;
- ✓ Les Streptocoquesfécaux ;

- ✓ Les Clostridium sulfito-réducteurs.

II.5.1 Recherche et dénombrement des germes totaux

II.5.1.1 Milieu de culture

Gélose Glucose Tryptonée à l'extrait de Levure et Agar TGEA.

Mode opératoire

- On prend deux boîtes de pétri stériles et on note sur chaque boîte la date et la température d'incubation ;
- Près d'un bec benzène, on prélève 1 ml d'eau à analyser et on ensemence dans chaque boîte ;
- On fait couler la gélose préalablement fondue et refroidie à 45 °C ;
- On agite doucement par un mouvement circulaire pour assurer un mélange homogène ;
- On incube une boîte à 37 °C pendant 48 heures et l'autre à 22 °C pendant 72 heures.

Expression des résultats

Les résultats sont exprimés en nombre des UFC par 1 ml.

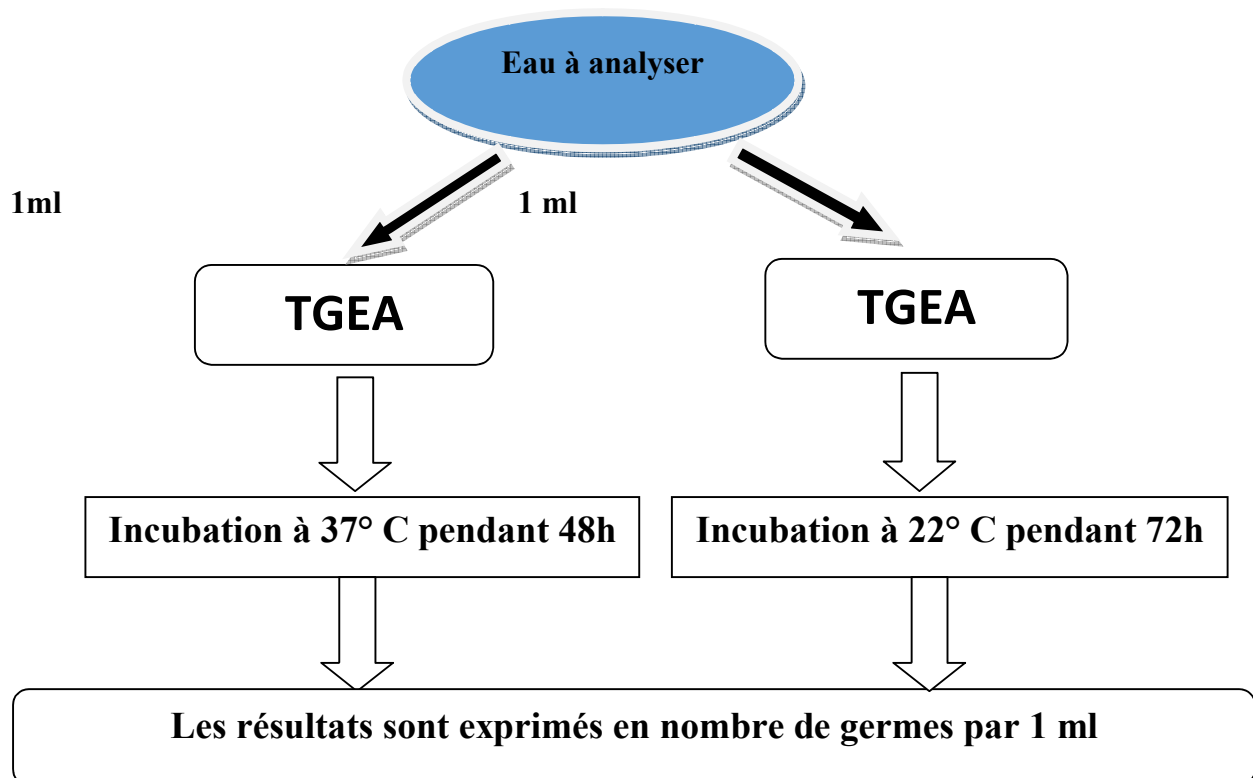


Figure 13 : Recherche et dénombrement des germes totaux.

II.5.2. Recherche et dénombrement des coliformes et d'Escherichia coli

II.5.2.1. Milieux de culture

- Bouillon lactose au pourpre de bromocresol (BCPL) à double concentration(D/C) ;
- Bouillon lactose au pourpre de bromocresol (BCPL) à simple concentration(S/C) ;
- Milieu de confirmation : bouillon de schubert ;
- Réactif de kovacs pour la recherche d'indole.

Mode opératoire

1^{ère} étape : Test présomptif de la présence ou l'absence des coliformes.

On ensemence

- 3 tubes de 10 ml de BCPL à double concentration munis d'une cloche de Durham avec 10 ml d'eau à analyser ;
- 3 tubes de 10 ml de BCPL à simple concentration munis d'une cloche de Durham avec 1 ml d'eau à analyser ;
- 3 tubes de 10 ml de BCPL à simple concentration munis d'une cloche de Durham avec 0,1 ml d'eau à analyser ;
- On agite pour homogénéiser tout en vidant l'air dans la cloche et placer les tubes dans une étuve à 37 °C pendant 48 heures ;
- Après incubation, les tubes considérés comme positifs présentent un trouble dans toute la masse liquide, avec virage du violet au jaune et un dégagement de gaz dans la cloche.

Expression des résultats des Coliformes totaux

Le nombre des coliformes totaux par 100 ml est obtenu en comptant le nombre des tubes positifs en se référant à la table de Mac Credy qui nous donne le nombre le plus probable (NPP).

2^{ème} étape : Test confirmatif de la présence ou l'absence d'*E. Coli*.

- On repique chaque tube de BPCL positif 2 à 3 gouttes par une anse bouclée ou une pipette pasteur dans un tube de bouillon Schubert muni d'une cloche de Durham ;
- On incube à 44 °C pendant 24 heures ;
- On considère comme positifs tous les tubes présentant à la fois ;
 - ✓ Un trouble avec un dégagement gazeux ;
 - ✓ Anneau rouge en surface, témoin de la production d'indole par *E. Coli* Après adjonction de 2 à 3 gouttes de réactif de Kovacs.

Expression des résultats des Coliformes fécaux

Le dénombrement d'*E. Coli* s'effectue de la même façon que celui des coliformes totaux sur la table de Mac Credy.

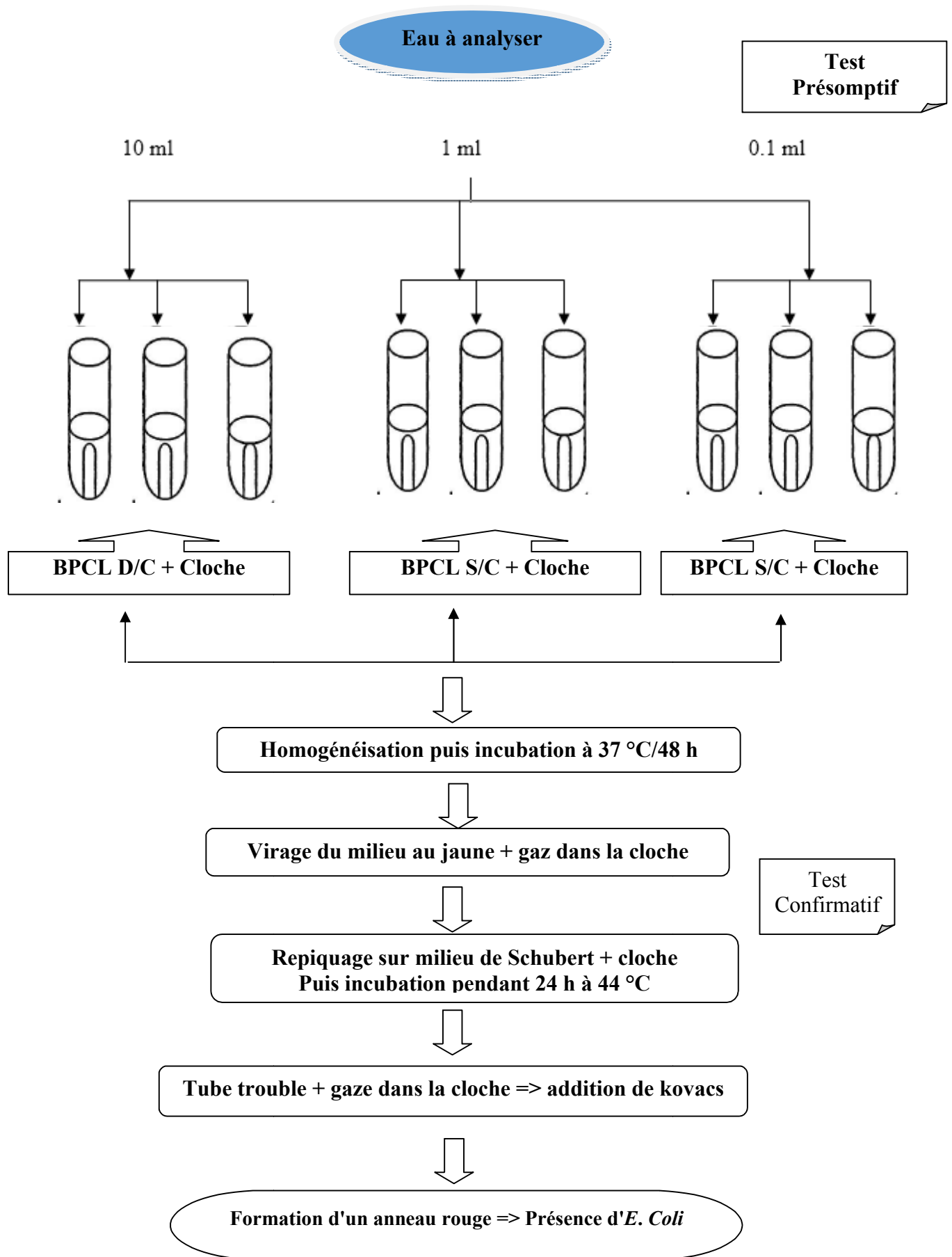


Figure 14 : Recherche et dénombrement des coliformes et d'E. Coli.

II.5.3 Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux

II.5.3.1 Milieu de culture

- Milieu de Rothe à double concentration (D/C) ;
- Milieu de Rothe à simple concentration (S/C) ;
- Milieu de confirmation Eva Litsky.

Mode opératoire

1^{ère} étape : Test présomptif

On ensemence

- 3 tubes de 10 ml bouillon de Rothe (D/C) avec 10 ml d'eau à analyser ;
- 3 tubes de 10 ml bouillon de Rothe (S/C) avec 1 ml d'eau à analyser ;
- 3 tubes de 10 ml de bouillon de Rothe (S/C) avec 0,1 ml d'eau à analyser ;
- On incube à 37 °C à 48 heures ;
- Les tubes présentant un trouble microbien sont considérés comme positifs et sont soumis au test confirmatif.

2^{ème} étape : Test confirmatif

- On agite les tubes puis on prélève de chacun d'eux successivement quelques gouttes avec pipette pasteur pour les reporter dans des tubes de milieu Eva Litsky à l'éthyle violet d'acide de sodium ;
- On incube à 37 °C pendant 24 heures ;
- L'apparition d'un trouble microbien confirme la présence d'un STREPTOCOQUE FECAL, parfois la culture s'agglomère au fond du tube en fixant le colorant et en formant une pastille violette de signification identique à celle du trouble.

Expression des résultats

Les résultats de dénombrement sont exprimés comme ceux d'E. Colien nombre de germes par 100 ml d'échantillon. En se référant à la table Mac Credy.

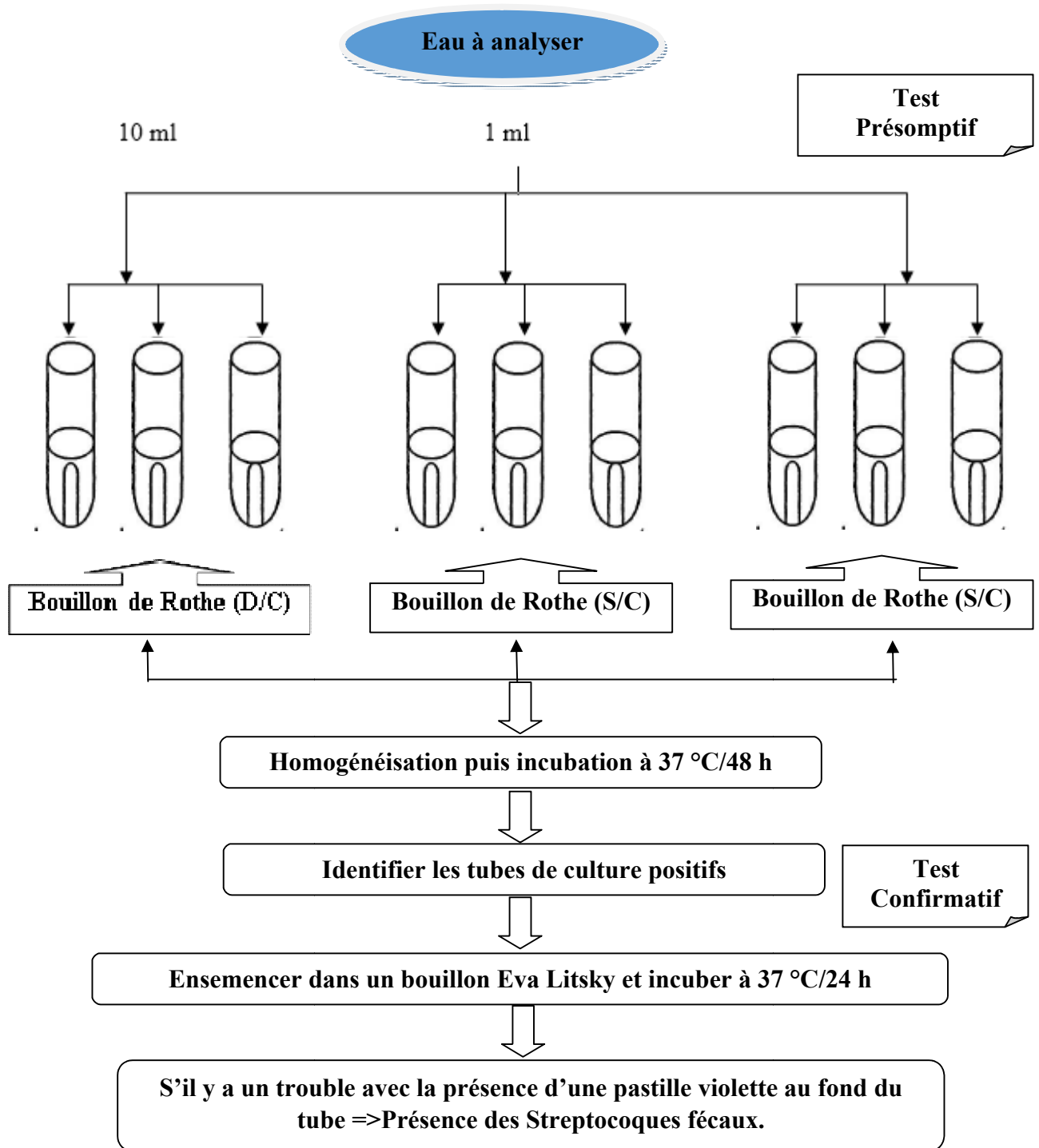


Figure 15 : Recherche et dénombrement des Streptocoques Fécaux.

II.5.4 Recherche et dénombrement des Clostridium sulfito-réducteurs

II.5.4.1 Milieu de culture

- Gélose viande foie (VF) ;
- Additifs de sulfite de sodium ;
- Additifs d'alun de fer.

Mode opératoire

➤ **Forme sporulée**

- On introduit dans 4 tubes à essai 20 ml d'échantillon d'eau à analyser (5 ml dans chaque tubes) ;
- On place les tubes au bain marie à 80 °C pendant 10 mn ; dans le but de détruire toutes les formes végétatives.
- On refroidit à 45 °C puis on ajoute 2 gouttes d'alun de fer et 4 gouttes de sulfites de sodium puis on remplit les 4 tubes par la gélose viande foie ;
- On mélange doucement, en évitant d'introduire les bulles d'air ;
- On incube à 37 °C et on procède à une première lecture après 24 heures, car très souvent les spores des anaérobies sulfito-réducteurs sont envahissantes ce qui rendra la lecture impossible, sinon on fera une deuxième lecture après 48 heures ;
- Les Clostridium sulfito-réducteurs réduisent le sulfite de sodium, en produisant des colonies entourées d'un halo noir dû à la formation de sulfure de sodium.

➤ **Forme végétative**

La recherche des bactéries anaérobies sulfito-réducteurs sous forme végétative se fait de la même manière que celle de la forme sporulée à l'exception de l'étape du chauffage.

Expression des résultats

- On compte toute colonie noire de 0,5 mm de diamètre dans chaque tube et on rapporte le nombre total des colonies dans les 4 tubes.
- On exprime les résultats en nombre de germes par 20 ml.

II.6 Essais de coagulation-floculation (Jar-test)

Principe

Les essais sont réalisés selon la procédure expérimentale bien connu du Jar-test qui permet de déterminer les concentrations en sulfate d'aluminium, afin d'obtenir un meilleur rendement de la turbidité.

Réactifs

- solution de sulfate d'aluminium à 10 g/l.
- polymère à 0.1 g/l.
- eau distillée.

Mode opératoire

II.6.1 Optimisation des concentrations de coagulant et de floculant

Dans 4 béchers de 1000 ml introduire 1000ml d'eau à analyser. Injecter des volumes croissants allant de 1.5 à 4.5 ml de la solution de sulfate d'aluminium.

Introduire les 4 béchers dans le jar-test. Laisser sous Agitation rapide à une vitesse de 140 tr/min pendant 3 min et après 2 min d'agitation injecter un volume de 1 ml du polymère, ensuite laisser sous agitation lente à une vitesse de 40tr/min pendant 20 min.

Laisser décanter pendant 10 min, et mesurer la turbidité (la concentration donnant une faible turbidité est prise comme optimum).

Afin d'optimiser la concentration du polymère, remplir encore une fois les béchers d'eau à analyser puis injecter pour chacun le volume optimum de sulfate d'aluminium, laisser sous agitation à 140 tr/min pendant 3 min et après 2 min d'agitation injecter des volumes croissants de polymère allant de 0.5 à 2 ml.

Laisser sous agitation lente à une vitesse de 40 tr/min pendant 20 min. Après 10 minutes de décantation, mesurer la turbidité (la concentration donnant une faible turbidité est prise comme optimum).

II.6.2 Optimisation de la vitesse d'agitation rapide

Après avoir rempli les 4 béchers de 1 l d'eau à analyser. Injecter pour chacun le volume optimum de coagulant puis varier la vitesse d'agitation rapide pendant 3 min, après 2 min d'agitation injecter le volume optimum de floculant. Pour le reste de la manipulation on procède de la même manière que ci-dessus (la vitesse donnant une faible turbidité est prise comme optimum).

II.6.3 Optimisation de la vitesse d'agitation lente

Après avoir rempli les 4 béchers de 1 l d'eau à analyser. Injecter pour chacun des volumes optimums du coagulant et de floculant. Fixer la vitesse d'agitation rapide par la vitesse optimale, pendant 3 min, après 2 min d'agitation injecter le volume optimum de floculant.

Faire varier la vitesse d'agitation lente allant de 15 à 50 tr/min pendant 20 min. Laisser décanter 10 min. et mesurer la turbidité (la vitesse donnant une faible turbidité est prise comme optimum).

II.6.4 Optimisation du temps d'agitation lente

Après avoir rempli les 4 béchers de 1 l d'eau à analyser. Procéder de la même manière qu'auparavant en fixant les facteurs optimisés (concentration de coagulant, la concentration de flocculant, la vitesse d'agitation rapide, lente). Faire varier le temps d'agitation lente allant de 13 à 21 min.

Laisser décanter pendant 10 min. et mesurer la turbidité (le temps d'agitation donnant une faible turbidité est pris comme optimum).

II.6.5 Optimisation du temps de décantation

Après avoir rempli les 4 béchers de 1 l d'eau à analyser et fixer tous les facteurs optimisés auparavant, on fait varier le temps de décantation allant de 5 min à 20 min, et on mesure la turbidité (le temps de décantation donnant une faible turbidité est pris comme optimum).

Chapitre III

Résultats et discussions

III Résultats et Discussion

III.1 Résultats des analyses physico-chimiques

Caractéristiques physico-chimiques des eaux de la rivière BOULZAZENE :

1^{ère} campagne de prélèvement

Tableau III : résultats des analyses physico-chimiques de la 1^{ère} campagne de prélèvement.

Paramètres physico-chimiques

Facteurs	T	pH	CE	O.D	Tur	MES	Cl ⁻	TH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	TA	TAC	HCO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	Fe ²⁺	SO ₄ ²⁻	NH ₄ ⁺	RS	
	°C	-	µs/cm	mg/l	NTU	mg/l	mg/l	mg/l Caco ₃	mg/l	mg/l	mg/l Caco ₃	mg/l Caco ₃	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Normes	25.5	6.5-9	2800	--	5	--	500	500	200	150	--	500	--	0.2	50	0.3	400	0.5	1500	
S1	16.7	7.495	540	0.35	1.50	12	24.85	126.1	40.06	6.31	0	115	140.3	0.011	0.55	0.002	128.46	0.073	462	
S2	16.6	7.849	706	0.36	1.64	4	31.95	143.56	38.49	11.50	0	127	154.94	0.014	0.21	0.005	134.98	0.095	473	
S3	17.2	7.816	600	0.47	1.85	8	21.3	131.92	36.14	10.10	0	123	150.06	0.014	0.38	0.006	143.98	0.11	479	
S4	17.2	7.818	597	0.41	1.97	7	17.75	137.74	37.71	19.31	0	135	164.7	0.019	0.25	0.004	138.56	0.081	487	
S5	17.5	7.783	587	0.38	2.46	9	21.3	147.44	35.35	14.35	0	148	180.56	0.016	0.32	0.004	140.36	0.054	492	
S6	18.1	7.717	598	0.43	2.54	6	21.3	155.2	32.99	17.46	0	155	189.1	0.012	0.41	0.005	136.35	0.069	470	
Moy	17.2	7.74	605	0.31	1.99	7.66	23.075	140.33	36.79	13.17	0	133.8	163.28	0.086	0.35	0.004	137.12	0.08	477	

2^{ème} campagne de prélèvementTableau IV : résultats des analyses physico-chimiques de la 2^{ème} campagne de prélèvement.

Paramètres physico-chimiques

Facteurs	T	pH	CE	O.D	Trb	ME S	Cl ⁻	TH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	TA	TAC	HCO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	Fe ²⁺	SO ₄ ²⁻	NH ₄ ⁺	RS
	°C	-	µs/cm	mg/l	NTU	mg/l	mg/l	mg/l Caco ₃	mg/l	mg/l	mg/l Caco ₃	mg/l Caco ₃	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
normes	25	6.5-9	2800	--	5	--	500	500	200	150	--	500	--	0.2	50	0.3	400	0.5	1500
S1	17.6	7.895	590	0.36	1.40	10	28.4	157.14	47.92	9.07	0	111	135.2	0.012	0.45	0.001	123.96	0.086	472
S2	17.6	7.649	606	0.32	1.54	6	24.85	153.26	43.21	10.99	0	117	142.75	0.014	0.19	0.004	136.66	0.091	478
S3	19.5	7.316	500	0.34	1.65	7	17.75	147.44	40.06	11.50	0	133	162.26	0.015	0.26	0.007	142.88	0.092	469
S4	19.7	7.918	627	0.39	1.74	6	21.3	139.68	41.64	8.65	0	140	170.8	0.020	0.30	0.004	140.56	0.072	477
S5	19.7	7.153	487	0.42	2.38	7	14.2	141.62	40.06	10.08	0	145	176.9	0.025	0.35	0.005	141.46	0.066	482
S6	20.1	7.517	548	0.46	2.44	5	14.2	135.8	38.49	9.62	0	155	189.1	0.011	0.38	0.004	136.35	0.068	491
Moy	19	7.575	559	0.38	1.86	6.8	20.12	145.82	41.90	9.99	0	133.5	162.84	0.016	0.32	0.004	136.98	0.079	478

III.2 Discussions des analyses physico-chimiques

Pour une analyse approfondie des résultats trouvés, regroupés dans les tableaux 01 et 02 précédents, et pour savoir plus sur la qualité de l'eau, on a tracé les graphes déterminants les différents paramètres.

III.2.1 Mesure de la Température

Les résultats de la température sont illustrés dans la figure 16. La température de la 1ère campagne (effectuée le même jour) varie entre 16.6 et 18.1°C avec une moyenne de 17.2°C, pour les six stations. Lors de la 2ème campagne, elle varie entre 17.6 et 20.1°C avec une moyenne de 19°C pour les six stations.

L'augmentation des températures lors de la 2^{ème} campagne pourrait être expliquée par le changement climatique enregistré en cette période de l'année (printemps 2018).

D'après la littérature (RODIER et al, 2009), pour un milieu aquatique, la température des eaux superficielles est influencée par celle de l'air, et ceci d'autant plus que la profondeur est faible. Elle dépend de l'altitude, de la saison, de l'heure et du débit.

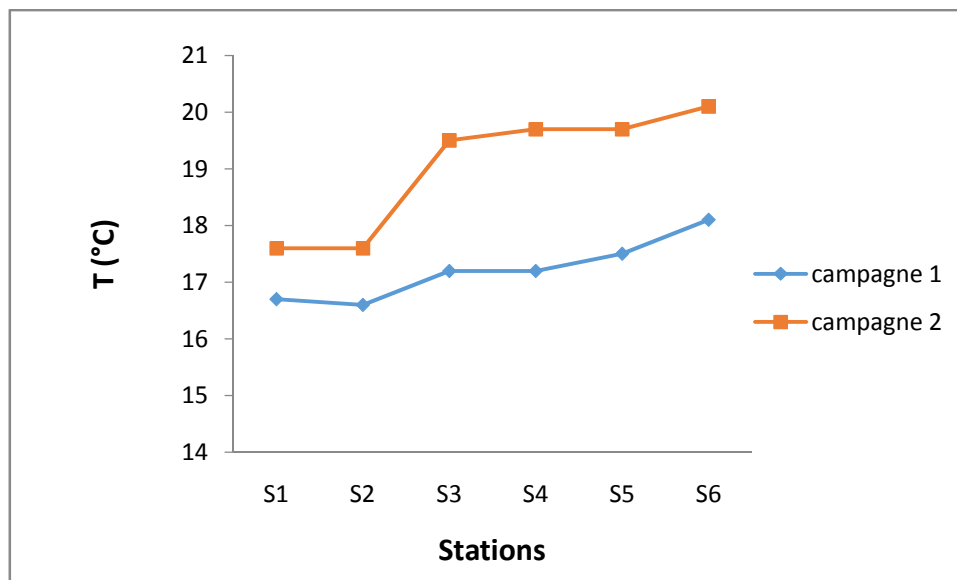


Figure 16 : Variation de la température de l'eau des stations étudiées.

Les températures des eaux enregistrées durant la période de prélèvement, ne doivent pas dépasser les 25°C selon les normes algériennes de potabilité des eaux (JORA, 2014).

III.2.2 Mesure du pH de l'eau

La figure 17 représente les variations du pH des eaux lors de la 1^{ère} et la 2^{ème} campagne. Durant la 1^{ère} campagne, le pH varie entre 7.49 et 7.84 avec une moyenne de 7.74 ; et durant la 2^{ème} campagne, le pH varie entre 7.15 et 7.91 avec une moyenne de 7.57.

Cette variation pourrait être liée au contact direct avec l'air et à la nature des terrains traversés.

D'après (RODIER et al,2009), le pH des eaux naturelles est lié à la nature des terrains traversés. D'une façon générale, les eaux très calcaires ont un pH élevé et celles provenant des terrains pauvres en calcaires ou siliceux ont un pH voisin de 7 et quelques fois légèrement inférieur (≈ 6).

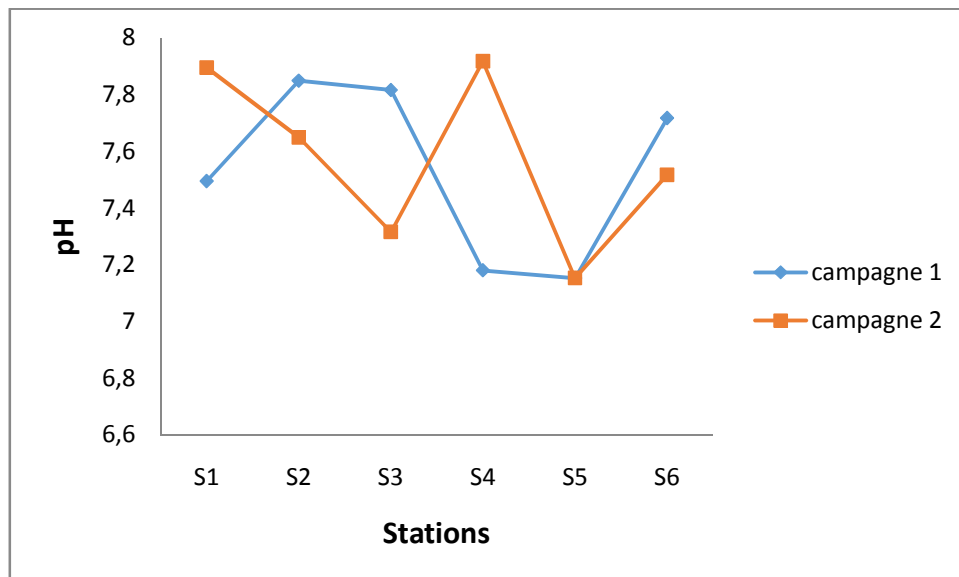


Figure 17 : Variation du pH de l'eau des stations étudiées

Le pH des eaux mesuré durant la période d'étude correspond à la norme algérienne de potabilité (6,5 - 9) des eaux superficielles

III.2.3 Conductivité électrique

Les résultats d'analyse de la conductivité électrique des eaux lors de la 1^{ère} et de la 2^{ème} campagnes sont présentés dans la figure 18. Lors de la 1^{ère} campagne la conductivité varie entre 540 et 706 $\mu\text{s}/\text{cm}$ pour les six stations avec une moyenne de 605 $\mu\text{s}/\text{cm}$. Lors de la 2^{ème} campagne elle varie entre 487 et 627 $\mu\text{s}/\text{cm}$ pour les six stations avec une moyenne de 559 $\mu\text{s}/\text{cm}$.

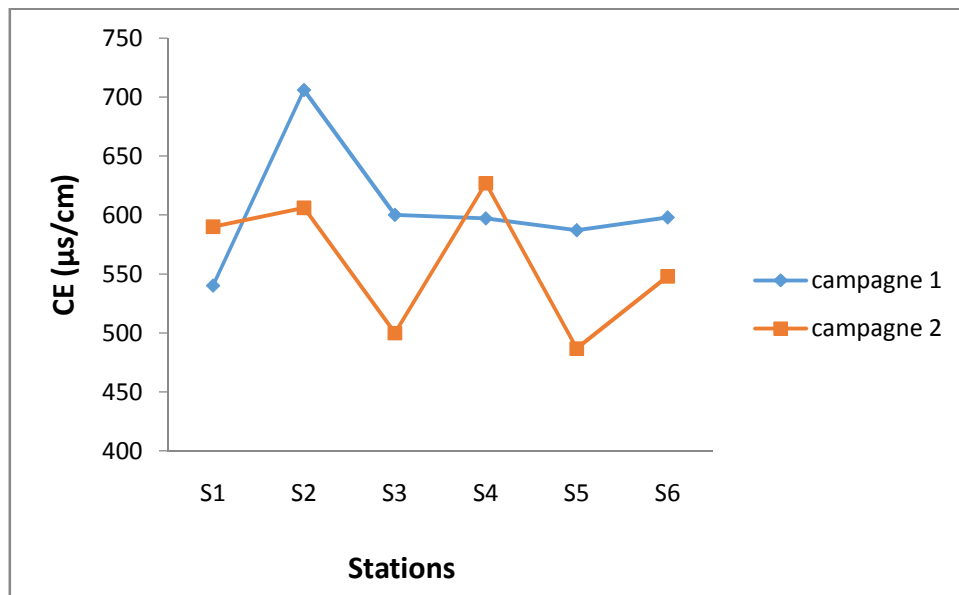


Figure 18 : Evolution de la conductivité de l'eau des stations étudiées

On peut conclure que nos six stations ont des propriétés électriques qui sont conformes aux normes algériennes ($<2800\mu\text{s}/\text{cm}$).

III.2.4 Oxygène dissous

Les résultats d'analyse de l'oxygène dissous des eaux lors de la 1ère et la 2ème campagnes sont présentés dans la figure 19. Durant la 1ère campagne l'oxygène dissous varie entre 0.35 mg/l et 0.47 mg/l pour les six stations avec une moyenne de 0.31 mg/l, lors de la 2ème campagne elle varie entre 0.32 mg/l et 0.46 mg/l pour les six stations avec une moyenne de 0.38 mg/l.

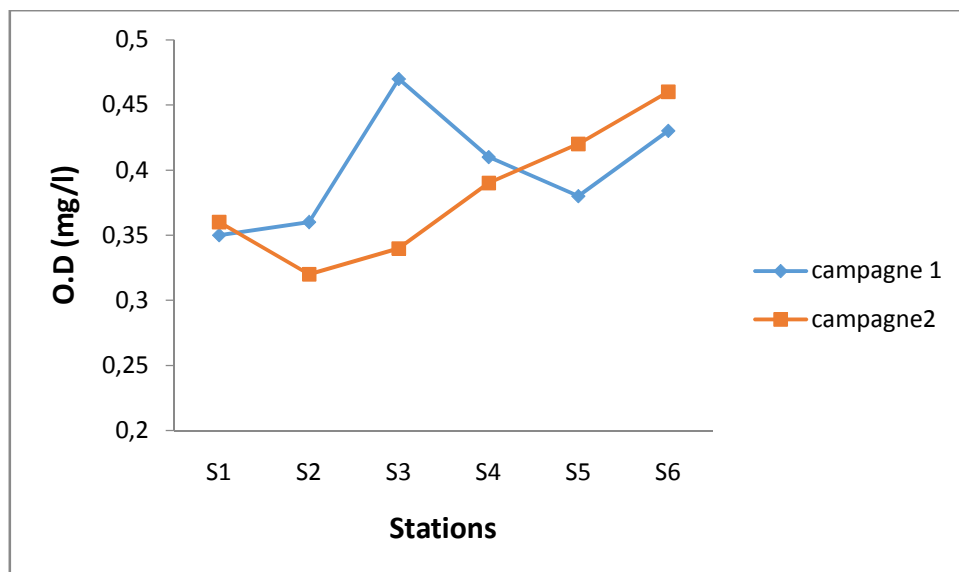


Figure 19 : Variation de l'Oxygène dissous de l'eau des stations étudiées

L'oxygène dissous disponible est limité par la solubilité de l'oxygène maximum 9 mg/l à 20°C qui décroît avec la température et la présence de polluants dans les cours d'eau (**RODIER et al, 2009**).

Les concentrations en oxygène dissous obtenus sont faibles, elles pourraient être due aux :

- Réchauffement de l'eau par le rayonnement solaire.
- Faible débit de la rivière
- L'augmentation de la consommation de l'oxygène par des microorganismes vivants dans l'eau.

III.2.5 Turbidité

La mesure de la turbidité dans les six stations étudiées durant les deux campagnes est illustrée dans la figure 20, durant la 1^{ère} campagne, les turbidités mesurées sont comprises entre 1.50 et 2.54 NTU avec une moyenne de 1.99 NTU ; alors que durant la 2^{ème} campagne les valeurs sont comprises entre 1.40 et 2.44 NTU avec une moyenne de 1.86 NTU.

Les valeurs peuvent élever lors de la 1^{ère} campagne par rapport à la 2^{ème} campagne, pourrait être expliquée par la nature de l'eau, (les pluies enregistré en cette période, les terrains traversés, etc.).

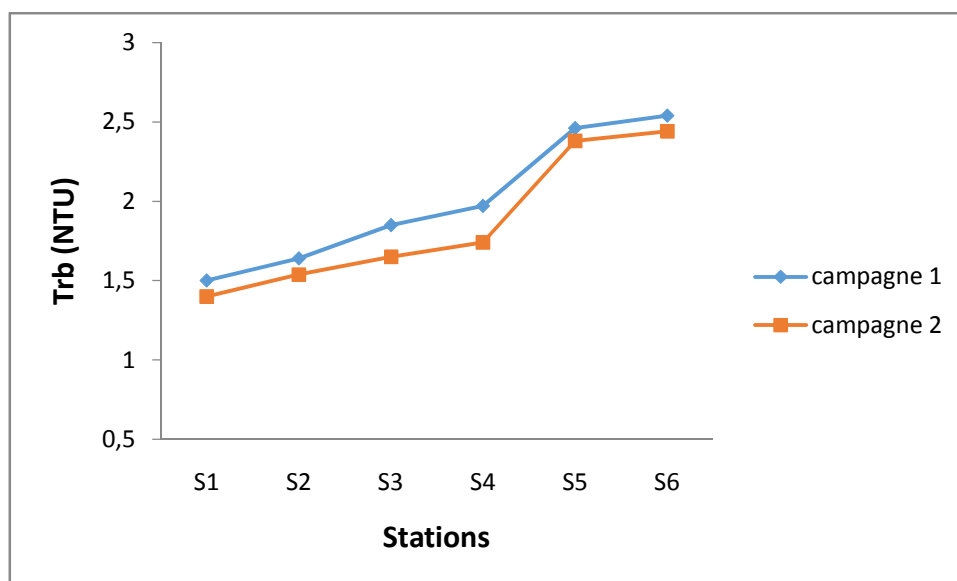


Figure 20 : Variation de la turbidité de l'eau des stations étudiées

La turbidité des eaux enregistrées durant la période de prélèvement ne dépassent pas la norme algérienne de potabilité (5NTU).

III.2.6 Matière en suspension

La teneur en matière en suspension des eaux lors de la 1^{ère} et la 2^{ème} campagne sont présentés dans la figure 21. Pendant la 1^{ère} campagne, les teneurs en matières en suspension sont comprises entre 4 et 12 mg/l, avec une moyenne de 7.66 mg/l. Pendant la 2^{ème} campagne les valeurs sont comprises entre 5 et 10 mg/l, avec une moyenne de 6.8 mg/l.

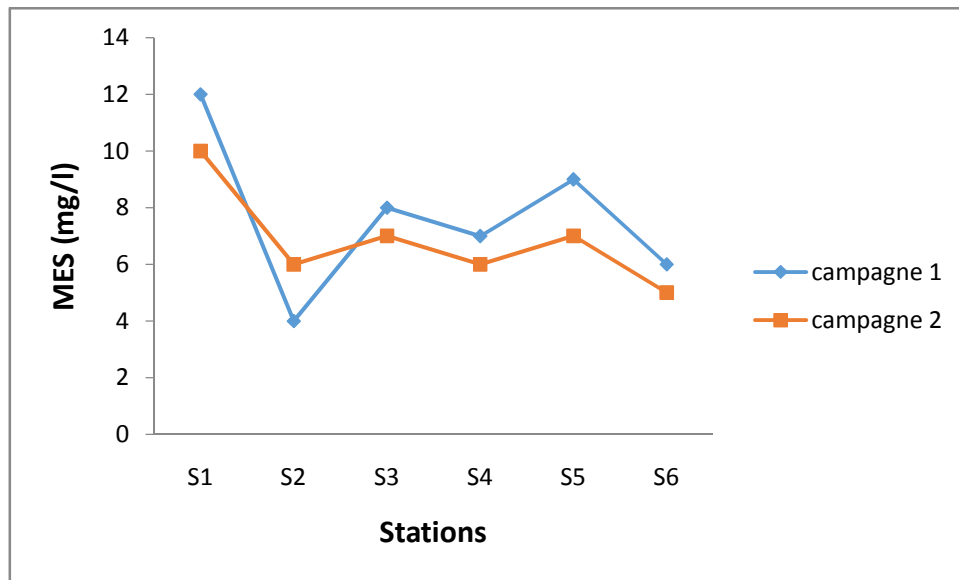


Figure 21 : Variation des Matières en suspensions (MES) de l'eau des stations étudiées

Les valeurs un peu élevées lors de la 1^{ère} campagne, pourrait être expliquée par les pluies enregistré en cette période de la saison.

III.2.7 Chlorure (Cl)

Lors des deux campagnes de prélèvement, la variation des teneurs en chlorures entre les stations est faible. Les résultats de la figure 22, montrent que la teneur en chlorures pour la 1^{ère} campagne est comprise entre 17.75 et 31.95 mg/l, avec une moyenne de 3.075 mg/l. et pour la 2^{ème} campagne sont comprise entre 14.2 et 28.4 mg/l, avec une moyenne de 20.12 mg/l.

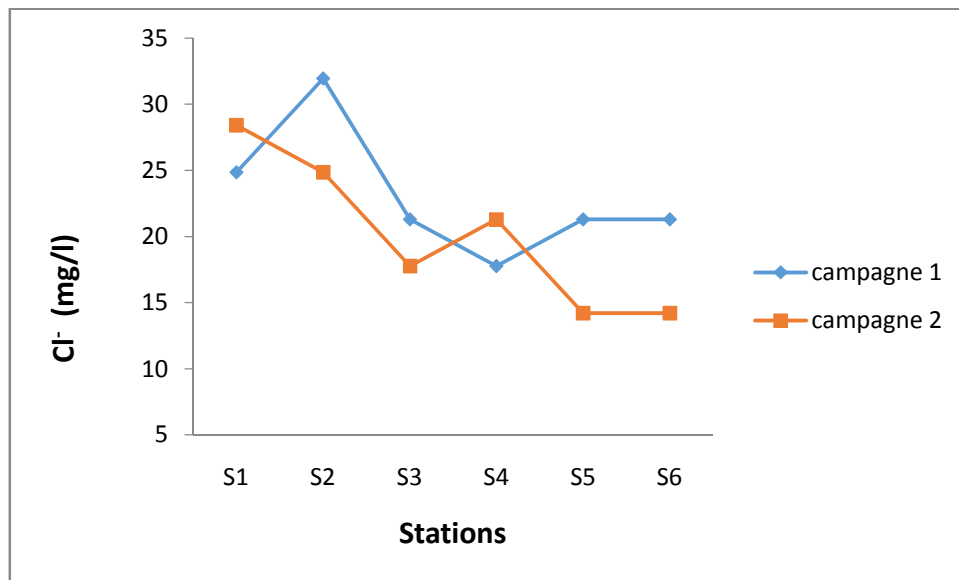


Figure 22 : Variation des Chlorures des stations étudiées

La présence des chlorures dans l'eau peut être attribuée aux eaux d'égouts, à l'écoulement des eaux d'irrigation, aux eaux de lixiviation des déchets et aux terrains traversés qui sont plus ou moins salés. Les teneurs en chlorure enregistrées lors des deux campagnes de prélèvement sont conformes à la norme algérienne qui ne dépasse pas les 500mg/l.

III.2.8 Calcium (Ca^{2+})

Les résultats des analyses des six stations étudiées montrent que les concentrations en Calcium varient entre 32.99 et 40.06 mg/l, avec une moyenne de 36.79 mg/l pour la 1ère campagne, et entre 38.49 et 47.92 mg/l, avec une moyenne de 41.90 mg/l pour la 2ème campagne.

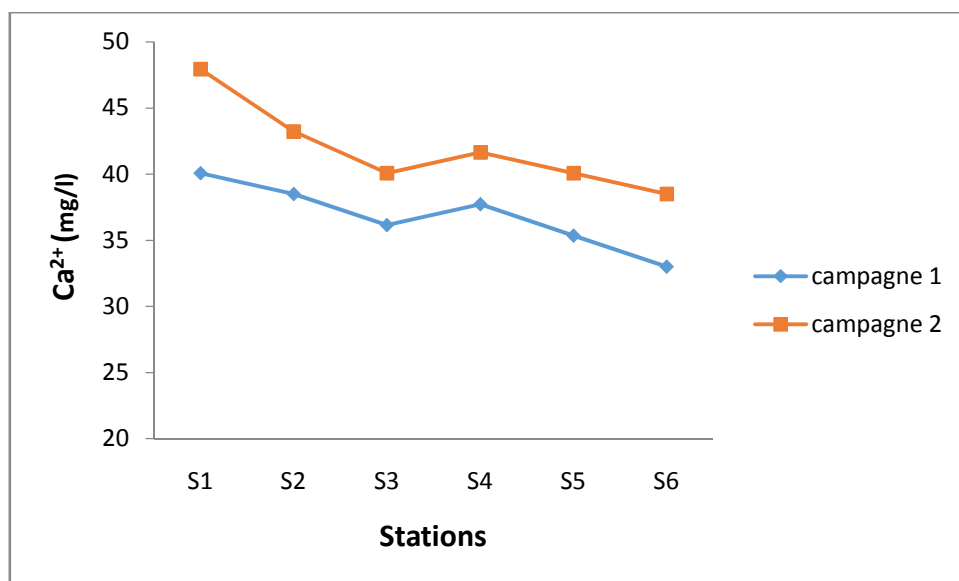


Figure 23 : Variation du calcium des stations étudiées

Le calcium tire son origine des carbonates et du gypse. Les teneurs en calcium enregistrées lors des deux campagnes de prélèvement sont inférieures à la norme algérienne qui est fixée à 200 mg/l.

III.2.9 Magnésium (Mg^{2+})

Les résultats des analyses des six stations étudiées montrent que les concentrations en magnésium varient entre 6.31 et 19.31 mg/l, avec une moyenne de 13.17 mg/l pour la 1^{ère} campagne, et entre 8.65 et 11.50 mg/l, avec une moyenne de 9.99 mg/l pour la 2^{ème} campagne.

Le magnésium est un métal alcalino-terreux, il provient de la nature du sol et des roches traversés (dissolution des dolomies).

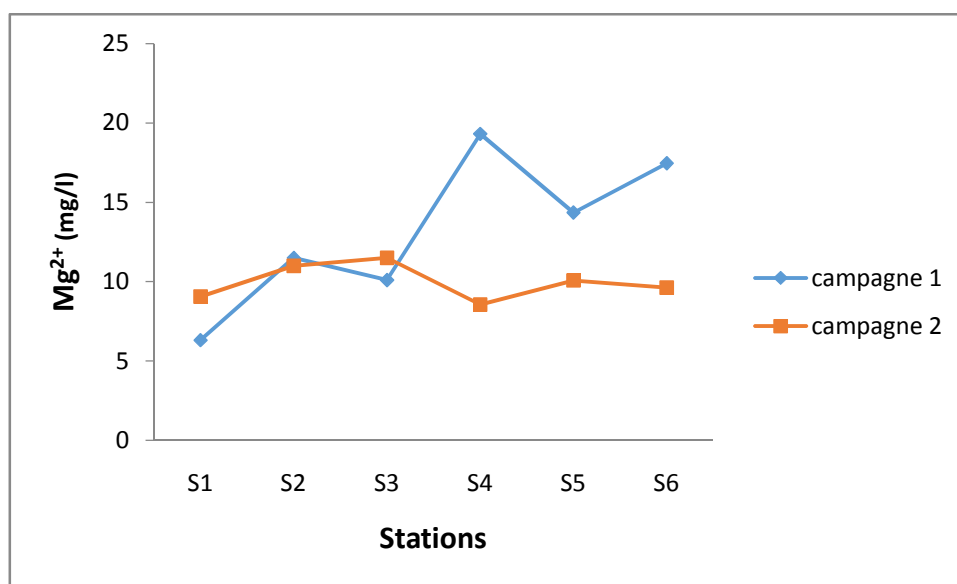


Figure 24 : Variation du magnésium des stations étudiées

Les concentrations de toutes les stations sont conformes à la norme algérienne de potabilité qui est fixée à 150 mg/l.

III.2.10 bicarbonate (HCO_3^-)

Les résultats d'analyse des bicarbonates des deux campagnes sont présentés dans la figure 25, durant la 1^{ère} campagne les bicarbonates varient entre 140.3 et 189.1 mg/l pour les six stations avec une moyenne de 163.28 mg/l, et durant la 2^{ème} campagne elle varie entre 135.2 et 189.1 mg/l, avec une moyenne de 162.84 mg/l.

La présence du bicarbonate dans l'eau est due principalement à la dissolution des formations carbonatées tel que les calcaires et les dolomies.

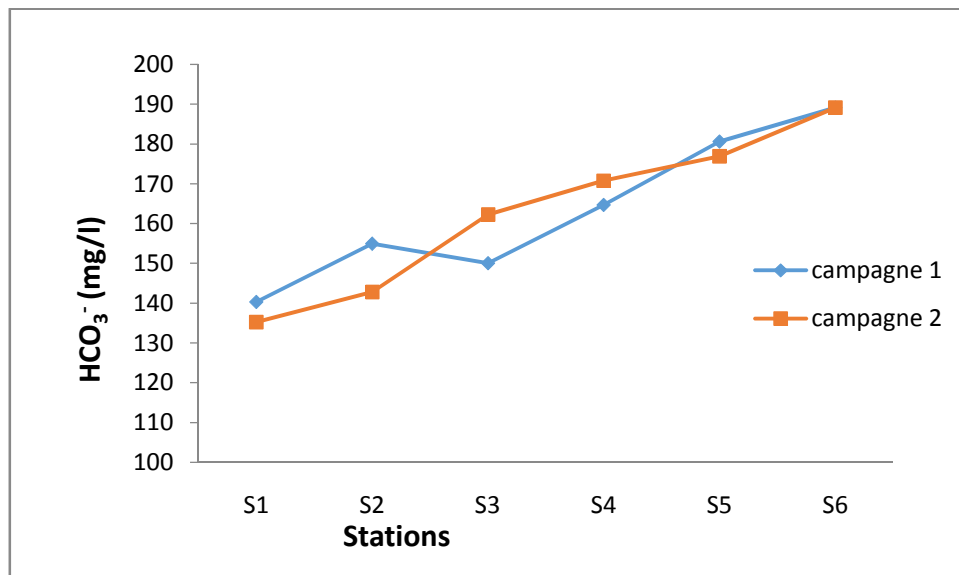


Figure 25 : Variation de bicarbonates (HCO_3^-) des stations étudiées

Les résultats d'analyse pour les différents échantillons d'eaux montrent que les teneurs en bicarbonates HCO_3^- prennent des valeurs qui ne dépassent pas la norme algérienne de potabilité des eaux.

III.2.11 Nitrite (NO_2^-)

La variation des concentrations de nitrite des deux campagnes sont présentés dans la figure 26. Lors de la 1ère campagne les concentrations en nitrite varient entre 0.011 et 0.019 mg/l pour les six stations avec une moyenne de 0.086 mg/l, lors de la 2ème campagne elles varient entre 0.011 et 0.025 mg/l pour les six stations avec une moyenne de 0.016 mg/l.

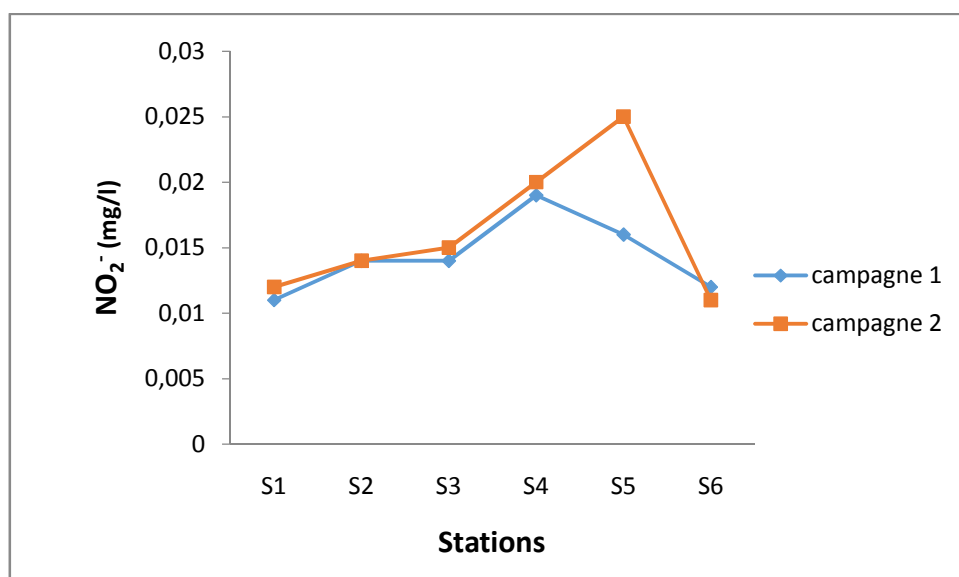


Figure 26 : Variation des nitrites (NO_2^-) des stations étudiées

La présence des nitrites dans les eaux est un signe certain de la pollution. Elle justifie la nécessité d'une analyse chimique et bactériologique approfondi, Leurs présence dans les eaux

naturelles pourraient être dues à une oxydation incomplète de composés azotés (azote organique ou ammoniacal), comme elles pourraient provenir aussi de la réduction des nitrates.

Cependant, dans notre analyse, tous les échantillons d'eau ont une teneur en nitrites presque négligeable vis-à-vis de la norme algérienne de potabilité qui est fixée à 0.2 mg/l.

III.2.12 Nitrate (NO_3^-)

Les résultats des analyses des six stations étudiées montrent que les concentrations en nitrates varient entre 0.21 et 0.55 mg/l, avec une moyenne de 0.35 mg/l pour la 1ère campagne, et entre 0.19 et 0.45 mg/l, avec une moyenne de 0.32 mg/l pour la 2ème campagne.

La présence des nitrates est probablement liée aux engrais utilisés pour l'agriculture et aux rejets urbains jetés dans le cours d'eau sans aucun traitement.

D'après la littérature (CHAPMAN et KIMSTACH, 1996), les nitrates constituent la forme azotée la plus dominante dans les cours d'eau et dans les nappes d'eau souterraine. Ils proviennent généralement de la décomposition de la matière organique par oxydation bactérienne des nitrites et constituent ainsi l'ultime produit de la nitrification.

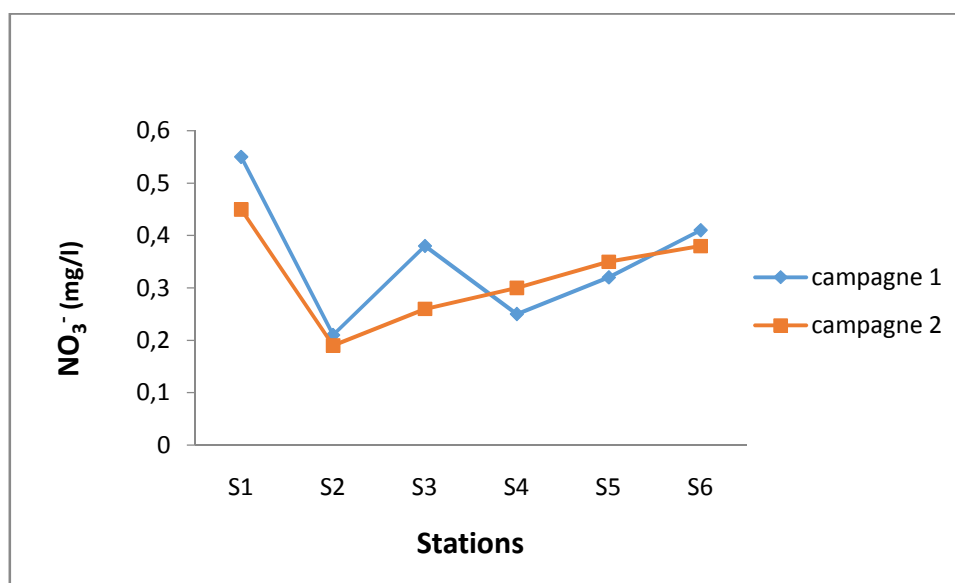


Figure 27 : Variation des nitrates (NO_3^-) des stations étudiées

En milieu naturel, la concentration des nitrates dépasse rarement 0,45 mg/l. Des valeurs supérieures indiquent des rejets d'eaux usées dans les milieux aquatiques superficielles et souterraines, et surtout une utilisation excessive de fertilisants agricoles, (CHAPMAN et KIMSTACH, 1996).

Cependant, dans notre analyse, tous les échantillons d'eau ont une teneur en nitrates presque négligeable vis-à-vis à la norme algérienne de potabilité fixée à 50 mg/l.

III.2.13 Fer (Fe^{2+})

La variation des concentrations des ions ferreux durant les deux campagnes sont présentés dans la figure 28, lors de la 1ère campagne les concentrations en nitrite varient entre 0.002 et 0.006 mg/l pour les six stations avec une moyenne de 0.086 mg/l, lors de la 2ème campagne elles varient entre 0.001 et 0.007 mg/l pour les six stations avec une moyenne de 0.004 mg/l.

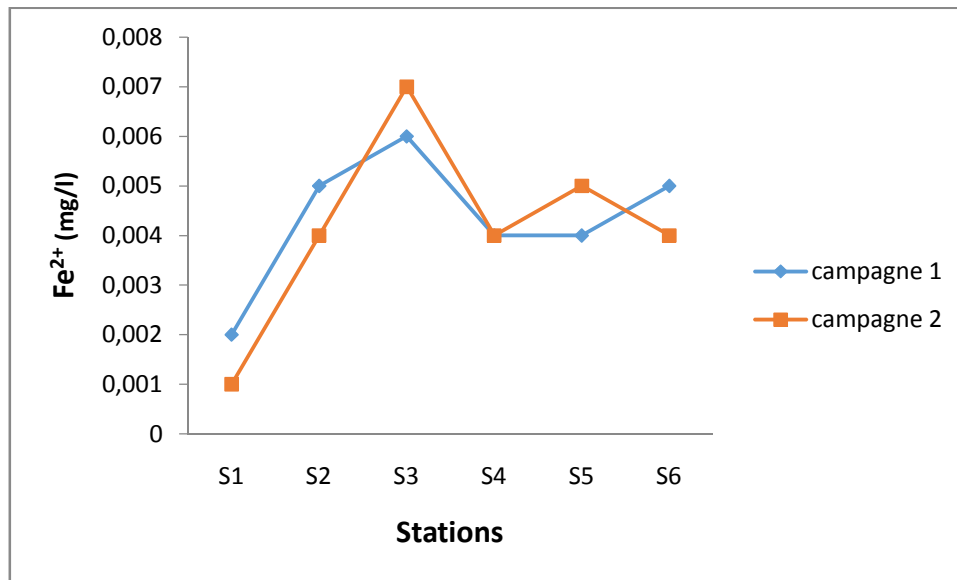


Figure 28 : Variation du fer (Fe^{2+}) des stations étudiées

Les teneurs en Fe^{2+} ne dépassent pas les normes pour les valeurs des deux campagnes.

III.2.14 Sulfate (SO_4^{2-})

Les résultats des analyses des six stations étudiées montrent que les concentrations en nitrates varient entre 128.46 et 143.98 mg/l, avec une moyenne de 137.12 mg/l pour la 1ère campagne, et entre 123.96 et 142.88 mg/l, avec une moyenne de 136.98 mg/l pour la 2ème campagne.

La présence des sulfates dans l'eau est probablement liée aux dépôts sédimentaires riches en évaporites (roches salines), et de la nature gypseuse affleurant dans la région d'étude, comme ils peuvent être dus aussi aux activités agricoles.

Des auteurs tels que (DELISLE et al, (1977) et GREENWOOD et al, (1984), ont étudié les sulfates et ont constaté que les valeurs élevées de ce paramètre peuvent être observées dans les cours d'eau pollués, au niveau des zones de rejets industriels (industrie minière, fonderie, usines de pâtes et papiers, usines de textiles, tanneries...). Ces fortes teneurs peuvent être dues aussi aux activités agricoles.

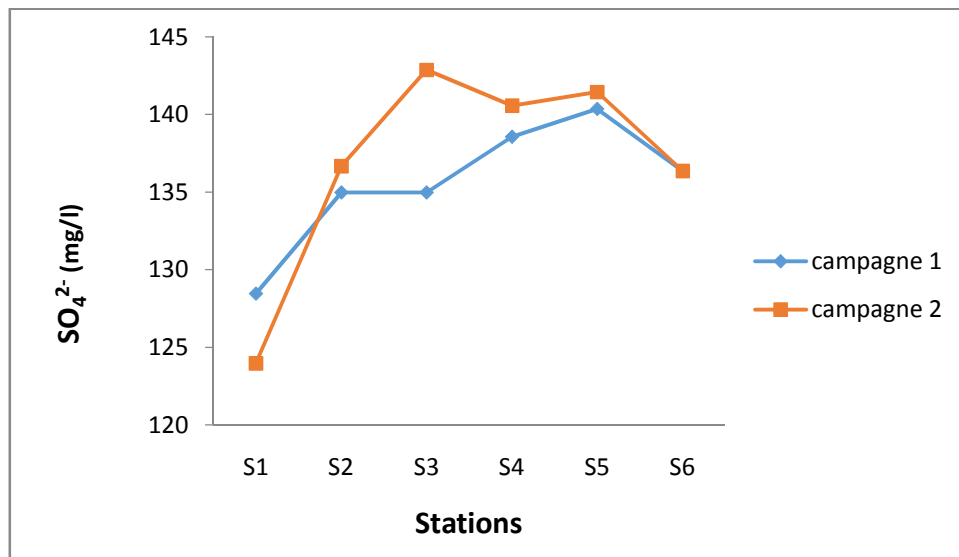


Figure 29 : Variation des sulfates (SO_4^{2-}) des stations étudiées.

Les résultats d'analyse pour les différents échantillons d'eaux montrent que les teneurs en sulfates prennent des valeurs qui ne dépassent pas la norme algérienne de potabilité (400 mg/l).

III.2.15 Ammonium (NH_4^+)

Les résultats d'analyse de l'ammonium des six stations étudiées lors des deux campagnes sont illustrés dans la figure 30, lors de la 1^{ère} campagne, les concentrations en ammonium varient entre 0.054 et 0.11 mg/l pour les six stations avec une moyenne de 0.079 mg/l, lors de la 2^{ème} campagne elles varient entre 0.066 et 0.092 mg/l avec une moyenne de 0.08 mg/l.

La présence de l'ammonium dans l'eau provient principalement du lessivage des terres agricoles ainsi que des eaux usées d'origine municipale.

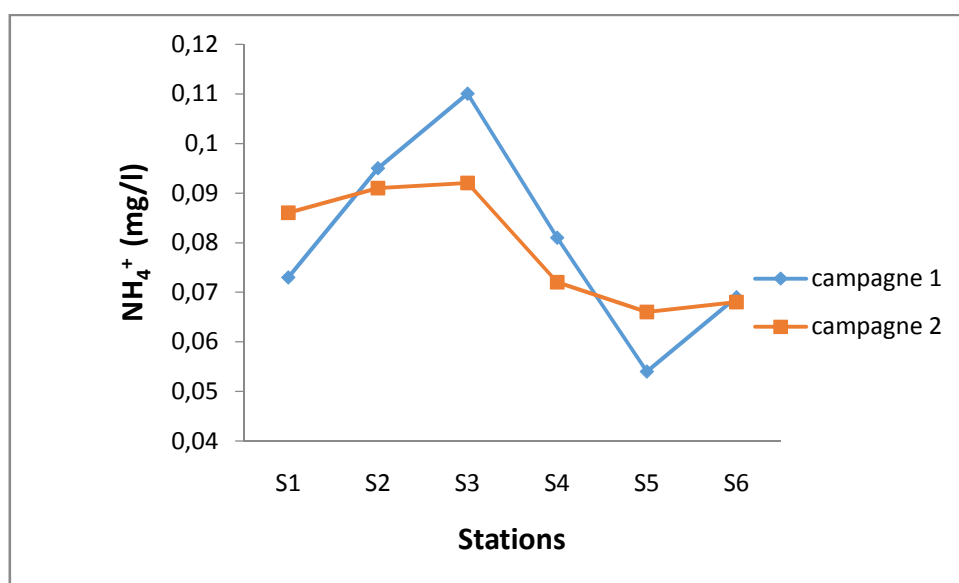


Figure 30 : Variation de l'ammonium (NH_4^+) des stations étudiées.

D'après (J RODIER), l'azote ammoniacal des eaux superficielle peut avoir pour origine : la matière végétale des cours d'eaux, la matière organique animale ou humaine, les rejets industriels, les engrais, etc.

Les valeurs de l'ammonium enregistré lors des deux campagnes correspondent à la norme algérienne de potabilité fixée à 0.5 mg/l.

III.2.16 Résidu sec

Les résultats d'analyse des résidus secs présentés dans la figure 31, montrent que durant la 1^{ère} campagne le taux des résidus secs varie entre 462 et 492 mg/l avec une moyenne de 477 mg/l, durant la 2^{ème} campagne il varie entre 469 et 491 mg/l avec une moyenne de 478 mg/l.

Selon (RODIER et al), le résidu sec est la quantité de la matière solide dans l'eau, autrement dit : la somme des matières en solution et en suspension. Ces dernières profèrent à l'eau sa couleur brunâtre et parfois sombre, ce qui conditionne la pénétration de la lumière dans le milieu et qui influence ainsi la faune et la flore aquatique.

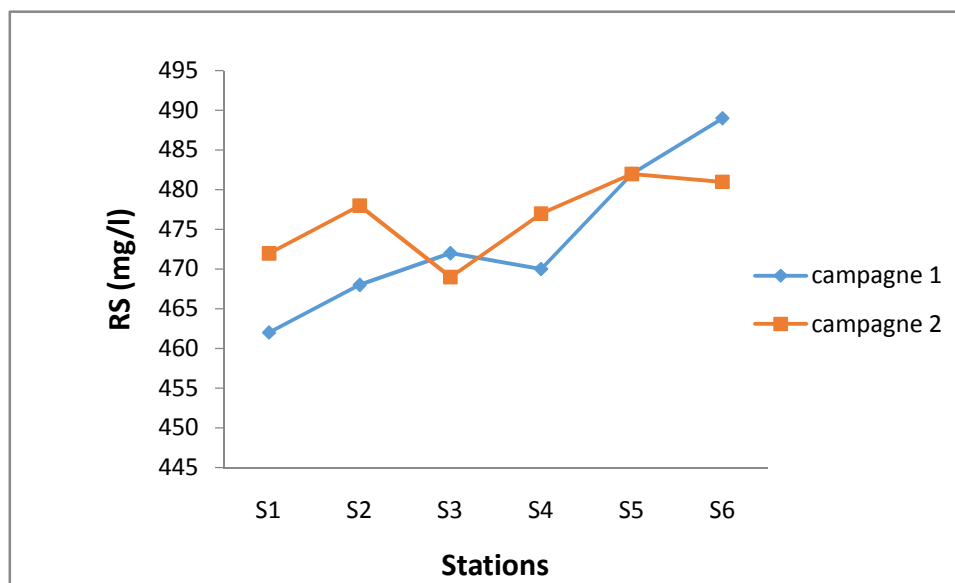


Figure 31 : Variation des résidus secs des stations étudiées.

Les teneurs en résidus secs de nos échantillons, sont dans les normes (1500 mg/l). Ce qui confirme que l'eau ne contient pas de matières minérales dissoutes.

III.3 Discussions des analyses bactériologiques

III.3.1. Résultats des analyses

Les analyses bactériologiques ont été effectuées au niveau du laboratoire du DSP, et consiste à la recherche des Coliformes totaux et fécaux, des Streptocoques fécaux, des Clostridium sulfito-réducteurs et des germes totaux. Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau suivant :

Tableau V :Les résultats des analyses bactériologiques.

Paramètres	Prélèvement d'eau	Normes algériennes
Coliformes Totaux	1400	00
Coliformes fécaux	21	00
Streptocoques fécaux	1400	00
Clostridium sulfito-réducteurs	2	0
Germes Totaux à 37°C	20	10
Germes Totaux à 22°C	18	100

III.3.2. Interprétation et discussion

III.3.2.1. Les Coliformes totaux et fécaux

Les Coliformes totaux parmi lesquels E.coli, représentent approximativement 10% des micro-organismes intestinaux humaines et animaux, sont considérées comme étant un organisme indicateur de pollution.

La réglementation de notre pays exclue impérativement la présence des coliformes fécaux et des coliformes totaux dans 100 ml.

En ce qui concerne l'eau en objet, on constate la présence des coliformes totaux témoignée par l'existence des tubes positifs confirmant l'absence des coliformes fécaux, en particulier Escherichia-Coli. Ceci montre que l'eau de notre rivière ne conforme pas à la norme concernant les coliformes fécaux.

III.3.2.2. Les Streptocoques fécaux

La même exigence pour les coliformes fécaux est portée sur les Streptocoques fécaux, c'est aussi le cas de l'eau étudiée ; on constate la présence des Streptocoques fécaux. Qui n'est pas conforme à la norme algérienne de potabilité.

III.3.2.3. Les Clostridium sulfito- réducteurs

Les Clostridium sulfito- réducteurs sont aussi d'origine fécale, si elles se trouvent normalement dans les matières fécales elles peuvent également vivre et se multiplier dans les milieux naturels. Elles sont souvent recherchées pour vérifier l'autoépuration des sols vis-à-vis de l'eau.

Les Clostridium Sulfito- Réducteurs sont présentes dans l'eau étudiée, ce qui ne correspond pas aux normes algériennes qui excluent sa présence.

III.3.2.4. Les Germes totaux

Le dénombrement des germes totaux est considéré comme un type d'indicateurs beaucoup plus général, vis-à-vis de toute pollution microbiologique ; celui-ci détermine la totalité de la charge bactérienne. La stabilité des dénombrements bactériens est donc un bon signe de protection. Les résultats obtenus sont de 18 germes /ml à 22°C, et 20 germes /ml à 37°C. qui ne conformes pas aux normes prescrites par la réglementation algérienne (≤ 10 germes par ml à 37°C et ≤ 100 germes par ml à 22° C).

III.4 Essais de coagulation-floculation (Jar-test)

III.4.1 Optimisation de la concentration du coagulant et du floculant

III.4.1.1 Optimisation de la concentration du coagulant (sulfate d'aluminium)

Dans ce cas nous avons choisi les conditions de travail suivantes :

- une vitesse d'agitation rapide à 140 tr/min pendant 3 min.
- une vitesse d'agitation lente à 40 tr/min pendant 20 min.
- temps de décantation pendant 10 min.

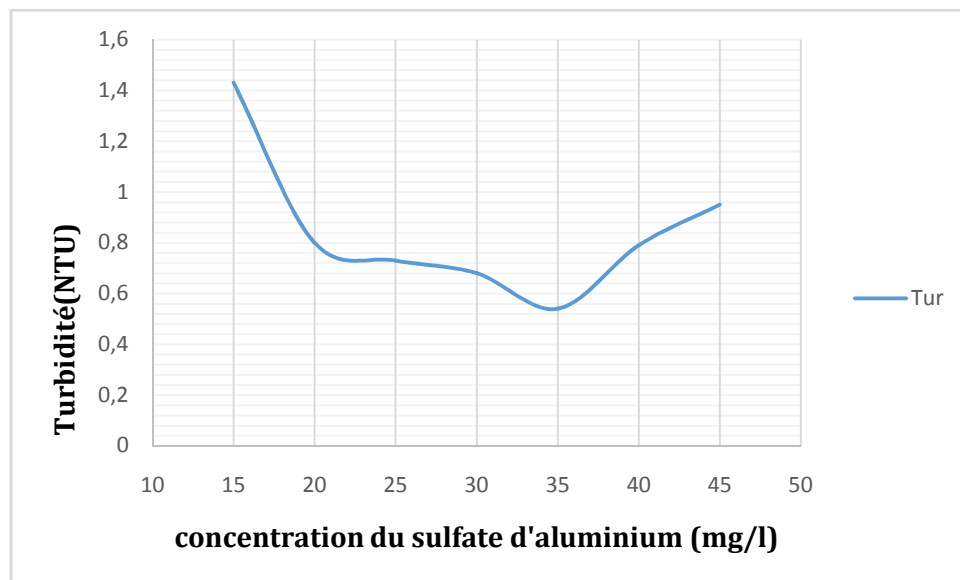


Figure 32 : Variation de la turbidité en fonction du sulfate d'aluminium.

Les résultats de la figure 29 montrent que la turbidité diminue avec l'augmentation de la concentration de sulfate d'aluminium, sa valeur optimale d'après les résultats obtenus est de 35 mg/l pour une turbidité de 0,54 NTU. Cette diminution est due aux particules du coagulant qui déstabilisent les colloïdes négativement chargés présents dans l'eau à traiter. Au-delà de 35 mg/l la turbidité commence à augmenter. Cette augmentation peut être expliquée par la déstabilisation des particules colloïdales, provoquée par le surdosage du coagulant.

Pour la suite de notre travail on a fixé la concentration en sulfate d'aluminium à 35 mg/l.

III.4.1.2 Optimisation de la concentration du flocculant (polymère)

Pour réaliser notre étude on a fixé les paramètres comme ci-dessous :

- une vitesse d'agitation rapide à 140 tr/min pendant 3 min.
- une vitesse d'agitation lente à 40 tr/min pendant 20 min.
- temps de décantation pendant 10 min.

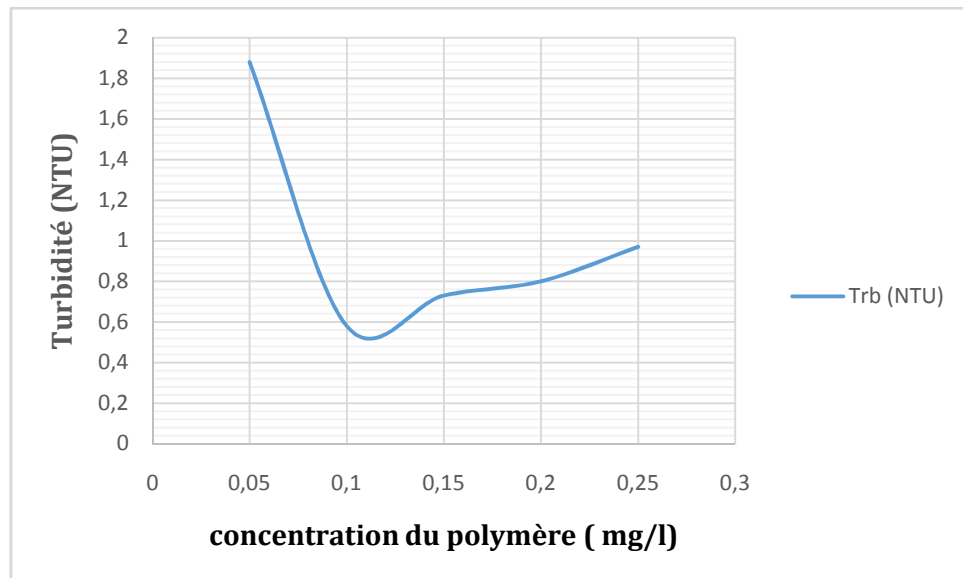


Figure 33 : Variation de la turbidité en fonction du polymère.

Le graphe de la figure 30 montre une diminution rapide de la turbidité de 1,88 NTU à 0,58 NTU qui correspond aux concentrations entre 0,05 et 0,1 mg/l respectivement ; puis elle commence à augmenter au-delà de 0,1 mg/l, pour cela il faut donc éviter la surdose du polymère car il diminue l'efficacité de la floculation.

L'allure de la courbe montre que la valeur optimale de la concentration du polymère de 10 mg/l. Donc les concentrations combinées de coagulant/floculant les plus adéquates pour notre eau peuvent être fixées comme suit : $[Al_2(SO_4)_3, 18 H_2O] = 35$ mg/l et $[Polymère] = 0,1$ mg/l.

III.4.2 Optimisation de la vitesse d'agitation rapide

Dans ce cas de notre étude, nous avons choisi les conditions de travail suivantes :

- une vitesse d'agitation rapide allant de 100 à 170 tr/min pendant 3 min.
- une vitesse d'agitation lente à 40 tr/min pendant 20 min.
- temps de décantation pendant 10 min.

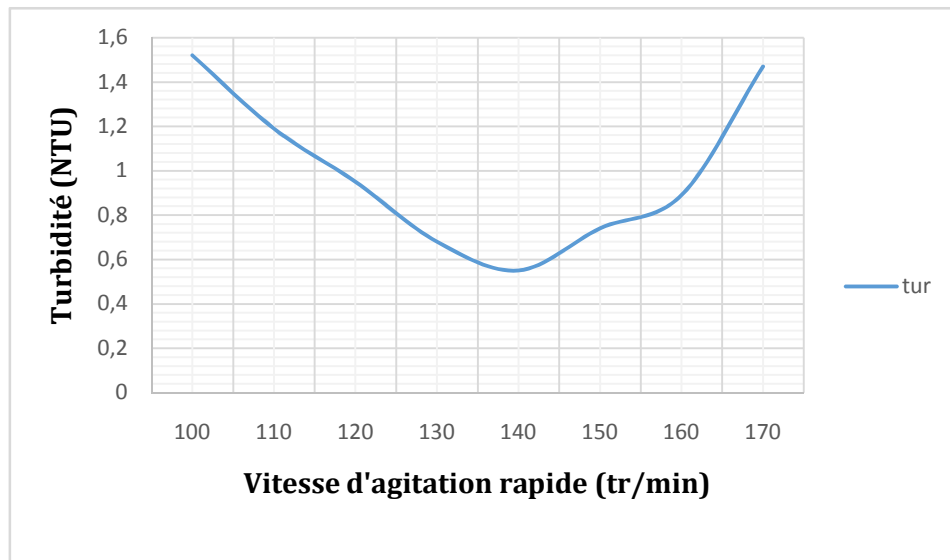


Figure 34 : Variation de la turbidité en fonction de la vitesse d'agitation rapide.

D'après la figure 31 nous remarquons que la turbidité diminue avec l'augmentation de la vitesse d'agitation jusqu'à ce qu'elle atteigne les 140 tr/min pour une turbidité de 0,55 NTU, puis elle augmente jusqu'à 1,47 NTU pour une vitesse de 170 tr/min, ceci peut être expliquée par la destruction des floccs formés qui nous indique que la vitesse d'agitation est trop forte.

Pour la suite de notre travail nous avons fixé la vitesse d'agitation rapide à 140 tr/min.

III.4.3 Optimisation de la vitesse d'agitation lente

Pour réaliser notre étude on a fixé les paramètres comme ci-dessous :

- une vitesse d'agitation rapide à 140 tr/min pendant 3 min.
- une vitesse d'agitation lente allant de 35 à 50 tr/min pendant 20 min.
- temps de décantation pendant 10 min.

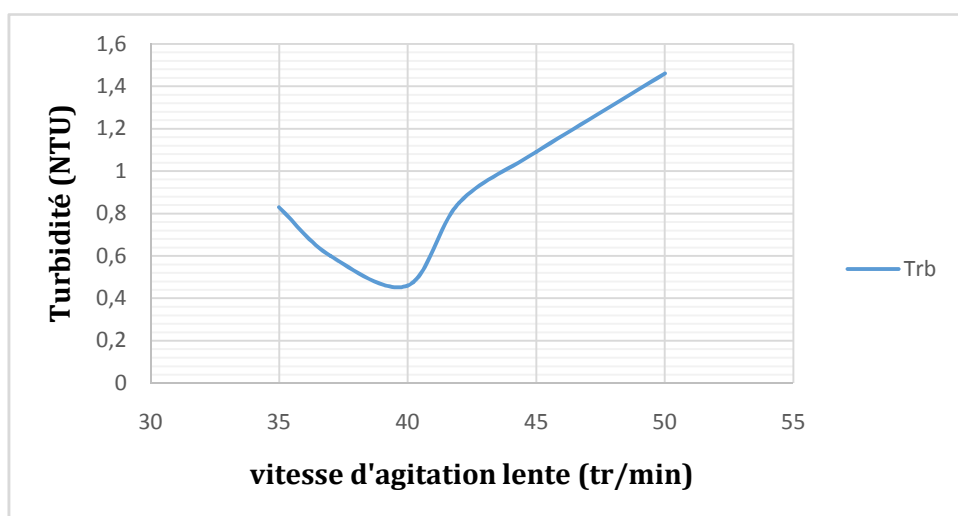


Figure 35 : Variation de la turbidité en fonction de la vitesse d'agitation lente.

Les résultats de la figure 32 montrent que la turbidité diminue avec l'augmentation de la vitesse d'agitation lente, sa valeur optimale d'après les résultats obtenus est de 40 tr/min pour une turbidité de 0.46 NTU, puis elle augmente rapidement jusqu'elle atteint les 1.46 NTU pour une vitesse de 50 tr/min.

Pour la suite de notre travail Nous avons pris la valeur de la vitesse optimale de 40 tr/min afin de permettre aux floes formées lors de l'étape de coagulation d'accroître leurs volumes et d'éviter leurs destructions.

III.4.4 Optimisation du temps d'agitation lente

Dans ce cas nous avons choisi les conditions de travail suivantes :

- une vitesse d'agitation rapide à 140 tr/min pendant 3 min.
- une vitesse d'agitation lente à 40 tr/min, avec un temps d'agitation allant de 11 à 23 min.
- temps de décantation pendant 10 min.

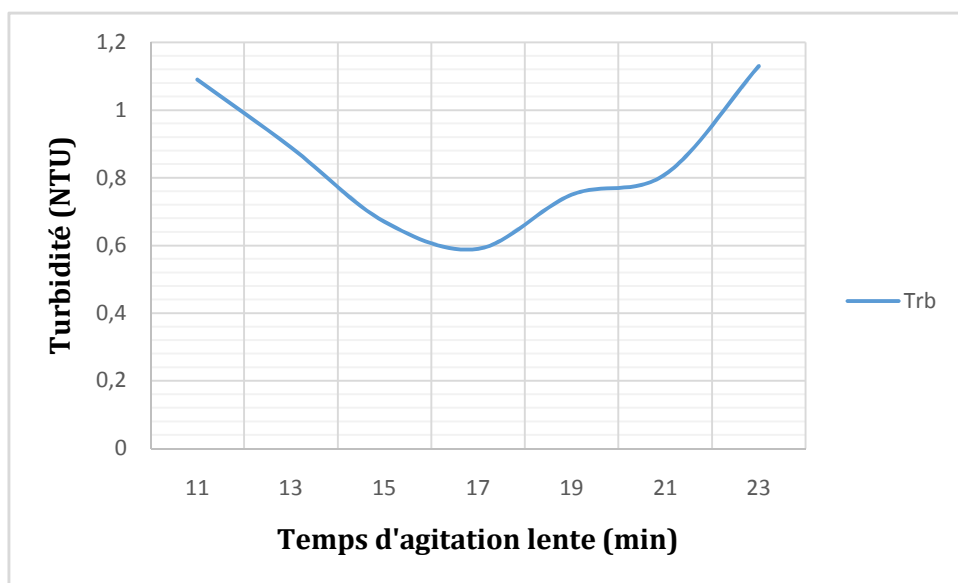


Figure 36 : Variation de la turbidité en fonction de temps d'agitation lente.

Le graphe de la figure 33 montre une diminution de la turbidité de 1.09 NTU jusqu'à 0.59NTU pour un temps d'agitation de 11min jusqu'à 17 min, puis elle commence à augmenter jusqu'à une valeur de 1.13 NTU. Pour la suite de notre travail nous avons fixé le temps d'agitation de l'étape lente à 17 min qui a donné une turbidité de 0.59 NTU dans nos essais.

III.4.5 Optimisation du temps de décantation

Dans ce cas nous avons choisi les conditions de travail suivantes :

- une vitesse d'agitation rapide à 140 tr/min pendant 3 min.
- une vitesse d'agitation lente à 40 tr/min pendant 17 min.
- temps de décantation allant de 5 à 45 min.

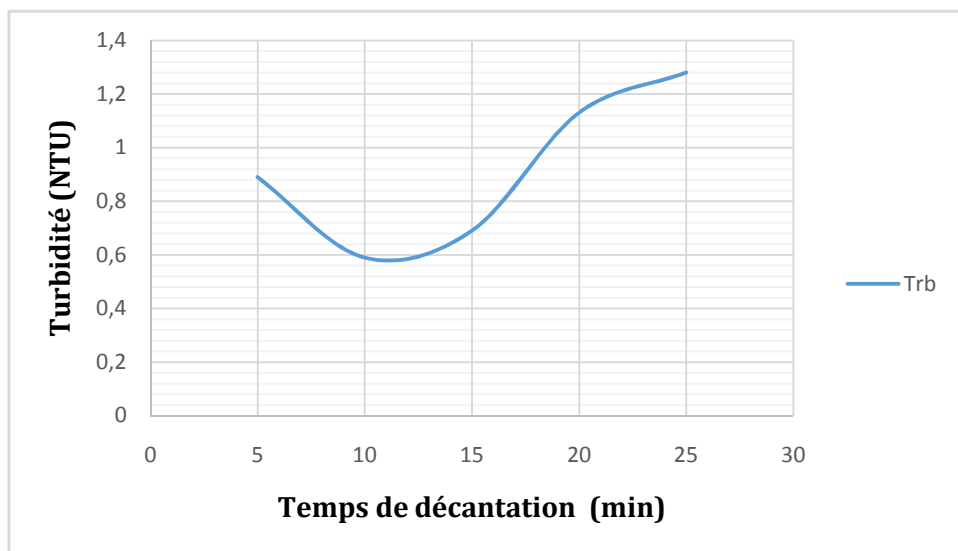


Figure 37: Variation de la turbidité en fonction de temps de décantation.

Les résultats de la figure 34 montrent que la turbidité diminue avec l'augmentation du temps de décantation, sa valeur optimale d'après les résultats obtenus est de 10 min pour une turbidité de 0.59NTU, puis elle augmente jusqu'elle atteint les 1.28 NTU.

Conclusion

Conclusion

L'eau est un élément naturel indispensable à la vie. C'est une richesse nécessaire à toute activité humaine, pour cela il doit être préservé et protégé.

L'étude menée au cours de ce modeste travail a pour but d'évaluer la qualité physico-chimique des eaux de la rivière de BOULEZAZENE située au niveau de la daïra de Souk ElTenine wilaya de BEJAIA.

Du point de vue organoleptiques, les échantillons prélevés sont clairs ne présentent ni odeur, ni saveur désagréable.

Du point de vue physico-chimique, l'ensemble des résultats obtenus ont révélé :

- une température inférieure à 25°C qui est saisonnière, influencée par la température de l'air.
- un pH faiblement alcalin entre 7.4 à 7.9 ;
- une moyenne de 706 $\mu\text{s/cm}$ pour la conductivité électrique, traduisant une minéralisation moyenne accentuée.
- Une dureté de l'ordre de 14 °f (140mg/l) ; donc on peut la considérer comme une eau douce.
- Les teneurs en nitrites et en nitrates, des eaux de la rivière traduisent une eau de qualité très bonne.
- les teneurs en ammonium profèrent une eau de qualité très bonne qui explique un nouvel arrivage de certaine matière polluée dans le barrage.
- Des teneurs en Cl⁻, SO₄⁻ traduisant une faible salinité.
- Un taux d'oxygène dissous faible qui désigne une eau faiblement oxygénée.

Du point de vue bactériologique les analyses microbiologiques ont indiquées la présence de contamination fécale. Ce qui pourrait provenir de matières fécales animales, ou de déversements d'eaux usées urbains.

Au total, l'eau brute de notre rivière est de qualité physico-chimique acceptable car les résultats des analyses sont conformes aux normes algériennes de potabilité. Par contre, une qualité bactériologique mauvaise.

AMINOT A et CHAUSSEPIED M, (1983). Manuel des analyses chimiques en milieu marin, Ed CNEXO.

AOUBED A, (2007). Les différents procédés des traitements des eaux, l'université BLIDA.

BEAUDRY Jean-Paul, (1984). Traitement des eaux, Ed. Le Griffon d'argile INC, Canada.

BECHAC J, BOUTIN P, MERCIER B, NUER P, (1984). Traitements des eaux usées. Edition Eyrolles, Paris.

BECHAC. J, BOUTIN. P (1988), Traitements des eaux usées, Eyrolles, Paris.

BERNARD C, (2007). Introduction à l'étude de la médecine expérimentale, édition BiblioBazaar, Paris.

BERNE F, JEAN C, (1991). Traitement des eaux, Ed TECHNIP, PARIS.

BLIEFRT C, PERRAUD R, (2008). Chimie de l'environnement : air, eau, sols, déchets, 2^e édition, de boeck, PARIS.

BOEGLIN Jean-claude, (2001). Propriétés des eaux naturelles. Technique de L'ingénieur, traité environnement.

CARDOT C, (2001). Technique appliquées au traitement de l'eau, Edition ellipses.

CHAPMAN D, 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 & FN Spon, London.

DEGREEMENT, (2005). Mémento technique de l'eau, Lavoisier-Lexique technique de l'eau. Tome 1, Paris.

DEGREMONT, (1989). Mémento technique de l'eau, Technique et documentation, tome 1, Edition du cinquantenaire.

DELISLE C.E., SCHMIDT J.W. (1977). The effects of sulphur on water and aquatic life in Canada. In: Sulphur and its inorganic derivatives in the Canadian environment. Ottawa, Ontario, National Research Council of Canada (NRCC No. 15015).

DESJARDINS R, (1997). Le traitement des eaux, 2^{ème} édition revue et enrichie.

DJABRI L, (1996). Mécanismes de la pollution vulnérabilité des eaux de la Seybouse. Origine géologiques, industrielles, agricoles et urbaines. Thèse de doctorat d'état, université d'Annaba, Algérie.

GAUJOUS D, (1995). La pollution des milieux aquatiques : Aide-mémoire 2ème édition Lavoisier, Edité par TECHNIQUE & DOC.

GREENWOOD N.N., EARNSHAW A. (1984). Chemistry of the elements. Oxford, Pergamon Press.

HADE A, (2002).Nos Lacs : Les connaître pour mieux les protéger, Éditions FIDES.

ISO 6058 -1984 (F).Qualité de l'eau – Dosage du calcium – Méthode titrimétrique à l'EDTA.

ISO 6059. Qualité de l'eau- Dosage de la somme du calcium et magnésium par la méthode titrimétrique à l'EDTA.

ISO 6332. Qualité de l'eau, dosage du fer, méthode spectrométrique à la phénantroline-1,10.

ISO 6777 NA 1657. Dosage des nitrites-méthodes par spectrométrie d'absorption moléculaire.

ISO 7150/1. Qualité de l'eau- dosage de l'ammonium-méthode spectrométrique manuelle.

JORA, (2014). Paramètres de qualité de l'eau de consommation humaine.

MARCEL D, (1993). Chimie des oxydants et traitement des eaux, Éditeur Tec & Doc.

MARSILY G, (1995). L'eau. Editeur FLAMMARION.

MIZI Abdelkader, (2006). Traitement des eaux de rejets d'une raffinerie des corps gras région de Bejaia et valorisation de déchets oléicoles. Thèse de doctorat d'état, université d'Annaba, Algérie.

NF T 90-036. Détermination de l'alcalinité (titre alcalimétrique et titre alcalimétrique complet). Juillet 1997.

Norme AFNOR T90-012.

Norme NA 6945. Détermination des résidus secs, du résidu calciné et du résidu sulfaté.

OLIVIER J, PIERRE C, MyriamSaadé, Shanna Shaked,(2010).Analyse du cycle de vie : Comprendre et réaliser un écobilan, 2e édition revue et augmentée, Editeur : PPUR.

PHILIPPO P, POMMERY J, THOMAS P, (1981). Evolution d'une eau de surface au cours des traitements de potabilisation ; comportement des espèces métalliques au contact des matières humiques, J.fr.Hydrobiol.

PINHEIRO A, CAUSSADE B, (1997). Fresh water Contamination (Proceedings of Rabat Symposium S4, April-May 1997). Simulation de la pollution diffuse dans des bassins versants agricoles.

RAMADE F, (1984). Eléments d'écologie. Ecologie fondamentale, Mac-Graw-Hill, Paris.

RODIER J et Coll, (2005). L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer, Ed. DUNOD, 9ème Edition, Paris, France.

RODIER J,(1996). L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer, Ed. DUNOD, 8ème Edition, Paris, France.

RODIER J, (1997). L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer, Ed. DUNOD, 8ème Edition, Paris, France.

RONALAD V, (2003). Eau, Environnement et Santé Publique, 2ème édition, Ed TEC&DOC, PARIS.

SEGHIRI R, (1996). Elimination des substances humiques extraites de l'eau de la retenue de Hammam-Ghrouz par coagulation-floculation avec le fer ferrique et les sels d'aluminium, Thèse de Magister, université de Constantine.

TARDY Y, (1986). Le cycle de l'eau : climats, paléoclimats et géochimie globale, Masson Paris.

VALIRON F, (1989). Gestion des Eaux : alimentation en eau. Assainissement, Presses de l'école Nationale des ponts et chaussées, Paris.

VIALA Alain, BOTTA Alain, (2005). Toxicologie. 2^{ème} édition, Lavoisier TEC et DOC.

XAVIER L, (2009). Guide pratique des stations de traitement des eaux, EYROLLES.

Site internet

SITE INTERNET 1.

http://users.skynet.be/fa346009/doc_animations/atome_molecule.html(Consulté le 28/04/2018).

SITE INTERNET 2.

<http://www.ecosociosystemes.fr/eauphyschim.html> (Consulté le 28/04/2018).

SITE INTERNET 3.

http://www.ecosociosystemes.fr/cycle_eau.html(Consulté le 26/03/2018 à 11h54).

SITE INTERNET 4.

<http://www.ecosociosystemes.fr/eauphyschim.html>(consulté le 28/04/2018).

MICROSOFT ENCARTA,2007.

Annexe I

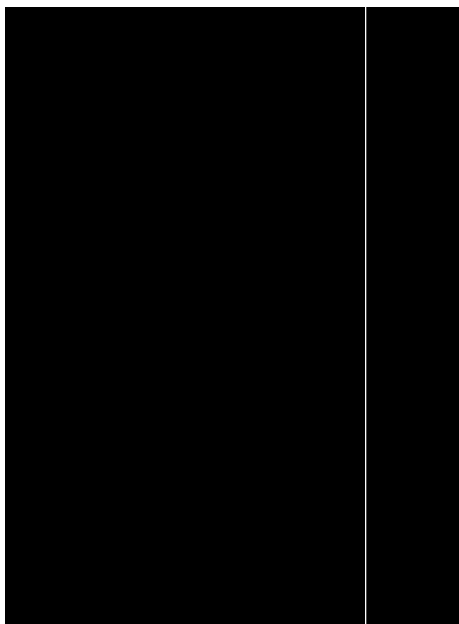
Matériels utilisés



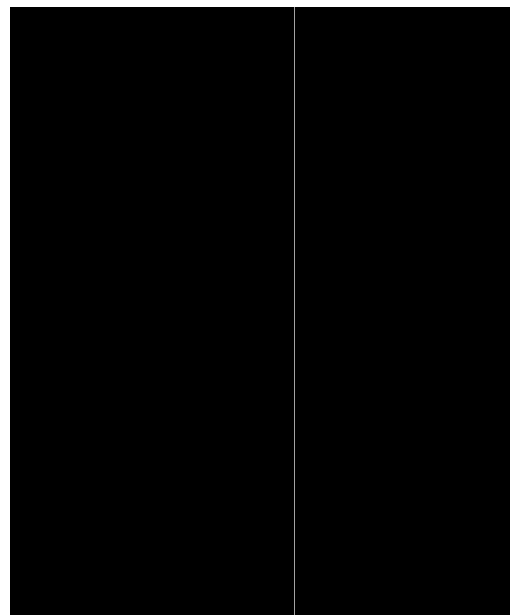
Flacon 1L



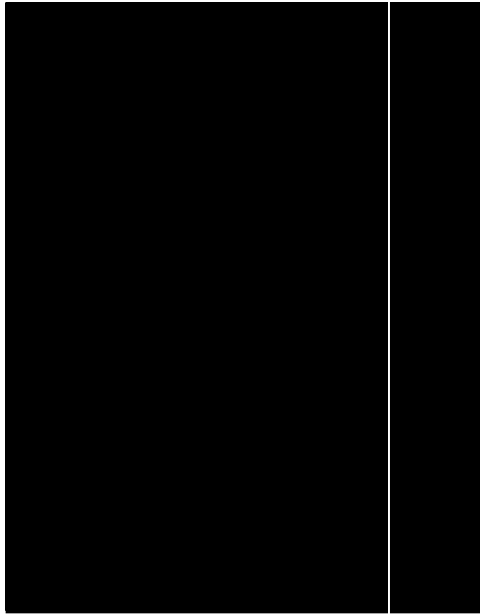
GPS



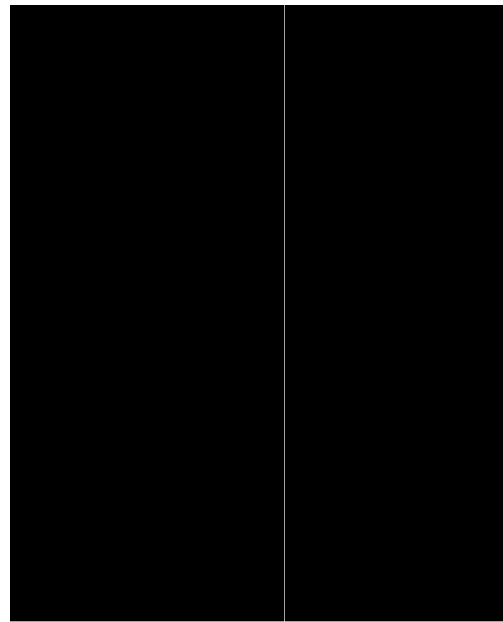
Balance électronique



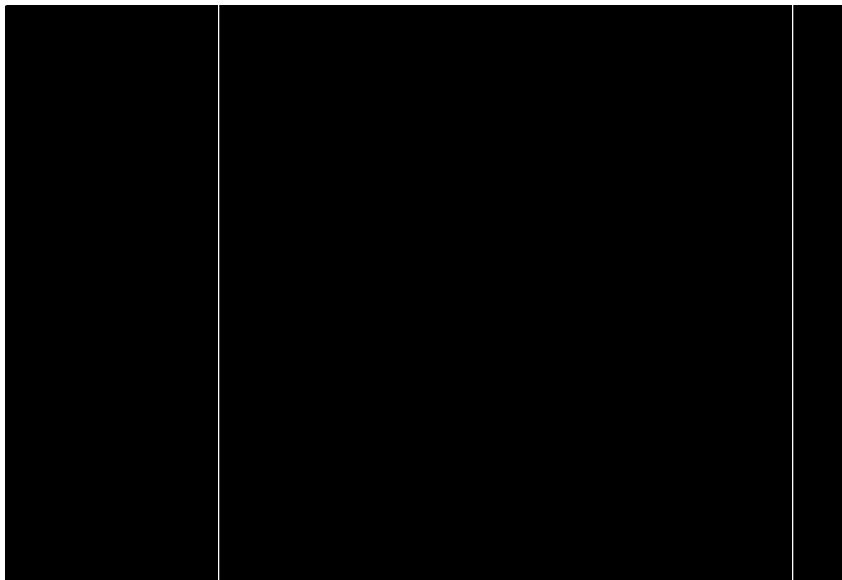
dessiccateur



Etuve



Spectrophotomètre UV-Visible



Appareil Jar-test

Annexe II

Solutions utilisées lors de l'analyse

➤ Détermination des chlorures

Solution de nitrate d'argent à 0,1 N :

- AgNO₃.....16,987 g.
- H₂O distillée.....q.s.p 1000 ml.

Solution de chromate de potassium à 10 % :

- K₂CrO₄.....10g.
- H₂O distillée.....q.s.p 100ml.

➤ Détermination de la dureté

Solution d'E.D.T.A N/50 (C₁₀H₁₄N₂Na₂O₈·2H₂O) : (0,02N ou 0,01M)

- EDTA 3,725 g. après déshydratation à 80°C pendant 2 h.
- H₂O distillée q.s.p 1000 ml.

Solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) 2 N :

- NaOH (pastilles) 80 g.
- H₂O distillée..... q.s.p 1000 ml.

Solution d'hydroxyde d'ammonium (NH₄OH) pH = 10,1:

- Chlorure d'ammonium 67,5g.
- NH₄OH (25%)..... 570ml
- HCl concentré PH = 10,1
- H₂O distillée.....q.s.p 1000 ml.

Préparation du NET :

- NET1g.
- Chlorure de sodium NaCl.....100g.

Préparation du murexide :

- Murexide0.2g.
- Chlorure de sodium NaCl.....100g.

➤ **Détermination du TA et TAC**

Solution d'acide Chlorhydrique à 1 N :

- HCl pur8.6ml.
- H₂O distillée.....q.s.p 100ml.

Solution d'acide Chlorhydrique à 0.02 N :

- Solution d'HCl à 1N.....10ml.
- H₂O distillée.....q.s.p 500ml.

Solution de phénolphtaléine à 0.5% :

- Phénophtaléine.....5g.
- Alcool éthylique.....500ml.
- H₂O distillée.....q.s.p 500ml.

solution de méthylorange à 0.5% :

- Méthylorange0.5g.
- H₂O distillée.....q.s.p 100ml.

➤ **Détermination des nitrites**

Réactif mixte :

- Sulfanilamide40g.
- Acide phosphorique100g.
- N-1-Naphtyl ethylene diamine.....2g.
- H₂O distillée.....q.s.p 1000ml.

➤ **Détermination des nitrates**

Solution de salicylate de sodium à 0.5 % :

- salicylate de sodium.....0.5g.
- H₂O distillée.....q.s.p 1000ml.

Solution d'hydroxyde de sodium 30 % :

- Solution d'hydroxyde de sodium NaOH.....30g.
- H₂O distillée.....q.s.p 1000ml.

Tartrate double de sodium et de potassium :

- Hydroxyde de sodium NaOH.....400 g.
- Tartrate de sodium et de potassium 60 g.
- Eau distillée.....q.s.p 1000 ml.

➤ **Détermination du fer**

Tampon Acétate :

- Acétate d'ammonium40g.
- Acide acétique cristallisable.....50ml.
- H₂O distillée.....q.s.p100 ml.

Chlorhydrate d'hydroxylamine à 10 %:

(Cette solution est stable pendant une semaine)

- Chlorhydrate d'hydroxylamine.....10g.
- H₂O distillée.....q.s.p 100ml.

Solution de Phénantroline -1,10 :

(Cette solution est stable pendant une semaine. Conserver dans un flacon teinté et au réfrigérateur)

- Phénantroline.....0.42g.
- H₂O distillée.....q.p.s100ml.

➤ **Détermination des sulfates**

Solution stabilisante :

- Acide chlorhydrique(c) 60 ml.
- Ethanol..... 200 ml.
- Chloruredesodium..... 150 g.
- Glycérol..... 100 ml.
- H₂O distillée.....q.s.p1000 ml.

Solution de chlorure de baryum :

- Chlorure de baryum 150 g.
- Acidechlorhydrique5 ml.
- H₂O distilléeq.s.p 1000 ml.

➤ **Détermination de l'azote ammoniacal**

Réactif I:

- Acidedichloroisocyanurique..... 2g.
- Hydroxyde de sodium (NaOH)..... 32g.
- H₂O distillée.....q.s.p1000ml.

Réactif II (coloré) :

- Tricitratedesodium.....130g.
- Salicylatedesodium.....130g.
- Nitropruciate de sodium.....0.97 g.
- H₂O distilléeq.s.p1000 ml.

Annexe III

Tableaux des résultats d'analyse

- Variation de la température de l'eau des stations étudiées en (°C).

	S1	S2	S3	S4	S5	S6
campagne 1	16,7	16,6	17,2	17,2	17,5	18,1
campagne 2	17,6	17,6	19,5	19,7	19,7	20,1

- Variation du pH de l'eau des stations étudiées.

	S1	S2	S3	S4	S5	S6
campagne 1	7,495	7,849	7,816	7,18	7,153	7,717
campagne 2	7,895	7,649	7,316	7,918	7,153	7,517

- Evolution de la conductivité de l'eau des stations étudiées ($\mu\text{s}/\text{cm}$).

	S1	S2	S3	S4	S5	S6
campagne 1	540	706	600	597	587	598
campagne 2	590	606	500	627	487	548

- Variation de l'Oxygène dissous de l'eau des stations étudiées en (mg/l).

	S1	S2	S3	S4	S5	S6
campagne 1	0,35	0,36	0,47	0,41	0,38	0,43
campagne2	0,36	0,32	0,34	0,39	0,42	0,46

- Variation de la turbidité de l'eau des stations étudiées (NTU).

	S1	S2	S3	S4	S5	S6
campagne 1	1,5	1,64	1,85	1,97	2,46	2,54
campagne 2	1,4	1,54	1,65	1,74	2,38	2,44

- Variation des Matières en suspensions de l'eau des stations étudiées (mg/l).

	S1	S2	S3	S4	S5	S6
campagne 1	12	4	8	7	9	6
campagne 2	10	6	7	6	7	5

➤ Variation des Chlorures des stations étudiées en (mg/l).

	S1	S2	S3	S4	S5	S6
campagne 1	24,85	31,95	21,3	17,75	21,3	21,3
campagne 2	28,4	24,85	17,75	21,3	14,2	14,2

➤ Variation du calcium des stations étudiées en (mg/l).

	S1	S2	S3	S4	S5	S6
campagne 1	40,06	38,49	36,14	37,71	35,35	32,99
campagne 2	47,92	43,21	40,06	41,64	40,06	38,49

➤ Variation du magnésium des stations étudiées en (mg/l).

	S1	S2	S3	S4	S5	S6
campagne 1	6,31	11,5	10,1	19,31	14,35	17,46
campagne 2	9,07	10,99	11,5	8,56	10,08	9,62

➤ Variation de bicarbonates (HCO_3^-) des stations étudiées en (mg/l).

	S1	S2	S3	S4	S5	S6
campagne 1	140,3	154,94	150,06	164,7	180,56	189,1
campagne 2	135,2	142,75	162,26	170,8	176,9	189,1

➤ Variation des nitrites (NO_2^-) des stations étudiées en (mg/l).

	S1	S2	S3	S4	S5	S6
campagne 1	0,011	0,014	0,014	0,019	0,016	0,012
campagne 2	0,012	0,014	0,015	0,02	0,025	0,011

➤ Variation des nitrates (NO_3^-) des stations étudiées en (mg/l).

	S1	S2	S3	S4	S5	S6
campagne 1	0,55	0,21	0,38	0,25	0,32	0,41
campagne 2	0,45	0,19	0,26	0,3	0,35	0,38

➤ Variation du fer (Fe^{2+}) des stations étudiées en (mg/l).

	S1	S2	S3	S4	S5	S6
campagne 1	0,002	0,005	0,006	0,004	0,004	0,005
campagne 2	0,001	0,004	0,007	0,004	0,005	0,004

➤ Variation des sulfates (SO_4^{2-}) des stations étudiées en (mg/l).

	S1	S2	S3	S4	S5	S6
campagne 1	128,46	134,98	134,98	138,56	140,36	136,35
campagne 2	123,96	136,66	142,88	140,56	141,46	136,35

➤ Variation de l'ammonium (NH_4^+) des stations étudiées en (mg/l).

	S1	S2	S3	S4	S5	S6
campagne 1	0,073	0,095	0,11	0,081	0,054	0,069
campagne 2	0,086	0,091	0,092	0,072	0,066	0,068

➤ Variation des résidus secs des stations étudiées en (mg/l).

	S1	S2	S3	S4	S5	S6
campagne 1	462	468	472	470	482	489
campagne 2	472	478	469	477	482	481

Annexe IV

Tableaux des résultats des essais de Jar-test

- Optimisation de la concentration du coagulant (sulfate d'aluminium)

C (mg/l)	15	20	25	30	35	40	45
Trb (NTU)	1.43	0.80	0.73	0.68	0.54	0.79	0.95

- Optimisation de la concentration du floculant

C (mg/l)	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25
Trb (NTU)	1.88	0.58	0.73	0.80	0.97

- Optimisation de la vitesse d'agitation rapide

V ₁ (tr/min)	100	110	120	130	140	150	160	170
Trb (NTU)	1.52	1.19	0.95	0.68	0.55	0.74	0.89	1.47

- Optimisation de la vitesse d'agitation lente

V ₂ (tr/min)	35	37	40	42	45	50
Trb (NTU)	0.83	0.60	0.46	0.85	1.09	1.46

- Optimisation du temps d'agitation lente

T ₂ (min)	11	13	15	17	19	21	23
Trb (NTU)	1.09	0.89	0.67	0.59	0.75	0.81	1.13

- Optimisation du temps de décantation

T ₃ (min)	5	10	15	20	25	30	35	40	45
Trb (NTU)	0.89	0.59	0.69	1.13	1.28	0.58	0.94	1.04	1.38

Annexe V

Tableau I : Mode de conservation des prélèvements

Paramètre analysé	Réceptient	Conservateur à utiliser	Volume Minimum du prélèvement (ml)	Température de conservation (°C)	Effectuer la mesure avant
pH	P ou V	Mesure in situ de préférence	500	4	24h (obsc)
Conductivité	P ou V	Mesure in situ de préférence	100	4	24h (obsc)
Turbidité	P ou V	/	100	4	24h (obsc)
Dureté	P ou V	Acide nitrique	100	4	1 mois
Calcium	V	Acide nitrique	8000	4	Plusieurs mois
alcalinité	P ou V _b	/	200	4	24h (obsc)
Chlorures	P ou V	/	100	/	15jours
MES	P ou V	/	1000	4	6h (obsc)
Oxygène dissous	V _b	Mesure in situ de préférence	300	4	24h (obsc)
nitrites	P ou V	/	/	4	48h (obsc)
nitrates	P ou V	/	/	4	48h (obsc)
sulfates	P ou V	/	200	4	7 jours
Ammonium	P ou V	/	/	4	48h (obsc)
Résidu sec	P ou V	/	500	4	7 jours

Tableau II :normes algériennes de potabilité (JORA 2014).

Paramètres	Unité	N.A
pH	//	6.5-9
Conductivité à 25°C	µs/cm	2800
Température	°C	25
Turbidité	NTU	5
Oxygène dissous	mg/l	//
Résidu sec à 150°C	mg/l	1500
Ammonium (NH ₄ ⁺)	mg/l	0.5
Nitrites (NO ₂ ⁻)	mg/l	0.2
Nitrates (NO ₃ ⁻)	mg/l	50
Fer (Fe ²⁺)	mg/l	0.3
Calcium (Ca ²⁺)	mg/l	200
Magnésium (Mg ²⁺)	mg/l	150
Chlorures (Cl ⁻)	mg/l	500
Sulfate (SO ₄ ²⁻)	mg/l	400
Bicarbonate (HCO ₃ ⁻)	mg/l	//
Dureté totale (TH)	mg/l CaCO ₃	500
Titre alcalin (TA)	mg/l CaCO ₃	//
Titre alcalin complet (TAC)	mg/l CaCO ₃	500

Tableau III : Nombre le plus probable dans le cas de système;d'ensemencement.

Nombre de tubes donnant une réaction positive			N.P.P dans 100 mL
3 tubes de 10 mL	3 tubes de 1 mL	3 tubes de 0,1 mL	
0	0	1	3
0	1	0	3
1	0	0	4
1	0	1	7
1	1	0	7
1	1	1	11
1	2	0	11
2	0	0	9
2	0	1	14
2	1	0	15
2	1	1	20
2	2	0	21
2	2	1	28
3	0	0	23
3	0	1	39
3	0	2	64
3	1	0	43
3	1	1	75
3	1	2	120
3	2	0	93
3	2	1	150
3	2	2	210
3	3	0	240
3	3	1	460
3	3	2	1100
3	3	3	1400

Résumé

Les eaux naturelles contiennent à des concentrations variables, différents composés organiques et minérales, provenant de la nature ou bien d'un milieu externe. Ces composés doivent être éliminés lors de la production d'eau de consommation.

Dans la présente étude nous nous sommes intéressés aux eaux superficielles de la rivière de BOULZAZENE.

Nous avons d'abord effectué différentes analyses physico-chimiques (taux de chlorures, conductivité, alcalinité, dureté, nitrates, nitrites, ammonium...), ainsi que des analyses bactériologiques où, on a démontrés la présence des Coliformes totaux et fécaux, les Streptocoques fécaux, les Clostridium sulfito-réducteurs et les Germes totaux.

En conclusion, l'apport d'un traitement complémentaire de potabilisation est nécessaire.

Mots clés : Eaux, rivière, analyses, potabilisation.

Abstract

Natural waters contain varying concentrations of different organic and mineral compounds from nature or from an external environment. These compounds must be eliminated during the production of drinking water.

In the present study we are interested in the surface waters of the BOULZAZENE river.

We first performed various physicochemical analyzes (chloride levels, conductivity, alkalinity, hardness, nitrates, nitrites, ammonium ...), as well as bacteriological analyzes in which the presence of total and faecal coliforms, Streptococci, was demonstrated. Faecal, Clostridium sulfite-reducers and Total Germs.

In conclusion, the provision of a complementary treatment of potabilization is necessary.

Keywords: Waters, river, analyzes, potabilisation.

