

Mémoire de Master

Présenté par :

- M^{elle} Kherraz Feriel
- M^r Khelifa Massinissa

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

Spécialité : Chimie Analytique

Thème :

*Analyses physico-chimiques des eaux superficielles
du point d'intersection des deux rivières AGRIOUN
et BOULZAZEN suivis d'une étude comparative
entre l'alginate naturel et coagulants/floculants
synthétiques.*

Soutenu le : 02/10/2021

Devant le jury composé de :

Nom & Prénom	Département d'affiliation	Qualité
M ^{eme} MEZITI Chafika	Génie des procédés	Président
M ^{eme} AITOUAKLI Nabila	CRAPC	Examineur
M ^{elle} FERADJ Abla	Chef De l'laboratoire STEP Souk El-tenine	Invité
M ^r . BOUKEROUI Abdelhamid	Chimie	Encadrant

Remerciement

Avant d'exposer le contenu de ce travail, je tiens à remercier "Dieu" le tout Puissant de nous avoir donné le privilège et la chance d'étudier et de suivre le Chemin de la science et de la connaissance

*Nous adressons nos respectueux remerciements à **Mr BOUKERROUI Abdelhamid**, professeur à l'université Abderrahmane Mira de Bejaia qui accepté de nous encadrer et de diriger notre projet de fin d'études, et pour sa générosité et sa grande patience dont il a su faire preuve et qui a toujours montré, et sa disponibilité tout au long de la réalisation de ce travail, ainsi pour l'inspiration, l'aide et le temps qu'il a consacré malgré ses charges professionnelles et sans lui ce mémoire n'aurait jamais vu le jour.*

*Je tiens à exprimer ma profonde gratitude et mes sincères remerciements à **Melle FERADJ Abla** chef de laboratoire de l'ONA Souk El Tenine de nous avoir accueillie au sein de son laboratoire et le partage de son savoir-faire si précieux comme nous sommes très reconnaissant au directeur de l'ONA d'avoir accepté notre demande d'accéder à la station ce qui nous a facilité la tâche de notre prélèvement.*

*Nous tenons à remercier Madame **MEZITI Chafika**, Professeur à l'université de Salah Boubnider 3 de Constantine pour l'honneur qu'elle nous a fait en présidant le jury de ce Mémoire.*

*Nos vifs remerciements vont à, Madame **AITOUAKLI Nabila** chercheur permanent à l'université Abderrahmane Mira de Bejaia, pour avoir accepté d'être examinateur et membres de jury de ce travail.*

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

Nos remerciements vont également à toute personne qui a contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire

Dédicaces

A mon très cher père **Mohand Cherif** et ma tendre mère **Fatma Zouhra**
vous êtes pour moi un exemple de respect, honnêteté, de la personne méticuleuse, je tiens à honorer les
parents que vous êtes.

Grâce à vous j'ai appris le sens du travail et de la responsabilité. Je voudrais vous remercier pour votre
amour, votre générosité, votre compréhension, votre soutien fut une lumière dans tout mon parcours.
Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime et le respect que j'ai toujours eu pour vous,

Ce modeste travail est le fruit de tous les sacrifices que vous avez déployés pour mon éducation et ma
formation. Je t'aime papa je t'aime maman et j'implore le tout-puissant pour qu'il vous accorde une bonne
santé et une vie longue et heureuse,

A mes précieuses sœurs, **Ryma, Amira, Amel et Aida**

merci de me suivre et de m'encourager dans mes projets et dans mes rêves les plus fous; vous me faites
toujours sentir que vous êtes derrière moi et que vous croyez en moi et votre support fait une grande
différence dans ma vie. Merci de si bien accomplir vos rôles de grandes sœurs dont j'estime tant la chance de
vous avoir,

A mon seul et unique frère **Oussama**

A tous les moments d'enfance passés avec toi mon frère, en gage de ma profonde estime pour l'aide que tu
m'as apporté. Tu m'as soutenu, réconforté et encouragé. Puissent nos liens fraternels se consolider et se
pérenniser encore plus,

A ma grand-mère **Tassaadit**, oncle **Mabrouk**, ma tante **Chafia** et ma douce cousine **Melissa**

A vous mes seconds parents, je tiens à vous remercier du soutien que vous m'avez attribué, à l'amour que
vous m'avez apporté, au droit chemin que vous m'avez monté et d'être toujours là à mes côtés.

A mes neveux **Délicia, Aksil, Nour el Houda, Chiraz, Aridj, Yanni et Anyesse**

Avoir des neveux est le plus beau cadeau qu'une sœur puisse vous faire. Vous avez apporté beaucoup de
bonheur à notre famille. Je vous aime plus que tous,

A mes beaux-frères **Halim, Hakim, Ayach e et Walid**

Cela fait maintenant quelques années que vous partagez la vie de mes sœurs, celle de notre famille. Je vous
remercie d'être comme des grands frères sur lesquels je peux compter, moi qui n'en ai jamais eu.

A mon cher binôme **Massinissa** que sans lui ce travail ne serait accompli,

A mes amis **Nawal, Meriem, Mohand, Sofiane et Thiziri** je ne peux trouver les mots justes et sincères pour
vous exprimer mon affection et mes pensées, vous êtes pour moi des sœurs et des frères sur qui je peux
compter.

A TOUTE MA FAMILLE, **KHERRAZ et YAHIAOUI**

Aucun langage ne saurait exprimer mon respect et ma considération pour votre soutien et encouragements.
Je vous dédie ce travail en reconnaissance de l'amour que vous m'offrez quotidiennement et votre bonté
exceptionnelle. Que Dieu le Tout Puissant vous garde et vous procure santé et bonheur,

A TOUTES LA PROMO CHIMIE ANALYTIQUE 2020/2021,

J'espère que vous appréciez le fruit de tant d'effort.

FERIEL

Dédicaces

A mon très cher grand père **Slimane** et ma tendre mère **Noura lah** yarhamhoum

A mon Cher père **Chabane** et ma belle-mère **Mounira**

Vous êtes pour moi un exemple de respect, honnêteté, de la personne méticuleuse, je tiens à honorer les parents que vous êtes.

Grâce à vous j'ai appris le sens du travail et de la responsabilité. Je voudrais vous remercier pour votre amour, votre générosité, votre compréhension, votre soutien fut une lumière dans tout mon parcours. Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime et le respect que j'ai toujours eu pour vous,

Ce modeste travail est le fruit de tous les sacrifices que vous avez déployés pour mon éducation et ma formation. Je t'aime papa je t'aime maman et j'implore le tout-puissant pour qu'il vous accorde une bonne santé et une vie longue et heureuse,

A mon seul et unique frère **Jugurta**

A tous les moments d'enfance passés avec toi mon petit frère, en gage de ma profonde estime pour l'aide que tu m'as apporté. Tu m'as soutenu, réconforté et encouragé. Puissent nos liens fraternels se consolider et se pérenniser encore plus,

A mes précieuses sœurs, **Melissa** et **Lamis**

Merci de m'encourager dans ces projets.

A ma grand-mère **Zineb**,

je tiens à te remercier du soutien que tu m'a attribuer ,à l'amour que tu m'apporte ,au droit chemin que tu m'a monter et d'être toujours là à mes côtés.

A ma douce conjointe **Nawal**,

*A ma chère binôme **Feriel** que sans elle ce travail ne serait accomplis,*

*A mes amis, **Mouhand, Anis Rouf, Salim, Abdenour, Rahim, Wahib et Thiziri** je ne peux trouver les mots justes et sincères pour vous exprimer mon affection et mes pensées, vous êtes pour moi des sœurs et des frères sur qui je peux compter.*

A TOUTE MA FAMILLE, **KHELIFA**,

Aucun langage ne saurait exprimer mon respect et ma considération pour votre soutien et encouragements. Je vous dédie ce travail en reconnaissance de l'amour que vous m'offrez quotidiennement et votre bonté exceptionnelle. Que Dieu le Tout Puissant vous garde et vous procure santé et bonheur,

A TOUTES LA PROMO CHIMIE ANALYTIQUE 2020/2021,

J'espère que vous appréciez le fruit de tant d'effort

MASSINISSA



Table des matières

Liste des abréviations	
Listes des figures	
Liste des tableaux	
Liste des équations	
Introduction générale	1
Chapitre I Généralités sur les eaux.....	4
Définition de l'eau.....	4
Les états physiques de l'eau.....	4
Etat solide	4
État gazeux.....	5
État liquide.....	5
Le cycle de l'eau	5
Disponibilité de l'eau en Algérie	6
Sources et origines des eaux	7
Eau de pluie	7
Eau de mer et océans.....	7
Eau souterraine.....	7
Eau de surface	7
Les Eaux de rivière partie amont.....	8
Les Eaux de rivière partie aval	8
Les Eaux des lacs.....	8
Pollution des eaux	8
Définition.....	8
Type de pollution des eaux	9
Pollution physique	9
Pollution chimique.....	9
Pollution microbiologique.....	10
Paramètres de mesure de la pollution de l'eau.....	10
Paramètres organoleptique.....	10
Couleur	10
L'odeur.....	10

Goût et saveur.....	11
Paramètres physico- chimique	11
Paramètres physiques.....	11
Paramètres de qualités.....	13
Paramètres chimiques	13
➤ Demande biologique en oxygène(DBO5)	13
➤ Demande chimique en oxygène (DCO)	14
➤ Normes fixées par OMS.....	15
Procédés de traitement des eaux de surface.....	15
Etapas de traitement	16
Prétraitement	16
Traitement physico-chimique.....	17
Chapitre II Matériels et méthodes.....	21
Présentation de la région d'étude	21
Stations de prélèvement	22
Prélèvement et conservation des échantillons	22
Matériels et méthodes d'analyses	23
Matériel et appareillages.....	23
Méthodes d'analyses physico-chimiques	24
La Couleur	24
L'odeur et saveur	24
Mesure La température.....	24
Mesure du potentiel d'hydrogène (pH)	24
Mesure de la conductivité électrique(CE)	25
Mesure l'oxygène dissous	25
Mesure la turbidité	25
Mesure des matières en suspension (MES)	26
Mesure résidu sec	27
Dosage des chlorures par la METHODE DE MOHR.....	27
Détermination de la dureté totale (TH) par titrimétrie à l'EDTA.....	28
Détermination de la dureté calcique (Ca ²⁺) par titrimétrie a l'EDTA.....	29
Détermination de la dureté magnésienne (Mg ²⁺).....	30
Détermination de l'alcalinité (TA) et (TAC).....	30
Détermination des sulfates.....	31

Dosage du fer par spectrométrie d'absorption moléculaire.....	32
Réactifs.....	32
Etablissement de la courbe d'étalonnage.....	33
Dosage des nitrites	33
Dosage des nitrates.....	34
Essais de coagulation-floculation (Jar-test).....	35
Réactifs.....	35
Matériels.....	35
Mode opératoire.....	35
Optimisation des concentrations de coagulant et des floculant	35
Optimisation de la vitesse d'agitation rapide.....	36
Optimisation de la vitesse d'agitation lente.....	36
Optimisation du temps d'agitation rapide	36
Optimisation du temps d'agitation lente.....	37
Optimisation du temps de décantation	37
Conclusion.....	37
Chapitre III Résultats et discussions.....	39
Résultats et Discussion	39
Résultats des analyses physico-chimiques.....	39
Discussions des analyses physico-chimiques	40
Mesure de la Température.....	40
Mesure du pH de l'eau:.....	40
Conductivité électrique.....	41
Oxygène dissous	42
Turbidité	42
Matière en suspension	43
Chlorure (Cl ⁻):	44
Calcium (Ca ²⁺).....	44
Magnésium (Mg ²⁺).....	45
Dureté (TH)	46
L'alcalinité.....	46
Fer (Fe ²⁺).....	47
Nitrite (NO ₂ ⁻)	48
Nitrate (NO ₃ ⁻)	48

Sulfate (SO_4^{2-}).....	49
Ammonium (NH_4^+).....	50
Résidu sec.....	51
Essais de coagulation-floculation (Jar-test).....	52
Optimisation de la concentration du coagulant et du floculant.....	52
Optimisation de la concentration du sulfate d'aluminium.....	52
Optimisation de la concentration de polymère.....	53
Optimisation de la vitesse d'agitation de l'étape rapide.....	54
Mesure de la turbidité avant le traitement : $\text{Trb} = 13.4$ NTU.....	54
Optimisation de la vitesse d'agitation de l'étape lente.....	55
Mesure de la turbidité avant le traitement : $\text{Trb} = 15.2$ NTU.....	55
Optimisation du temps d'agitation de l'étape rapide.....	56
Optimisation du temps d'agitation de l'étape lente.....	57
Optimisation du temps de décantation.....	57
Etude comparative entre les floculants : Polymère et alginate.....	59
Optimisation de la masse de l'alginate.....	59
Première étape.....	59
➤ Optimisation de la masse de l'alginate autant que aide coagulant.....	59
➤ Optimisation de la masse de l'alginate autant que aide floculant.....	60
Deuxième étape.....	61
Conclusion.....	63
Conclusion générale.....	64
Bibliographie	
Annexes	
Résumé	

Liste des abréviations

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)

JORA : Journal Officiel de la République Algérienne.

OCDE : Organisation de coopération et de développement économiques

ONU : Organisation des Nations unies

Liste des figures

Figure I-1 : Structure de la molécule d'eau	4
Figure I-2 : Les trois états de l'eau	5
Figure I-3 : cycle de l'eau	6
Figure I-4: Etapes de traitement des eaux brutes	16
Figure I-5 : Photographie représentant le processus de coagulation	18
Figure I-6 : Photographie représentant le processus de floculation.....	18
Figure I-7: Processus de Coagulation / Floculation.....	19
Figure I I -1: délimitation du point d'intersection des deux fleuves étudiés	21
Figure I I -2 : position satellitaire du lieu de prélèvement	22
Figure I I -3 : Mesure du pH et de l'oxygène dissous	24
Figure I I -4: Dispositif de filtration	26
Figure III-1: Variation de la température de l'eau au point étudié.....	40
Figure III-2:Variation du pH de l'eau au point étudié.....	41
Figure III-3:Evolution de la conductivité de l'eau au point étudié	42
Figure III-4:Variation de l'oxygène dissous de l'eau au point étudié	42
Figure III-5:Variation de la turbidité de l'eau au point étudié.....	43
Figure III-6:Variation des Matières en suspensions (MES) de l'eau au point étudié	43
Figure III-7: Variation des Chlorures de la station étudiée.....	44
Figure III-8 : Variation du calcium de la station étudiée	45
Figure III-9: Variation du magnésium de la station étudiée.....	45
Figure III-10: variation de la dureté de la station étudiée	46
Figure III-11: Variation de l'alcalinité de la station étudiée.....	47
Figure III-12: Variation du fer (Fe ²⁺) de la station étudiée	47
Figure III-13:Variation des nitrites (NO ₂ ⁻) de la station étudiée.....	48
Figure III-14: Variation des nitrates (NO ₃ ⁻) de la station étudiée	49
Figure III-15: Variation des sulfates (SO ₄ ²⁻) de la station étudiée.....	50
Figure III-16 : Variation de l'ammonium (NH ₄ ⁺) de la station étudiée.....	50
Figure III-17: Variation des résidus secs de la station étudiée.....	51
Figure III-18: Variation de la turbidité en fonction du sulfate d'aluminium	52
Figure III-19: Variation de la turbidité en fonction du polymère.....	53
Figure III-20: Variation de la turbidité en fonction de la vitesse d'agitation rapide	54
Figure III-21:Variation de la turbidité en fonction de la vitesse d'agitation lente	55
Figure III-22:Variation de la turbidité en fonction du temps d'agitation rapide.....	56
Figure III-23:Variation de la turbidité en fonction du temps d'agitation lente.....	57
Figure III-24:Variation de la turbidité en fonction de temps de décantation.....	58
Figure III-25: Variation de la turbidité en fonction de la masse d'alginate comme aide- coagulant	60
Figure III-26: Variation de la turbidité en fonction la masse d'alginate comme aide-floculant..	61

Liste des tableaux

Liste des tableaux

Tableau I-1 : Classification des eaux selon la conductivité (SARI, 2014).	12
Tableau I-2 : Classes de turbidités usuelles (NTU, néphélogéométrique turbidity unity) . (29).....	12
Tableau I-3: Relation entre dureté de l'eau et concentration équivalente en CaCO ₃	13
Tableau I-4: Normes des eaux de surfaces (l'eau brute) (OMS, RF)	15
Tableau II-1 : Types d'appareillages utilisés pour les différentes analyses	23
Tableau II-2: Etablissement de la courbe d'étalonnage des sulfates	32
Tableau II-3 : Etablissement de la courbe d'étalonnage du fer	33
Tableau III-1 : résultats des analyses physico-chimiques.....	39
Tableau III-2 : Mesure de la turbidité de l'eau après traitement avec les paramètres optimisés:	59
Tableau III-3: condition de travail des essais de jar-test.....	62

Liste des équations

Équation I-1.....	13
Équation I-2.....	13
Équation II-1	26
Équation II-3	27
Équation II-4	28
Équation II-5	28
Equation II-6.....	29
Équation II-7	30
Équation II-8	30
Équation II-9	31
Equation II-10	31
Équation II-11	31
Équation II-12	33

Introduction
générale

Introduction

L'eau est une ressource indispensable à la vie et aux activités humaines. « Nous en avons besoin pour la santé, la sécurité alimentaire et le progrès économique », a déclaré Ban Ki-Moon, Secrétaire général de l'ONU (Sommet de l'eau, 2013). Cependant à l'échelle mondiale, le volume globale d'eau douce est estimé à environ à 0,76%, les océans 97,5% et 1,74% pour les glaciers polaires. (1)

A la fin du siècle dernier, le nombre de personnes qui n'avaient pas accès à l'eau potable était estimée à 1,1 milliards soit 1/6 de la population mondiale.

Selon les prévisions de croissance démographique de l'OCDE, on estime qu'en 2025, ils se partageront 70% des ressources accessibles et pourraient même utiliser plus de 90% de toutes les ressources en eau douce disponibles d'ici 2030.

L'Algérie se situe, à l'instar des 17 pays Africains touchés par le stress hydrique, dans la catégorie des pays les plus pauvres en matière de potentialités hydriques, soit en dessous du seuil théorique de rareté fixé par la Banque Mondiale à 1000 m³ par habitant et par an. Si en 1962, la disponibilité en eau théorique par habitant et par an était de 1500 m³, elle ne sera que de 430 m³ en 2020. La disponibilité en eau potable en Algérie en m³/Habitant/An dépassera légèrement le seuil des 400 m³/ha (norme OMS) (2)

Les ressources en eau se raréfient et leurs traitements deviennent de plus en plus difficiles et coûteux. Les maladies, l'insalubrité et bien d'autres maux freinent la marche rigoureuse vers le développement. (3)

Les réserves souterraines, nappes ou gisements n'existent pas partout où elles sont surexploitées ou même polluées. Les besoins actuels ne sont donc assurés que par le recours à autres ressources en eaux: les eaux superficielles, les eaux de mer et les eaux saumâtres qui sont plus ou moins polluées et salées. (2)

L'eau de consommation ne doit contenir ni de germes pathogènes ni de substances toxiques susceptibles de provoquer de graves contaminations chez le consommateur. Et afin d'utiliser les différentes sources naturelles d'eaux et de les rendre potables on doit faire appel à un traitement. (4)

L'utilisation des sels minéraux et des polymères synthétiques dans le traitement des eaux potables, suscite des inquiétudes signalées par SCFP (1966) quant aux effets néfastes

Introduction générale

possible par ces produits synthétiques sur l'environnement et la santé humaine notamment de leurs association à d'autres maladies sérieuses touchant le système nerveux, telles les maladies Lou Gehrig (sclérose latérale amyotrophique) et de parkinson. L'ingestion de grandes quantités de ces produits entraînent l'anémie, l'ostéomalacie (les os cassant ou mous), l'intolérance au glucose et les arrêts cardiaques chez les humains. A l'heure où la demande du public en matière de produits renouvelable et biodégradable, le chimiste est au défi de présenter une eau moins nocive à la santé et l'environnement. Pour cela les matériaux d'origine biologique présentent une solution alternative et innovante. (5)

En effet avec le développement du concept de la chimie verte, un intérêt croissant depuis les années 2000, pour récupérer et éliminer les contaminants présents dans les effluents industriels en utilisant des technologies sans impact les chercheurs ont proposé l'alginate comme alternative dans la filière coagulation floculation décantation filtration pour le traitement des eaux potables et ce en comparaison avec l'alun coagulant conventionnel. Ce polymères d'origine naturelle obtenue à partir des algues brunes, d'où l'acide alginique est un bio polymère constitué d'une succession de blocs formés de deux unités mono saccharidiques : l'acide D-mannuronique (Ma) et l'acide L-guluronique (Gu), liés entre eux par des liaisons glycosidiques. (6)

Ces biomatériaux présentent une importante capacité vis-à-vis les polluants de nature organiques et inorganique, qui offrent ainsi des propriétés de non-toxicité et biocompatibilité avantageuse pour le présenter comme un substitut potentiel des coagulants synthétique et minéraux.

Cette recherche consiste à déterminer à l'aide des essais de jar teste, les dosages optimaux d'utilisation de l'alginate et son efficacité par rapport à l'alun et polymère synthétique qui sont actuellement les coagulant/floculant les plus utilisés dans le traitement des eaux.

Ce mémoire est structuré de trois chapitres : Le premier englobe des généralités sur les eaux superficielles, ces divers paramètres ainsi que les différents procédés de traitements.

Dans le deuxième chapitre, nous trouverons l'identification de la zone d'étude et la description de la station de traitement choisie, le matériel et méthodes d'analyses adoptées et la mise en place du protocole expérimental et nous présentons le processus de coagulation-

Introduction générale

floculation en traitement des eaux. Ainsi aborder son principe et les facteurs influençant ce procédé.

Tandis que le dernier expose les résultats obtenus et leurs interprétations.

Une conclusion générale est donnée à la fin de ce manuscrit et fait ressortir l'essentiel des aboutissements de cette étude.

Chapitre I

Généralités sur les eaux

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. (7)

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 104.45° .

La figure suivante, est la représentation de la molécule d'eau sous sa forme compacte qui donne une image de la forme réelle de la molécule et de l'encombrement des atomes qui la constituent.

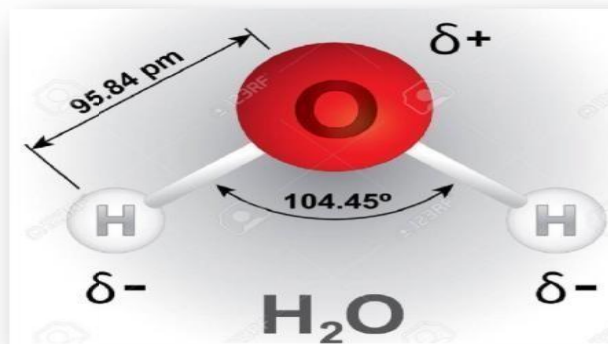


Figure I-1 : Structure de la molécule d'eau.

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

- › Eau brute: eau prélevée dans le milieu naturel non traitée, et non traitée dans les réseaux de distribution.
- › eau potable, appelée aussi une eau de consommation, peut être définie comme une eau ne contenant en quantité dangereuse, ni substances chimiques, ni des germes nocifs à la santé de consommateur. (8)

Les états physiques de l'eau

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

Etat solide :

A très basse température, l'eau est appelée glace et possède des structures cristallines régulières.

État gazeux :

Caractérisé par une absence de forme et de limite physique, pas de liaisons entre les molécules et sont indépendantes les unes des autres.

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. (9)

La figure I-2 ci-dessous représente les trois différents états de l'eau.

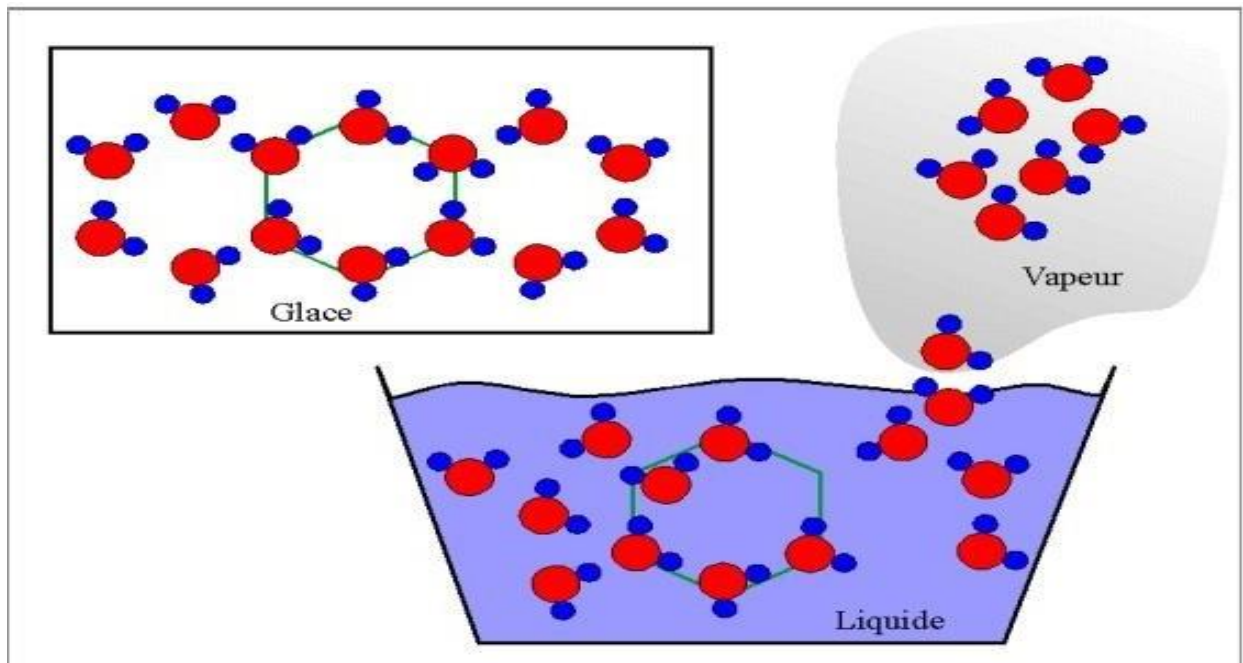


Figure I-2 : Les trois états de l'eau

Le cycle de l'eau

La quantité d'eau formée avec l'univers n'a pas changé. Par contre, elle s'est considérablement dégradée à cause de la pollution. Cette eau qui se trouve sous forme liquide, solide ou vapeur est en mouvement perpétuel, la figure I- 3 représente le cycle de l'eau. Entre les cinq grands réservoirs d'eau de l'hydrosphère que sont les mers et océans, les eaux continentales (superficielles et souterraines), l'atmosphère, la biosphère et les glaciers. L'échange d'eau est permanent et forme ce qu'on appelle le cycle externe de l'eau. Le moteur de ce cycle est le soleil : grâce à l'énergie thermique qu'il rayonne, il active

et maintient constamment les masses d'eau en mouvement. Ce cycle se divise en deux parties intimement liées. (10)

- Une partie atmosphérique qui concerne la circulation de l'eau dans l'atmosphère, sous forme de vapeur d'eau essentiellement.
- Une partie terrestre qui concerne l'écoulement de l'eau sur les continents, qu'il soit superficiel ou souterrain.

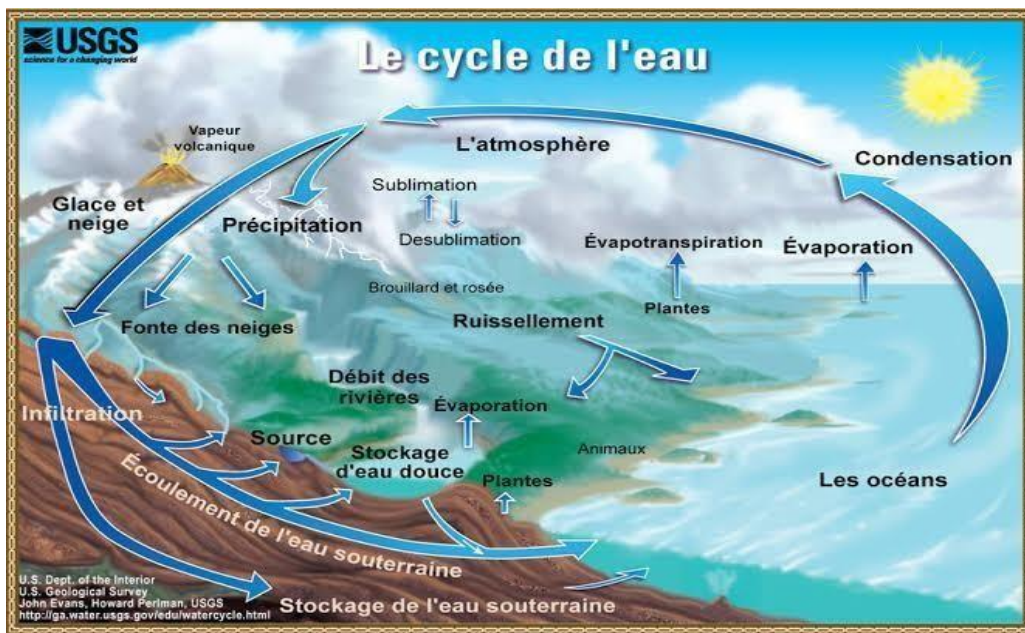


Figure I-3 : cycle de l'eau

Disponibilité de l'eau en Algérie

L'eau en Algérie, comme dans la plupart des pays du Sud de la Méditerranée, est un facteur limitant du développement et source de tensions sociales. Sa rareté est appréhendée en termes de stress hydrique et d'irrégularité de la ressource, deux facteurs susceptibles de s'accroître avec les changements climatiques. Son stockage devient par conséquent vital tant pour l'agriculture que pour l'approvisionnement en eau potable.

En terme de besoins, l'Algérie aurait, en 2020, une consommation en eau potable et industrielle de l'ordre de 5 milliards de m³/an. Face à ce défi d'assurer la couverture des besoins sans cesse croissants en eau, la banque mondiale a classée l'Algérie parmi les pays pauvres en eau avec moins de 600 m³ par habitant et par an, alors que le seuil de rareté fixé par la Banque à 1 000 m³ par habitant et par an. (11)

Il est clair que la disponibilité de cette ressource vitale est menacée. Malgré la construction des nouveaux barrages et le recours au dessalement, l'Algérie enregistrera un déficit en eau de 1 milliard de m³ d'ici l'an 2025 . (12)

Sources et origines des eaux

Eau de pluie

Les eaux de pluie sont saturées en oxygène et d'azote et ne contiennent aucun sel dissous, comme les sels de magnésium et de calcium, elles sont donc très douces. Elles sont de bonne qualité pour l'alimentation humaine. Elles peuvent être contaminées par des poussières atmosphériques dans les régions industrialisées. (8)

Eau de mer 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 souterraines 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. (13)

Eau souterraine

Les eaux souterraines sont une ressource cachée que l'on a tendance à oublier. À l'échelle du cycle hydrologique, les eaux souterraines ne représentent qu'une faible partie de toutes les eaux marines et océaniques, elles représentent alors une fraction importante des eaux douces continentales. (14)

L'eau souterraine est l'eau qui existe dans les pores, les fissures des roches et dans les sédiments sous la terre et aussi sont toutes les eaux se trouvant sous la surface du sol, et qui transitent plus ou moins rapidement. (15)

La qualité de l'eau dépend du terrain car il y a un équilibre et un échange de matières entre le terrain et l'eau qui s'y trouve.

Eau de surface

Ce terme englobe toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface des continents. Les eaux de surface sont rarement potables sans aucun traitement, généralement polluées bactériologiquement. (16) , On peut répartir les eaux de surface en trois catégories :

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 : (8)

- › Une turbidité élevée ;
- › Une contamination bactérienne faible ;
- › Une température froide et l'indice de couleur faible.

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'en amont.

Les caractérisations de ces eaux sont comme suit : (8)

- › une contamination bactérienne élevée ;
- › une contamination organique et minérale élevée ;
- › Un indice de couleur qui peut être élevé.

Les Eaux des lacs

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 peut importante. (8)

Elles contiennent des impuretés qui ont pour origine : (17)

- › La dissolution des encaissantes (roches, terrains traversés), qui sont responsables du pH et de la conductivité ;
- › Les colloïdes minéraux (argiles) qui sont responsables de la turbidité ;
- › Des matières organiques.

Pollution des eaux

Définition

La pollution de l'eau est due à sa contamination par des corps étrangers tels que les microorganismes, le réseau d'assainissement, les produits chimiques, les eaux pluviales 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. (18)

Cette pollution peut se présenter sous différents types.

Type de pollution des eaux

Dans le domaine de l'eau, nous distinguons trois types de pollution à savoir:

Pollution physique

Il s'agit d'une pollution qui se traduit par la présence des particules de taille et de matière très variés dans l'eau, qui lui confèrent un caractère trouble. On distingue aussi les matières décantées (plus lourdes que l'eau), les matières flottables (plus légères que l'eau) et les matières non séparables (de même densité que l'eau). (19) La pollution physique désigne d'autre type de pollution, telle que la pollution thermique due aux températures élevées qui cause une diminution de la teneur en oxygène dissous ainsi qu'une réduction de la solubilité des gaz. (5) (20) Et la pollution radioactive. (19)

Pollution chimique

Elle résulte des rejets chimiques. La pollution chimique des eaux est regroupée dans deux catégories :

Pollution organique

Ce sont les effluents chargés de matières organiques fermentescibles (Biodégradables), fournis par les industries alimentaires et agroalimentaires (laiteries, abattoirs, sucreries...), et par les effluents domestiques (déjections humaines, graisses, ...etc.). La première conséquence de cette pollution est la consommation d'oxygène dissous de ces eaux. Les polluants organiques ce sont principalement les détergents, les pesticides et les hydrocarbures. (21)

Pollution minérale

La pollution minérale des eaux peut provoquer le dérèglement de la croissance végétale ou trouble physiologique chez les animaux. Les polluants minéraux sont principalement les métaux lourds et les éléments minéraux nutritifs. (22)

Ces substances exercent un effet toxique sur les matières organiques et les rendent plus dangereuse. (5)

Pollution microbiologique

Les eaux usées contiennent tous les microorganismes excrétés avec les matières fécales. Cette flore entérique normale est accompagnée d'organismes pathogènes. L'ensemble de ces organismes peut être classé en quatre grands groupes, par ordre croissant de taille : les virus, les bactéries, les protozoaires et les helminthes. (20) Elle est notamment la conséquence de mauvais raccordements d'habitations aux réseaux d'assainissement, de débordements des réseaux d'eaux usées, de rejets des stations d'épurations, d'eaux résiduaires et du ruissellement sur les sols lors des pluies importantes. (23)

Paramètres de mesure de la pollution de l'eau

Paramètres organoleptique

La transparence de l'eau dépend de la longueur d'onde de la lumière qui la traverse. Si l'ultraviolet passe bien, l'infrarouge, si utile au point de vue physique et biologique, pénètre peine.

Couleur

La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration. Les couleurs réelles et apparentes sont approximativement identiques dans l'eau claire et les eaux de faible turbidité. (24)

L'odeur

Toute odeur est un signe de pollution ou de présence de matières organiques en décomposition. L'odeur peut être définie comme :

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

- La qualité de cette sensation particulière provoquée par chacune de ces substances. (24)

Goût et saveur

Le goût peut être défini comme l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique commune perçue lorsque la boisson est dans la bouche. La saveur peut être définie comme l'ensemble des sensations perçues à la suite de la stimulation par certaines substances solubles des bourgeons gustatifs. (24)

Paramètres physico- chimique

Les propriétés physiques et chimiques les plus intéressantes pour le traitement de l'eau sont les suivantes:

Paramètres physiques

➤ Température

C'est une caractéristique physique importante. Elle joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, et aussi la détermination du pH. Sa mesure est effectuée par le thermomètre. D'une façon générale, la température des eaux superficielles est influencée par la température de l'air, par ailleurs les eaux souterraines ont une température plus faible en raison de la profondeur. (25)

➤ Le potentiel hydrogène (pH)

Ce paramètre est très important dans notre étude car non seulement il contrôle la corrosion mais aussi montre la stabilité de l'eau. Il faut noter que l'action bactéricide du chlore augmente ou tend à augmenter pour les valeurs faibles du pH de l'eau, en particulier une augmentation de la teneur en CO₂ produisant une baisse du pH ; pour les eaux ayant une alcalinité, l'action du chlore sera plus grande pour les eaux contenant plus de CO₂ que celle en contenant moins. (26)

➤ Conductivité électrique

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 (calcium, magnésium, sodium, nitrates, chlorures, sulfates, ...) et représente la salinité des eaux. Ainsi, plus l'eau contient d'ions, plus elle est capable de conduire un courant électrique et plus la conductivité mesurée est élevée. (27)

Tableau I-1 : Classification des eaux selon la conductivité (SARI, 2014).

Type d'eaux	Conductivité ($\mu\text{S} / \text{Cm}$)	Résistivité ($\Omega.m$)
Eau pure	<23	>30000
Eau douce peu minéralisée	100 à 200	5000 à 10000
Eau de minéralisation moyenne	250 à 500	2000 à 40000
Eau très minéralisée	1000 à 2500	400 à 1000

➤ **Résidus secs**

Le résidu sec donne une information sur la teneur en substances dissoutes non volatiles (le taux des éléments minéraux). Suivant le domaine d'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. (28)

➤ **Matière en suspension (MES)**

Il s'agit des matières non solubilisées dans l'eau. Elles comprennent toutes les matières minérales ou organiques. Elles incluent les argiles, les sables, les limons, les matières organiques et minérales de faible dimension, le plancton et autres micro-organismes de l'eau. La quantité de matières en suspension varie selon les saisons et le régime d'écoulement des eaux. Ces matières affectent la transparence de l'eau. Par ailleurs, les matières en suspension peuvent accumuler des quantités élevées de matières toxiques (métaux, pesticides, huiles, hydrocarbures aromatiques...). (29)

➤ **Turbidité**

La turbidité désigne la teneur d'une eau en particules suspendues qui la troublent le degré de la limpidité de l'eau. Elle représente l'un des principaux paramètres de détermination de la qualité de l'eau potable. En effet, la clarté et la transparence de l'eau sont l'image d'une haute qualité de l'eau pour la plupart des personnes. (30)

Tableau I-2 : Classes de turbidités usuelles (NTU, néphélométric turbidity unity) . (29)

NTU < 5	Eau claire
5 < NTU < 30	Eau légèrement trouble
NTU > 50	Eau trouble

Paramètres de qualités

➤ **Dureté de l'eau**

La dureté ou titre hydrotimétrique d'une eau est une grandeur reliée à la somme des concentrations en cations métalliques calcium, magnésium, aluminium, fer...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 l'eau. Une eau à titre hydrotimétrie élevée est dit dure, dans le cas contraire il s'agit d'une douce. (31)

Tableau I-3: Relation entre dureté de l'eau et concentration équivalente en CaCO_3

Dureté de l'eau	Concentration en mg/l
Eau douce	0 à 60
Eau moyennement douce	60 à 120
Eau dure	120 à 180
Eau très dure	180

➤ **Alcalinité**

L'alcalinité d'une eau est essentiellement due à la présence de bases et de sels d'acides faibles. Dans les eaux naturelles, l'alcalinité résulte le plus généralement à la présence d'hydrogencarbonates, carbonates et hydroxydes.

- Le titre alcalimétrique T.A. d'une eau correspond à la somme des concentrations des ions carbonates (CO_3^{2-}) et des ions hydroxydes (OH^-).

$\text{T.A.} = [\text{OH}^-] + [\text{CO}_3^{2-}]$ (premier point équivalent).....Équation I-1

- Le titre alcalimétrique complet T.A.C rend compte de la concentration d'une eau en ions carbonate CO_3^{2-} et en ions hydrogencarbonate HCO_3^- . (8)

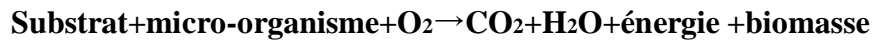
$\text{T.A.C.} = [\text{OH}^-] + [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{HCO}_3^-]$ (deuxième point équivalent).....Équation I-2. (32)

Paramètres chimiques

➤ **Demande biologique en oxygène(DBO_5)**

La demande biochimique en oxygène (DBO) correspond à la quantité d'oxygène nécessaire pour dégrader, par oxydation et par l'intervention des bactéries aérobies, les matières organiques de l'eau usée. Elle s'exprime en $\text{mg d'O}_2/\text{l}$. Par convention la DBO_5

est la valeur obtenue après cinq jours d'incubation à une température de 20°C (33). Plus la valeur de la DBO₅ est faible, plus est meilleure la qualité de l'eau. Elle se résume à la réaction chimique suivante : (34)



➤ Demande chimique en oxygène (DCO)

La Demande Chimique en Oxygène (DCO) est la mesure de la quantité d'oxygène nécessaire pour la dégradation chimique de toute la matière organique biodégradable ou non contenue dans les eaux à l'aide du bichromate de potassium à 150°C. Elle est exprimée en mg O₂/l. La valeur du rapport DCO/DBO indique le coefficient de biodégradabilité d'un effluent. Il permet aussi de définir son origine. (34)

Généralement la valeur de la DCO est:

- ✓ DCO=1.5 à 2 fois DBO Pour les eaux usées urbaines.
- ✓ DCO= 1 à 10 fois DBO Pour tout l'ensemble des eaux résiduaires.

➤ Oxygène dissous(OD)

L'oxygène est l'un des paramètres particulièrement utiles pour l'eau et constitue un excellent indicateur de sa qualité. C'est un des paramètres les plus sensibles à la pollution. Sa valeur nous renseigne sur le degré de pollution et par conséquent sur le degré de l'auto épuration d'un cours d'eau. (35)

La teneur en oxygène de l'eau ne dépasse rarement 10 mg/l. Elle est fonction de l'origine de l'eau ; l'eau usée domestique peut contenir de 2 à 8 mg/l. (36)

➤ *Normes fixées par OMS*

Tableau I-4: Normes des eaux de surfaces (l'eau brute) (OMS, RF).

Paramètres	Unités	Valeur guide	Valeur limite
Température	°C	22	25
pH	-	5.5	9
Conductivité électrique	µs/cm	1500	2800
TDS (total des solides dissous)	mg/l	-	-
Salinité	%	-	1.5
Turbidité	NTU	-	140

Procédés de traitement des eaux de surface

L'objectif fondamental du traitement de l'eau est de protéger les consommateurs des micro-organismes pathogènes et des impuretés désagréables ou dangereuses pour la santé. Qu'elles soient d'origine souterraines ou superficielles, les eaux utilisées pour l'alimentation humaine sont rarement consommables telles quelles. Il est souvent nécessaire de leur appliquer un traitement plus ou moins approprié. (37)

La figure suivante représente les différentes étapes de traitement des eaux brutes :

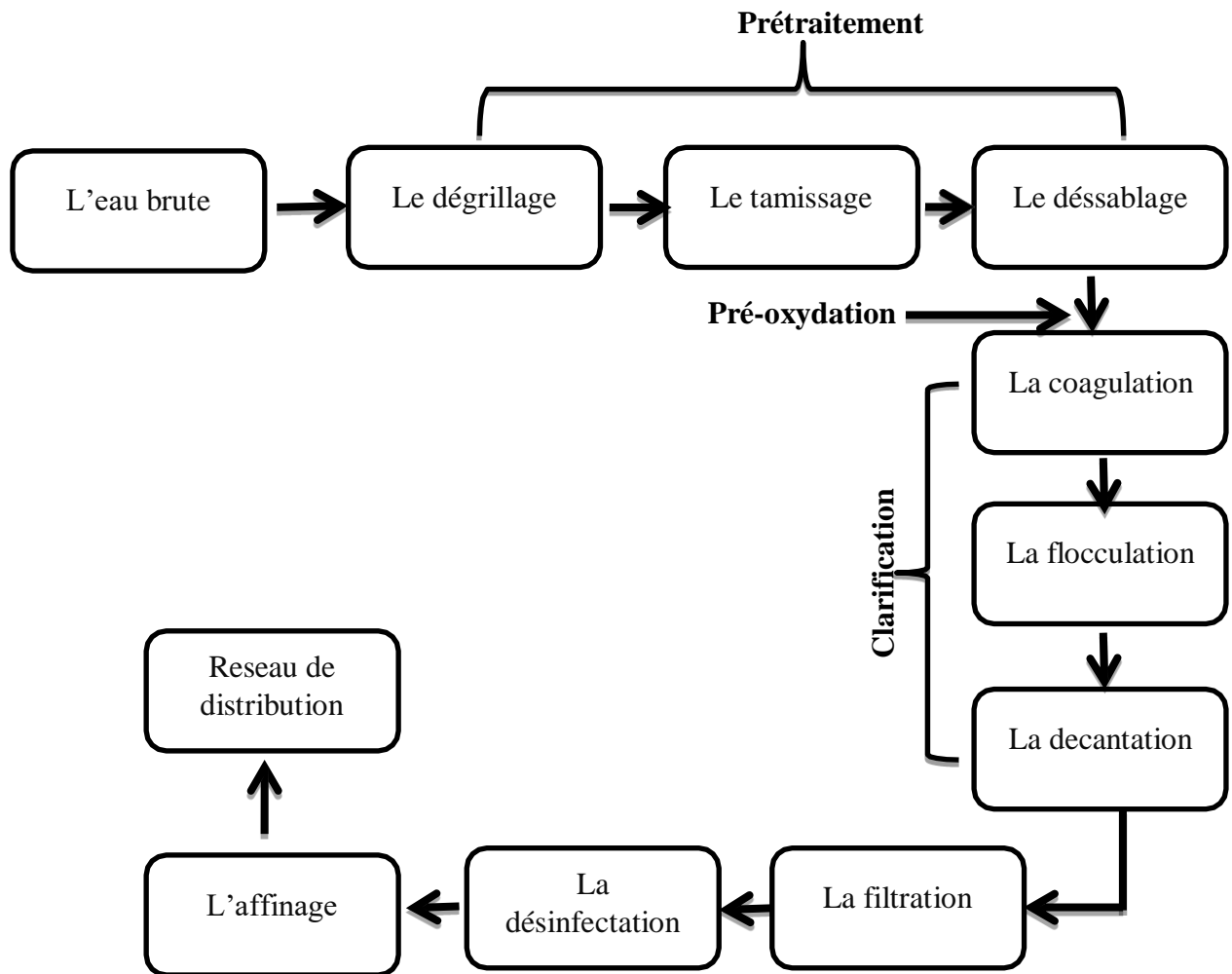


Figure I-4: Etapes de traitement des eaux brutes

Etapes de traitement

Prétraitement

Une eau, avant d'être traitée, doit être débarrassée de la plus grande quantité possible d'éléments dont la nature et la dimension constitueraient une gêne pour les traitements ultérieurs. Pour cela, on effectue des prétraitements de l'eau de surface. Les prétraitements sont principalement de trois types:

- **Dégrillage**

Le premier poste de traitement, permet de retenir les matières volumineuses (flottants, morceaux de bois, feuilles mortes...etc.) et d'empêcher la pénétration des poissons. Cette opération est à effectuer avant la station de pompage afin de protéger d'abord les pompes et ensuite d'alléger les étapes ultérieures de prétraitement. (38)

- **Tamissage**

Est une opération préconisée sur les eaux peu chargées en matières en suspension avant leur traitement. (39) Il permet d'éliminer des objets plus fins que ceux éliminés par le dégrillage. Il s'agit de feuilles ou de morceaux de plastique par exemple. (40)

- **Le dessablage**

Il consiste à l'élimination des sables présent dans les eaux brutes, est une opération indispensable pour: (41)

- › Eviter les dépôts dans les amenées et installations;
- › Protéger les pompes et les autres organes mécaniques contre l'abrasion;
- › Eviter de perturber les autres stades de traitement.

- **La clarification**

La clarification est l'ensemble des opérations permettant d'éliminer les matières en suspension (MES) d'une eau brute ainsi que la majeure partie des matières organiques. La clarification comprend les opérations de coagulation, floculation, de décantation et de filtration. (41)

Traitement physico-chimique

- **La coagulation**

Généralement le processus de coagulation est appliqué directement à l'eau brute. De ce fait, il est avec l'oxydation, l'un des procédés les plus importants dans les filières de traitement des eaux de surface. Fondamentalement, la coagulation implique à l'élimination des particules colloïdales c'est-à-dire les particules en suspension qui, sur la base de leurs dimensions moyennes de 5 à 200 nm. Ce processus résulte de l'addition des réactifs chimiques (appelés coagulants) dans des dispersions aqueuses afin d'assembler en agrégats plus gros, les fines particules dispersées. (42)

Les principaux coagulants chimiques utilisés sont à base d'aluminium ou de fer. Les principales formes chimiques utilisables et disponibles de ces métaux sont le sulfate d'aluminium ($Al_2(SO_4)_3$), appelé également alun), le sulfate de fer ($FeSO_4$) et le chlorure de fer ($FeCl_3$). Ces différents produits sont le plus souvent commercialisés sous forme de

cristaux. Il convient de suivre les instructions du fabricant pour appliquer les dosages adéquats en fonction des volumes d'eau à traiter. Une agitation de l'eau pendant plusieurs minutes accélère l'agrégation des particules solides qui peuvent alors décanter. (43)

La figure suivante représente le phénomène de coagulation.



Figure I-5 : Photographie représentant le processus de coagulation.

- **La floculation**

Lors du processus de floculation, les fines particules dispersées sont combinées en agglomérats plus gros qui peuvent être éliminés par un processus subséquent tel la décantation ou la filtration. La floculation est déterminée par le contact entre particules qui conduit à la croissance en taille et la diminution en nombre des particules en solution. (42)

Elle est réalisée par une agitation lente qui permet, grâce à l'injection d'un réactif appelé «floculant» l'agglomération des floes et donc leur grossissement. Les floculant généralement utilisés sont la silice activée, les alginates de sodium, les polyélectrolytes...etc. (44)
Représenté dans la figure I-6 ci-dessous:

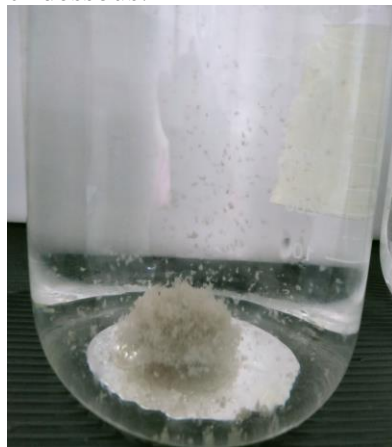


Figure I-6 : Photographie représentant le processus de floculation.

Le principe du processus de Coagulation / Flocculation est schématisé sur la figure qui suit :

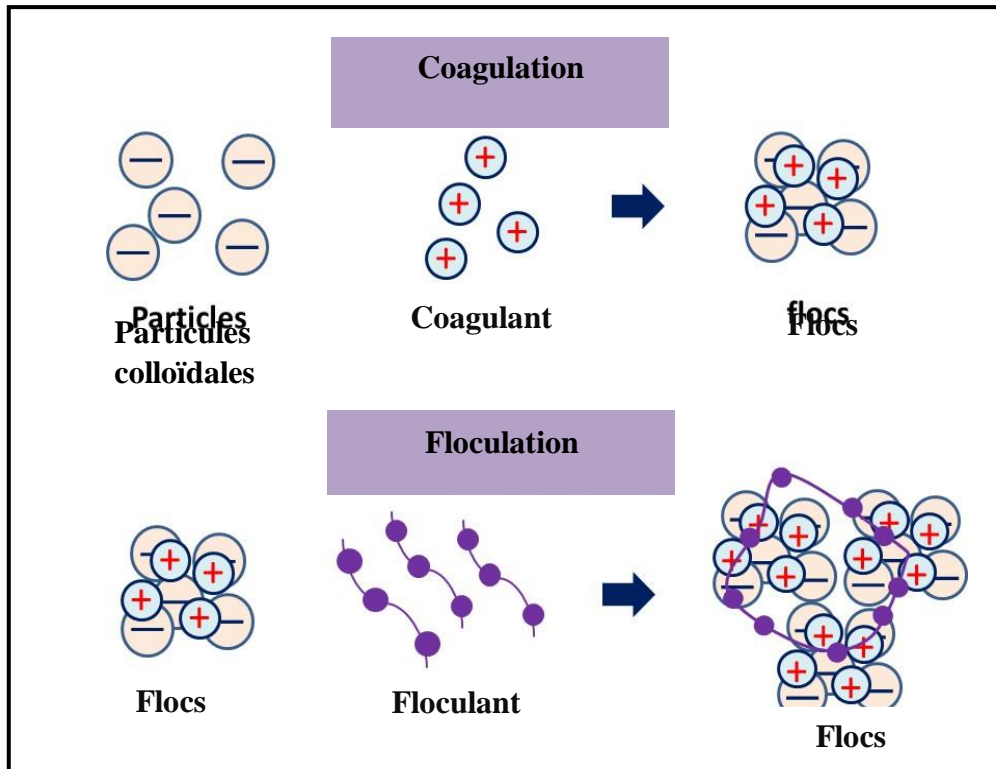


Figure I-7: Processus de Coagulation / Flocculation

- **Décantation**

La décantation est un procédé qu'on utilise pratiquement dans toutes les usines d'épuration et de traitement des eaux, a pour but d'éliminer les particules en suspension dont la densité est supérieure à celle de l'eau. Ces particules sont en générale des particules de floc ou des particules résultant de la précipitation qui a lieu lors des traitements d'adoucissement ou d'élimination du fer et du manganèse. (8) Les matières organiques ou minérales grenues et les matières floculeuses chutent au fond du bassin de décantation et constituent des boues qui sont extraites périodiquement. L'eau clarifiée, située près de la surface, est dirigée vers l'unité de filtration. (39)

- **Filtration**

La filtration est un procédé de séparation solide/ liquide qui utilise le passage à travers un milieu poreux (la plus courante est le sable) qui retient les particules en suspension dans l'eau brute ou l'eau prétraitée (floculée et décantée) mesure que les particules solides atteignent la couche filtrante, elles se déposent et absorbent les matières minérales ou organiques qui arrivent ultérieurement. (6) Ceci peut conduire à la formation d'un film biologique. Avec le

temps, il y a diminution du diamètre des pores du filtre, on dit qu'il y a colmatage. D'une façon générale, on distingue deux types de filtration:

La filtration lente qui a l'avantage d'être une opération facile mais présentant plusieurs inconvénients tels que la nécessité d'une grande surface et l'exigence d'une eau dont la turbidité est faible.

La filtration rapide, qui en revanche est une opération relativement complexe mais palliant aux inconvénients de la première. (8) (6)

- **Désinfection**

La désinfection est sans aucun doute l'étape la plus importante du traitement de l'eau destinée à la consommation. (45)

Elle est un traitement qui permet de détruire ou éliminer le microorganisme susceptible de transmettre des maladies hydriques. Ce traitement n'inclut pas nécessairement la stérilisation, qui est la destruction totale des organismes vivants dans un milieu donnée. On peut procéder à la désinfection en ajoutant à l'eau une certaine quantité d'un produit chimique doté de propriétés germicides. Les produits chimiques les plus utilisés sont: le chlore, le dioxyde de chlore, l'ozone, le brome, l'iode et le permanganate de potassium. On peut également désinfecter l'eau grâce à des moyens physiques: ébullition, ultrasons, ultraviolets ou rayons gamma. (46)

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons rappelé les bases du cycle de l'eau, l'importance et les sources de l'eau, ses caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques, ainsi que les différentes méthodes utilisées pour le traitement. Connaître l'eau permet une meilleure pour le traiter et produire une eau potable de haute qualité gestion de cette ressource naturelle et précieuse, et peut aider à trouver la meilleure méthode.

Chapitre II

Matériels et méthodes

Présentation de la région d'étude

Le bassin versant de l'Oued Agrioun couvre une superficie de 257,72 km² à partir de l'aval du barrage, il est situé dans la région de Kherrata, dans le sud-est de la wilaya de Bejaia à environ 60 km du chef-lieu et à 310 km à l'est de la capitale Alger.

L'Oued Agrioun est formé par la réunion de cinq (5) affluents. Cascade Kafrida, Oued Beni Smail, Oued Amarouche, Oued Aghzer Oufis et Oued Boulzazen. Il traverse vigoureusement les gorges de Kherrata et draine, plus en aval, la vallée alluviale de Souk El Tenine avant de rejoindre la mer Méditerranéenne.

Pour notre étude, on s'est intéressé plus exactement à l'intersection des deux flux oued Agerioun avec oued Boulzazen représentés dans la figure si dessous.



Figure II-1: délimitation du point d'intersection des deux fleuves étudiés.

Stations de prélèvement

Pour la réalisation de notre étude, durant une semaine nous avons effectué deux prélèvements par jour, le premier à 10h et le second à 14h, répartis sur des points choisis aléatoirement, tout le long du point d'intersection des deux rivières BOULZAZEN et AGUARIOUN. Représentés dans la figure ci-dessous



↑ Lieux de Prélèvement

X 36°37'31"N

Y 5°20'38"E

Z 11 (m)

100m 

Figure I I -2 : position satellitaire du lieu de prélèvement

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. (24)

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.

Matériels et méthodes d'analyses

Matériel et appareillages

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

Tableau 0-1 : 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		
Titre hydrotimétrique		
Chlorure	mg/L	
Calcium		
Magnésium		
Alcalinité		
Résidu sec	mg/L	Etuve
ammonium	mg/L	Spectrophotomètre UV-Visible HACH DR/2500
sulfates		
Nitrites		
Nitrates		
Fer	mg/L	SAA

Méthodes d'analyses physico-chimiques :***La Couleur***

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

L'odeur et saveur

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

Mesure La température**Principe**

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision, La mesure de la température a été effectuée en plongeant immédiatement le thermomètre dans le flacon d'eau à analyser pendant 5 minutes. La lecture doit se faire à travers les parois du flacon. Généralement, Les appareils de mesure de la conductivité ou du pH possèdent un thermomètre intégré. (47)

Mesure du potentiel d'hydrogène (pH)**Principe**

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.

La figure II-3 suivante représente le dispositif mise en place pour mesurer le ph et l'oxygène dissous:



Figure I I -3 : Mesure du pH et de l'oxygène dissous.

Mesure de la conductivité électrique(CE)**Principe**

La conductivité est mesurée in situ à l'aide d'un appareil conductimètre, exprimée en micro siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Mode opératoire

- Prendre environ 100 ml 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.

Mesure l'oxygène dissous**Principe**

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

Mode opératoire

- Prendre environ 100 ml 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.

Mesure la turbidité**Principe**

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

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.

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

Mesure des matières en suspension (MES)**Principe**

Les matières en suspension ont été mesurées par pesée après filtration sur une membrane de 0,45 µm de porosité de masse (M_0) d'un volume d'eau connu (V) sur une pompe. On récupère le filtre mouillé et on le sèche dans l'étuve pendant 2 heures à $105 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ puis on pèse le filtre avec MES (M_1),

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. (48)

La formule de calcul suivante permet la détermination de MES :

$$\text{MES (mg/l)} = \frac{M_1 - M_0}{V} \dots\dots\dots \text{Équation II-1}$$

Où :

M_0 : poids du filtre avant filtration (mg).

M_1 : poids du filtre après filtration (mg).

V : volume filtré (ml).

La teneur des matières en suspension est exprimée en mg/l. la figure suivante présente le dispositif de filtration:



Figure II-4: Dispositif de filtration

Mesure résidu sec

Principe

Cette mesure permet d'évaluer la teneur des matières dissoutes et en suspension déterminée par pesée. Une certaine quantité d'eau est évaporée soit à 105 ou 180 °C dans une capsule tarée. Le résidu desséché est ensuite évalué par pesée.

- Résidu sec > 1500 mg/l: eau riche en sels minéraux;
- 1500 mg/l > résidu sec > 500 mg/l: eau moyennement minéralisée;
- 500 mg/l > résidu sec > 50 mg/l: eau faiblement minéralisée;
- Résidu sec < 50 mg/l: eau très faiblement minéralisée.

Mode opératoire

Tarer une capsule en porcelaine préalablement lavée, séchée à 105°C pendant 1h (Pv), Prélever 100 ml d'eau à analyser dans une fiole jaugée et verser la dans la capsule en porcelaine. Porter celle-ci à ébullition jusqu'à l'évaporation totale de l'eau et à sec, dans l'étuve à 105°C. Laisser refroidir pendant ¼ d'heure au dessiccateur. Peser immédiatement et rapidement (Pp). (24)

$$RS = \frac{Pv - Pp}{V} \dots\dots\dots \text{Équation II-2}$$

Où:

Pp: est le poids plein de la capsule après évaporation totale de l'eau et séchage à 105°C.

Pv: est le poids vide de la capsule.

V: est le volume d'eau analysée.

Dosage des chlorures par la METHODE DE MOHR.

Principe

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrates d'argent en présence de bichromates de potassium (K₂CrO₄) comme indicateur:

Les ions chlorures réagissent avec les ions argent pour former du chlorure d'argent insolubles, qui se précipitent quantitativement selon la réaction suivante:



Quand tous les ions chlorure ont été précipités, le chromate d'argent précipite à son tour selon la réaction suivante:



Et le mélange prend une teinte rouge brique. Le précipité Ag_2CrO_4 apparaît ainsi comme un indicateur de la fin de précipitation des ions chlorure. (49)

Réactifs

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

Mode opératoire

Introduire 100 ml d'eau à analyser, dans une fiole conique de 250ml. Ajouter 3 à 5 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. (24)

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

Expression des résultats

Pour une prise d'essai de 100 ml :

$$[\text{Cl}^-] \text{ (mg/l)} = V \times 35.5 \dots \dots \dots \text{Équation II-5}$$

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 50 ml 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. (50)

Expression des résultats

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

$$TH = V \times 2 \dots\dots\dots \text{Equation II-6}$$

Où:

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

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. (51)

Expression des résultats

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

$$Ca^{2+} = \frac{V \times C_{EDTA} \times A \times 1000}{V_E} \dots \dots \dots \text{Équation II-7}$$

- 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 / mol),

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. (24)

Expression des résultats

Dureté magnésienne (mg/l) = [D.Totale (mmol/l) - D.Calcique (mmol/l)] x 24.30 g/mol

...Équation 0-8

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 phénolphtaléine 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.

Expression des résultats

$$TA (mg/l) = V \times 10 \dots\dots\dots \text{Équation II-9}$$

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

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. (52)

Expression des résultats

$$TAC (mg/l) = V \times 10 \dots\dots\dots \text{Équation II-10}$$

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

1F: Degrés français (1°F = 10 mg/l de CaCO₃).

Détermination des sulfates

Principe

Le dosage des sulfates est basé sur la réaction en milieu acide, entre l'ion sulfate et le chlorure de baryum, qui conduit quantitativement à la formation de sulfate de baryum, sel très peu soluble.

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



Réactifs

- Solution stabilisant ;
- Solution de chlorure de baryum.

Appareillage

- Matériels courant de laboratoire : verrerie.
- Agitateur magnétique.
- Spectrophotomètre UV-VIS permettant des mesurages à une longueur d'onde de 420 nm.

Mode opératoire :

Dans un erlen de 250 mL placé sur un agitateur magnétique, verser 100 mL d'échantillon ou de solution étalon. Ajouter à l'aide d'une pipette 5 mL de la solution

stabilisante puis agiter. La vitesse d'agitation devra être maintenue constante pendant toute la durée de l'expérience.

Ajouter environ 0,4 g de BaCl₂ et agiter une minute, puis verser la suspension dans la cellule de mesure. Attendre 3 ou 4 minutes pour que la turbidité se développe, puis faire la lecture sur l'appareil à 420 nm, ne pas attendre plus de 10 min après l'addition de BaCl₂.

Commencer par le témoin afin de pouvoir régler le 100 % de transmission et faire la soustraction du témoin. (53)

Tableau 0-2: Etablissement de la courbe d'étalonnage des sulfates.

Numéro de capsule	T	I	II	III	IV	V
V (ml) Solution étalon de sulfate à 0,1g/L	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05
Eau distillée	Ajuster à 100 ml					
Correspondance en mg/L de sulfates	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05

Expression des résultantes

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

Dosage du fer par spectrométrie d'absorption moléculaire

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.

Appareillage

- Spectrophotomètre UV-Visible.

Réactifs

- Acide chlorhydrique.
- Solution d'acétate d'ammonium.
- Solution de chlorhydrate de phénanthroline 1, 10.

- Solution mère étalon de fer à 1g/L.
- Solution fille de fer à 10 mg/L (à préparer au moment de l'emploi).
- Eau distillée.

Etablissement de la courbe d'étalonnage

Préparer, à partir de la solution fille, des dilutions couvrant la gamme de concentrations souhaitées (maximum: 2 mg/L).

Tableau 0-3 : Etablissement de la courbe d'étalonnage du fer.

Numéro de fiole	I	II	III	IV	V	VI
Solution étalon du fer à 10 mg/L (mL)	0	1	2	5	7,5	10
Eau distillée en (mL)	96	95	94	91	88,5	84
Acetates d'ammonium (mL)	2					
Phénanthroline (mL)	2					
Correspondance en mg/L de Fe ²⁺	0	0,1	0,2	0,5	0,75	1

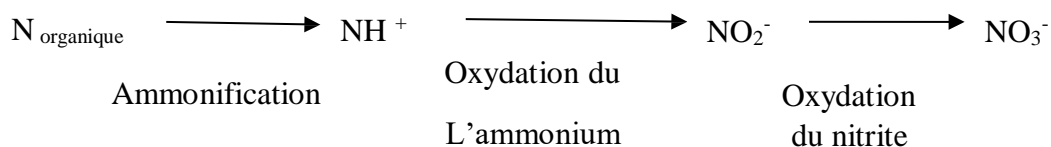
Expression des résultantes

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

Dosage des nitrites

Principe

La diazotation de l'aino-4-benzènesulfonamide par les nitrites en milieu acide et sa copulation le dichlorure de N-(naphtyl-1) diamino-1,2 éthane donne un complexe coloré pourpre susceptible d'un dosage spectrométrique.



Équation II-12 Nitrification

Réactifs

- Réactif mixte.

Matériels

- Matériels courant de laboratoire : verrerie.
- Spectrophotomètre UV-VIS permettant des mesurages à une longueur d'onde de 540nm.

Mode opératoire

Introduire 50 mL d'eau à analyser dans une fiole jaugée, ajouter 1 mL du réactif mixte et attendre au moins 20 minutes. L'apparition de la coloration rose indique la présence des NO_2^- . Enfin, mesurer l'absorbance à une longueur d'onde de 540 nm. Effectuer parallèlement au dosage un essai à blanc en suivant le même mode opératoire mais en employant le même volume approprié d'eau distillée à la place de la prise d'essai. (54)

Dosage des nitrates

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

Appareillage

- Capsule de 60 mL environ.
- Bain marie.

Réactifs

- Solution de salicylate de sodium à 10 g/L à renouveler toutes les 24 heures.
- Acide sulfurique concentré.
- Solution d'hydroxyde de sodium.
- Solution d'azoture de sodium.
- Solution mère étalon d'azote nitrique à 100 mg/L.
- Solution fille étalon d'azote nitrique à 5 mg/L.

Mode opératoire

Introduire 10 mL d'eau dans une capsule de 60 mL (pour des teneurs en azotes nitrique supérieur à 10 mg/L, opérer une dilution). Alcaliniser faiblement avec la solution

d'hydroxyde de sodium. Ajouter 1 mL de solution de salicylate de sodium à 0,5 % puis évaporer à sec au bain marie ou à l'étuve 75 – 88 °C.

Laisser reposer 10 minutes. Ajouter 15 mL d'eau distillée et 15 mL de tartrate double de sodium et de potassium. Préparer de la même façon un témoin avec 10 mL d'eau distillée.

Effectuer les lectures au spectromètre à la longueur d'onde de 415 nm et tenir compte de la valeur lue pour le témoin. (55)

Essais de coagulation-floculation (Jar-test)

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

Réactifs

- Sulfate d'aluminium $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$;
- Polymère chimique ;
- alginate naturelle ;
- Eau distillée.

Matériels

- Jar-test équipé de 4 béchers de 1000 mL.
- Fioles jaugées.
- Pipette.
- Micropipette.

Mode opératoire

Optimisation des concentrations de coagulant et des flocculant

Remplir des béchers de 1000 ml d'eau à analyser et les placer dans le Jar-test. Injecter des volumes croissants de la solution de sulfate d'aluminium croissants allant de 0.5 à 4. Agiter pendant 3 min à une vitesse d'agitation rapide de 120-140 tr/min pendant 3 min et après 2 min d'agitation ajouter un volume de 1 ml de polymère (Flocculant) puis diminuer la vitesse à 40 tr/min et laisser sous agitation constante pendant 20 min.

Laisser décanter pendant 20 minutes et mesurer la turbidité. La valeur de la concentration optimum est celle qui donne une faible turbidité.

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. Puis diminuer la vitesse à 40 tr/min et laisser sous agitation constante pendant 20 min.

Après 20 minutes de décantation, mesurer la turbidité. La concentration donnant une faible turbidité est prise comme optimum.

Procéder de la même manière pour optimiser la concentration de l'alginate.

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).

Optimisation de la vitesse d'agitation lente

Après avoir rempli les 4 béchers de 1 l d'eau à analyser. Injecter pour chacun le volume optimum du coagulant. 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 20 min. et mesurer la turbidité (la vitesse donnant une faible turbidité est prise comme optimum).

Optimisation du temps d'agitation rapide

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 floculant, la vitesse d'agitation rapide, lente). Faire varier le temps d'agitation rapide allant de 0 à 3 min.

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 floculant, la vitesse d'agitation rapide, lente). Faire varier le temps d'agitation lente allant de 14 à 20 min.

Laisser décanter pendant 20 min. et mesurer la turbidité (le temps d'agitation donnant une faible turbidité est pris comme optimum).

Optimisation du temps de décantation

Après avoir rempli les 4 béchers de 1l 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).

La figure II-5 suivante présente le dispositif jar test du procédé coagulation floculation:

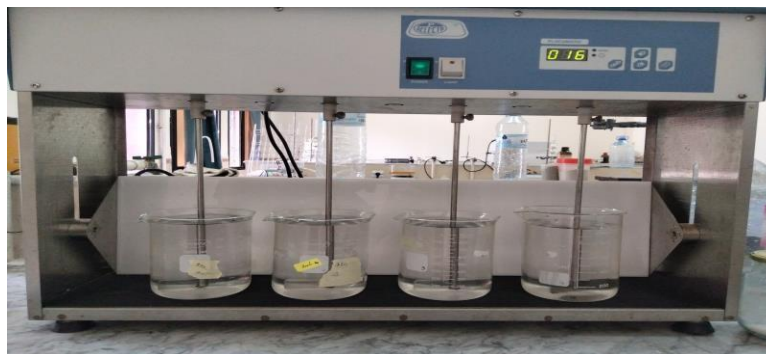


Figure 0-5 : Photographie représentant le dispositif Jar-test.

Conclusion

l'identification de la zone d'étude et la description de la station de traitement choisie, ont été abordés dans ce chapitre ainsi que le matériel et les méthodes d'analyses adoptées et la mise en place du protocole expérimental afin de caractériser les paramètres physico-chimiques de ces eaux et pour arriver à leur transparence pendant une courte durée, nous avons recours aux procédés de coagulation-floculation d'où on a montré l'intérêt de ces

processus qui sont généralement utilisées pour éliminer les matières en suspensions ainsi que les matières colloïdales dans l'eau aussi il présente les différents coagulant et flocculant utilisé, et détaille, plus particulièrement, ce phénomène sur la lesquels porte spécifiquement notre étude.

Chapitre III

Résultats et discussions

Résultats et Discussion

Résultats des analyses physico-chimiques

Caractéristiques physico-chimiques des eaux de point d'intersection des deux rivières Boulazazene et Agrioune:

Tableau III-1 : résultats des analyses physico-chimiques

Facteurs	T °C	PH -	C.E μs/Cm	OD mg/l	Trb NTU	MES mg/l	Cl ⁻ mg/l	TH mg/l	Ca ²⁺ mg/l	Mg ²⁺ mg/l	TA F°	TAC F°	Fe ²⁺ mg/l	NO ₂ ⁻ mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	NH ₄ ⁺ mg/l	S O ₄ ²⁻ mg/l	RS mg/l
Normes de potabilité	25	6,5-9	2800	—	5	—	500	500	200	150	—	500	0,3	0.2	50	0.5	400	1500
J1	21,2	8,25	839,5	8.74	5.30	6	99.045	366	56.51	12.63	0	20.9	0.002	0.011	0.55	0.073	129.36	700
J2	23	8,3	841,5	8.42	6.52	7	90.525	369	48.29	13.19	0	18.2	0.005	0.014	0.21	0.095	133.56	474
J3	22,7	8,2	839,5	9.27	7.22	5	110.05	370	51.7	13.09	0	19.05	0.006	0.012	0.38	0.11	141.92	746
J4	21,5	8,3	842,5	8.57	7.63	7	101.175	356	55.31	12.37	0	18.45	0.004	0.019	0.25	0.081	138.64	732
J5	21	8,29	847	8.91	6.12	8	95.85	361	52.48	12.63	0	20.5	0.004	0.016	0.32	0.054	136.28	714
Moy	21,88	8,27	841,8	8.78	6.55	6.6	99.33	364.4	50.258	12.78	0	19.42	0.004	0.086	0.342	0.0826	135.952	673.2

Discussions des analyses physico-chimiques

Pour une analyse approfondie des résultats trouvés, dans le tableau précédent, et pour savoir plus sur la qualité de l'eau, on a tracé les graphes déterminants les différents paramètres.

Mesure de la Température:

Les résultats de la température sont illustrés dans la figure 12. La température est effectuée en deux reprises pendant 5 jours. La 1ère prise effectuée à 10h00 varie entre 19.6 et 21.9°C avec une moyenne de 20.84 °C. Lors de la 2ème prise effectuée à 14h00, elle varie entre 22.3 et 24.4°C avec une moyenne de 23.04°C pour les 5 jours.

L'augmentation des températures lors du 2ème prélèvement pourrait être expliquée par le changement climatique enregistré en cette période de l'année (printemps 2021).

D'après la littérature, pour un milieu aquatique, la température des eaux superficielles sont 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. (49)

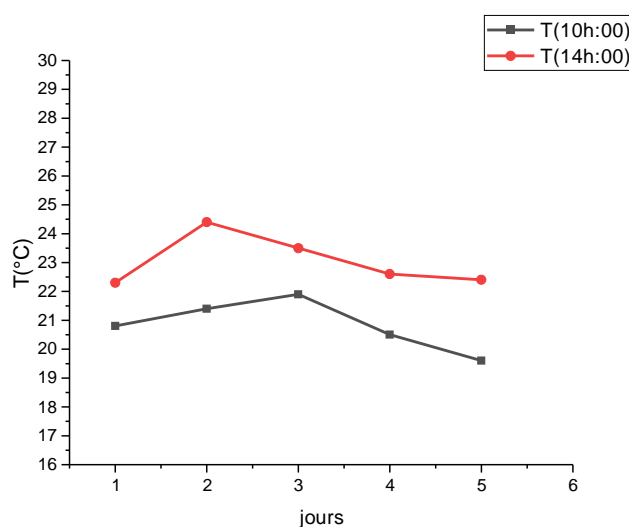


Figure III-1: Variation de la température de l'eau au point d'étude.

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. (13)

Mesure du pH de l'eau:

La figure 13 représente les variations du pH des eaux. Le PH est effectué en deux reprises pendant 5 jours. La 1ère prise effectuée à 10h00, le pH varie entre 8.1 et 8.23 avec une moyenne de 8.2 ; et durant la 2ème prise, le pH varie entre 8.3 et 8.4 avec une moyenne

de 8.36. Cette variation pourrait être liée au contact direct avec l'air et à la nature des terrains traversés.

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 . (49)

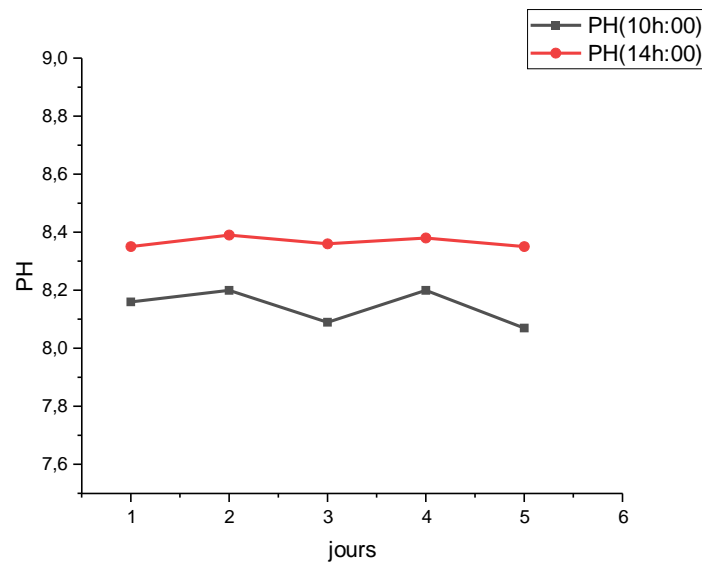


Figure III-2:Variation du pH de l'eau au point étudié

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

Conductivité électrique:

Les résultats d'analyse de la conductivité électrique des eaux lors des deux reprises pendant 5 jours sont présentés dans la figure 14. Lors de la 1^{ère} prise effectuée à 10h00 la conductivité varie entre 843 et 851 $\mu\text{s}/\text{cm}$ avec une moyenne de 846 $\mu\text{s}/\text{cm}$. Lors de la 2^{ème} prise effectuée à 14h00 elle varie entre 836 et 843 $\mu\text{s}/\text{cm}$ avec une moyenne de 838 $\mu\text{s}/\text{cm}$.

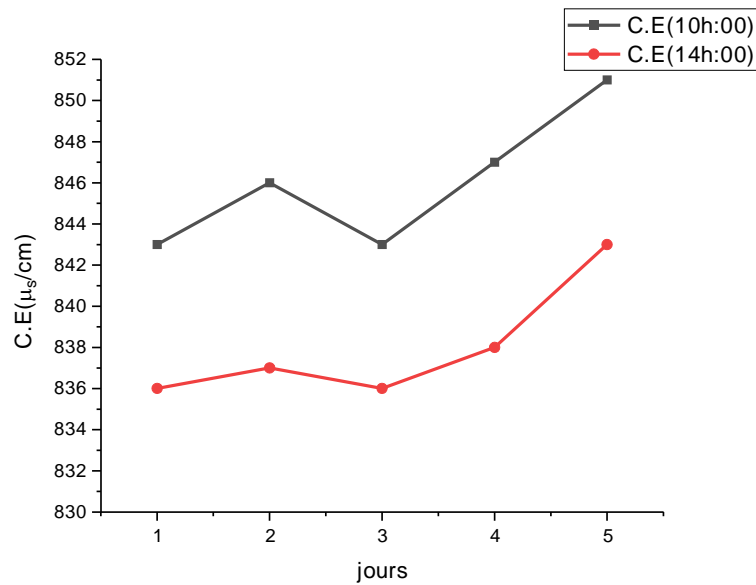


Figure III-3: Evolution de la conductivité de l'eau au point étudiant.

Oxygène dissous:

La figure représente les résultats d'analyses de l'oxygène dissous des eaux, qui s'est effectuée pendant 5 jours du printemps (2021). qui varie entre 8.42 mg/l et 9.27 mg/l avec une moyenne de 8.78 mg/l.

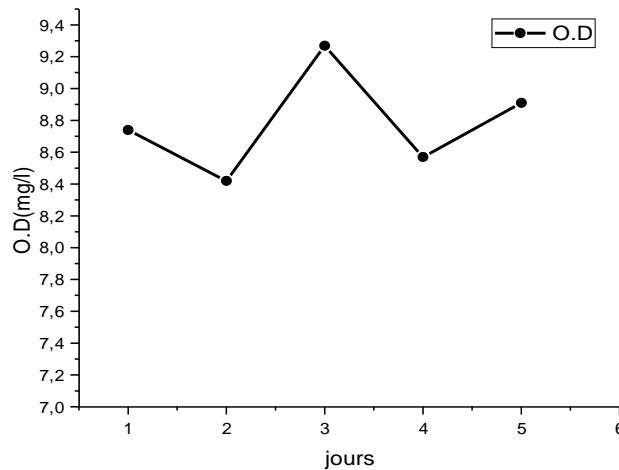


Figure III-4: Variation de l'oxygène dissous de l'eau au point étudiant

Turbidité:

La mesure de la turbidité pendant 5 jours est illustrée dans la figure 16, les turbidités mesurées sont comprises entre 5.3 et 7.63 NTU avec une moyenne de 6.55 NTU .

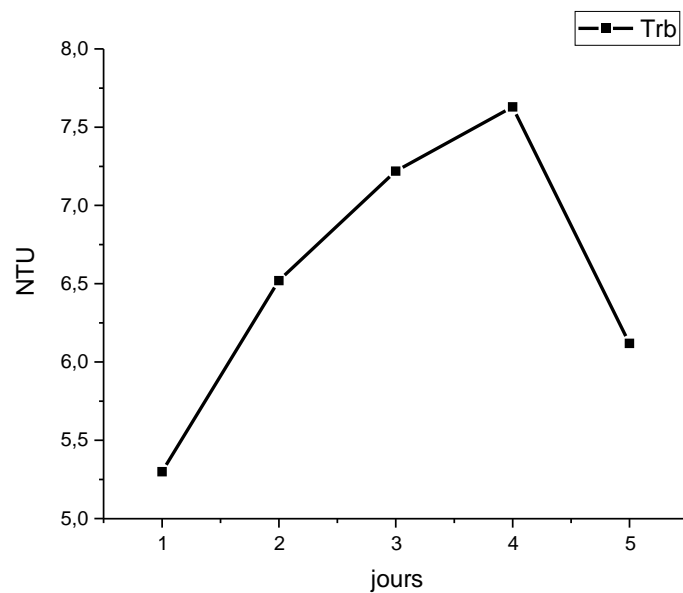


Figure III-5: Variation de la turbidité de l'eau au point étudié.

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

Matière en suspension:

La teneur de matière en suspension des eaux pendant 5 jours sont présentés dans la figure 17. Les teneurs en matières en suspension sont comprises entre 5 et 8 mg/l, avec une moyenne de 6.66 mg/l.

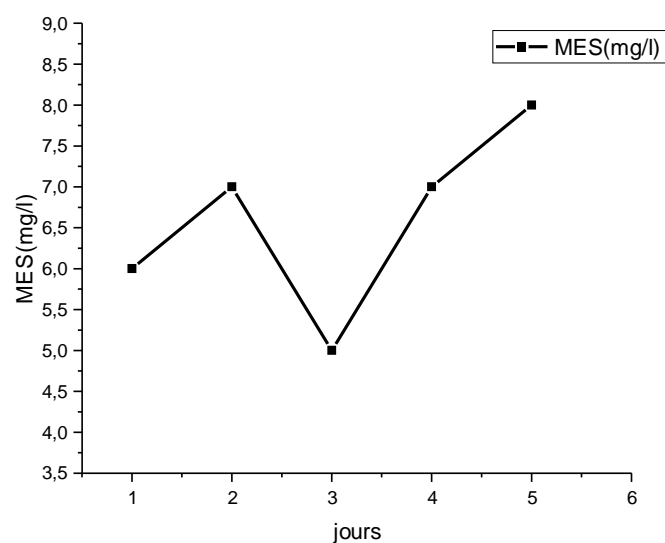


Figure III-6: Variation des Matières en suspensions (MES) de l'eau au point étudié.

Chlorure (Cl⁻):

Les résultats des analyses des Cinq jours de prélèvement montrent que les concentrations en Chlorure varient entre 90.525 et 110.05 mg /l avec une moyenne de 99.33 mg/l.

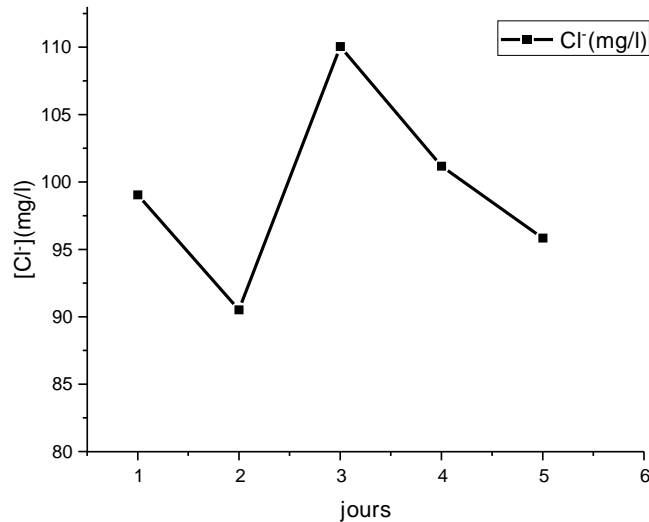


Figure III-7: Variation des Chlorures de la station étudiée

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 5 jours de prélèvement sont conformes à la norme algérienne qui ne dépasse pas les 500mg/l.

Calcium (Ca²⁺):

Les résultats des analyses des Cinq jours de prélèvement montrent que les concentrations en Calcium varient entre 48.29 et 56.51 mg/l, avec une moyenne de 50.25 mg/l.

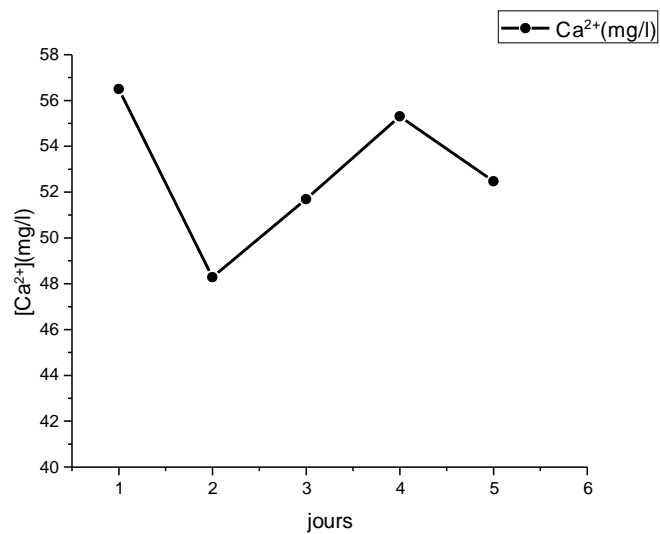


Figure III-8 : Variation du calcium de la station étudiée.

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

Magnésium (Mg²⁺):

Les résultats des analyses de la station étudiée montrent que les concentrations en magnésium varient entre 12.37 et 13.19 mg/l, avec une moyenne de 12.78 mg/l.

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

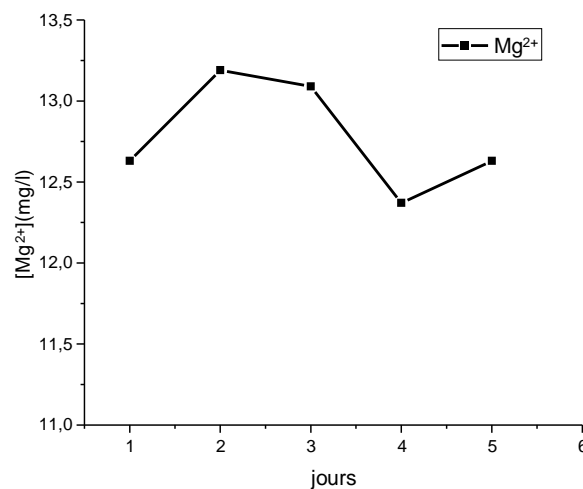


Figure III-9: Variation du magnésium de la station étudiée..

Toutes les concentrations obtenues sont conformes à la norme algérienne de potabilité qui est fixée à 150 mg/l.

Dureté (TH):

La mesure de la dureté durant notre période d'analyse nous a donnée des concentrations s qui varient entre 356 et 370 mg/l avec une moyenne de 364.4 mg/l.

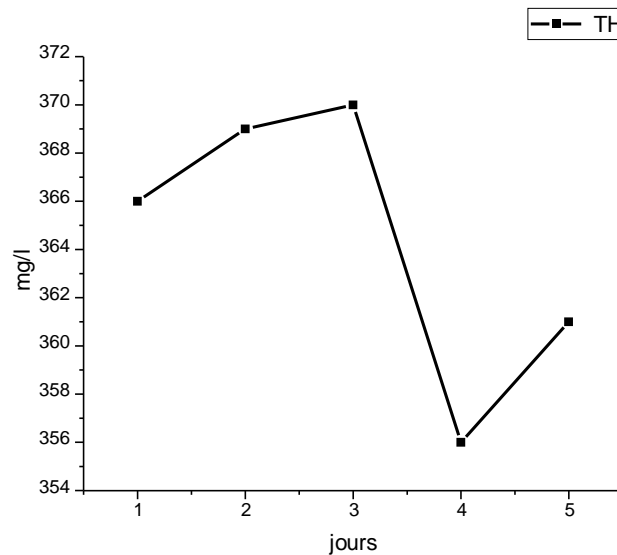


Figure III-10: variation de la dureté de la station étudiée.

Nous pouvons dire que cette eau est dure, car elle contient un faible taux de calcium dont la valeur moyenne est de 50.25 mg/L

L'alcalinité

Les résultats d'analyse des bicarbonates de la station étudiier est présenté dans la figure 22, durant cette période d'étude les bicarbonates varient entre 20.9 et 18.2 mg/l pour stations une moyenne de 19.42 mg/l,

Ces concentrations résultent de l'altération des minéraux des roches.

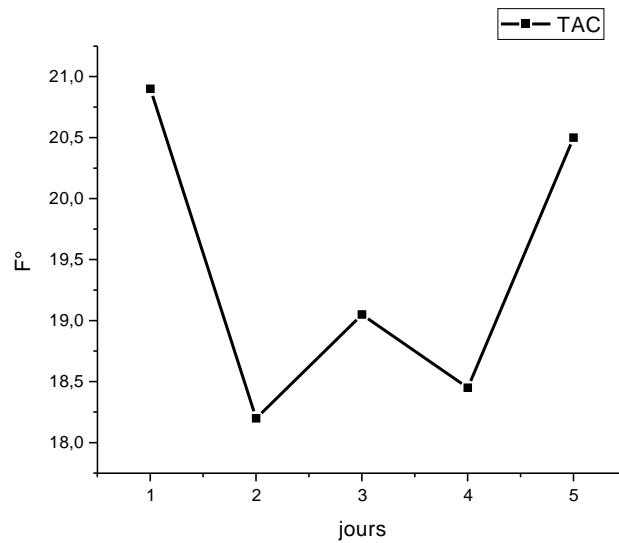


Figure III-11: Variation de l'alcalinité de la station étudiée

Les résultats d'analyse pour les différents échantillons d'eaux montrent que les teneurs en alcalinité prennent des valeurs qui ne dépassent pas la norme algérienne de potabilité des eaux. Ainsi que La valeur du TA C supérieur à 0 indique que le pH de notre eau est supérieur à 7.

Fer (Fe^{2+})

La variation des concentrations des ions ferreux durant ces cinq jours est présenté dans la figure 23, les concentrations en fer varient entre 0.002 et 0.006 mg/ avec une moyenne de 0.086 mg/l.

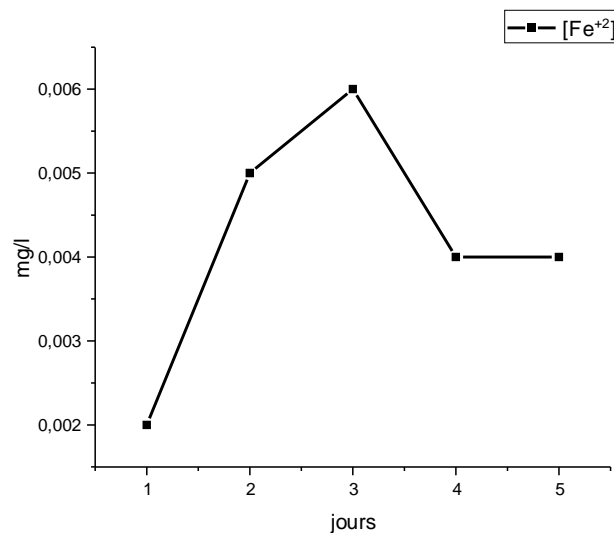


Figure III-12: Variation du fer (fe^{2+}) de la station étudiée

Les teneurs en Fe^{2+} ne dépassent pas les normes pour les valeurs de cette station.

Nitrite (NO_2^-)

La variation des concentrations de nitrite de la station étudié est présenté dans la figure 24. Les concentrations en nitrite varient entre 0.011 et 0.019 mg/l avec une moyenne de 0.086 mg/l.

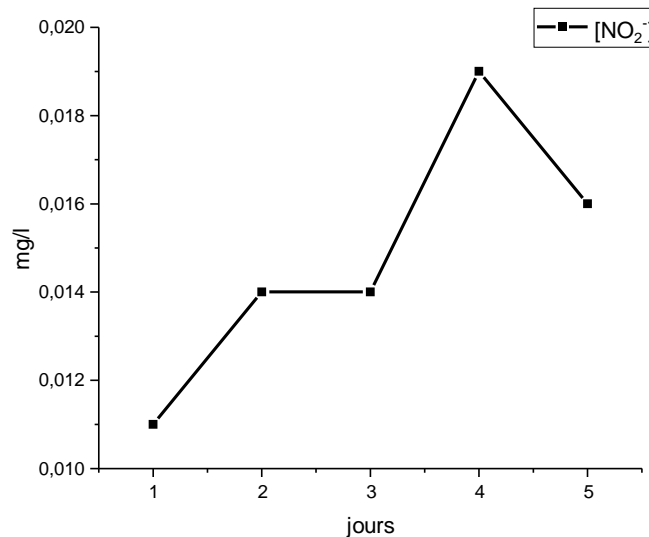


Figure III-13: Variation des nitrites (NO_2^-) de la station étudiée.

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 inférieure à la norme algérienne de potabilité qui est fixée à 0.2 mg/l.

Nitrate (NO_3^-)

Les résultats des analyses des cinq jours montrent que les concentrations en nitrates varient entre 0.21 et 0.55 mg/l, avec une moyenne de 0.35 mg/l.

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, 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. (48)

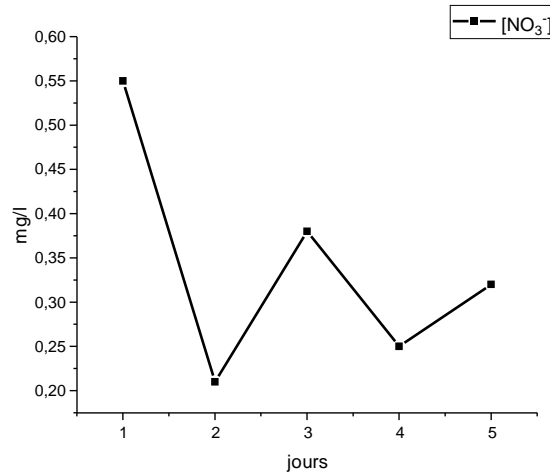


Figure III-14: Variation des nitrates (NO₃⁻) de la station étudiée.

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. (48)

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.

Sulfate (SO₄²⁻)

Les résultats des analyses de la station étudiée montrent que les concentrations en nitrates varient entre 128.46 et 143.98 mg/l, avec une moyenne de 137.12 mg/l. 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.

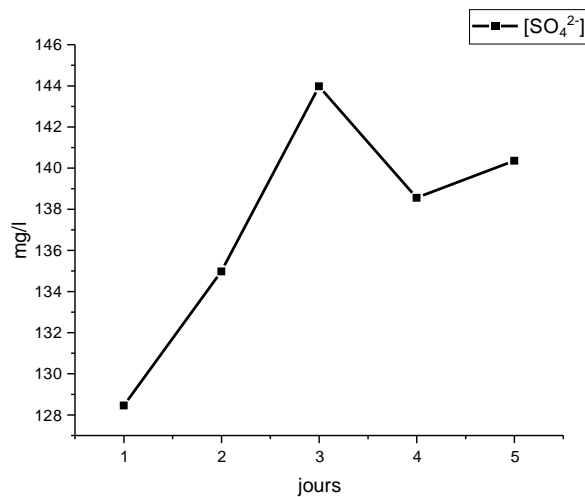


Figure III-15: Variation des sulfates (SO₄²⁻) de la station étudiée.

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).

Ammonium (NH₄⁺)

Les résultats d'analyse de l'ammonium des cinq jours sont illustrés dans la figure 27, les concentrations en ammonium varient entre 0.054 et 0.11 mg/avec une moyenne de 0.079 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.

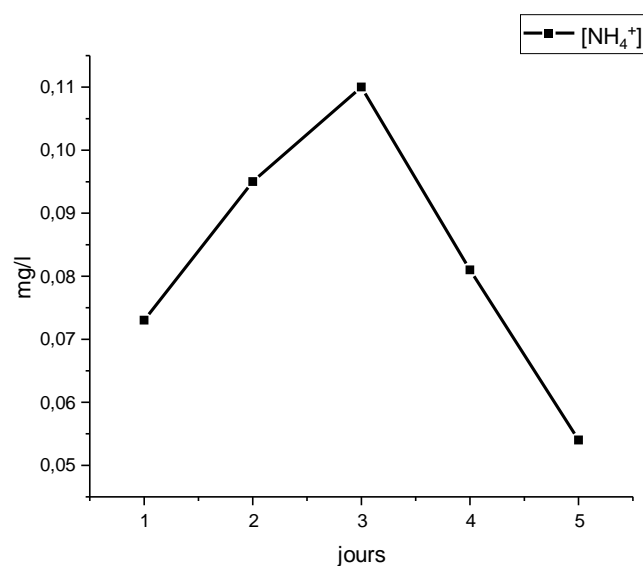


Figure III-16 : Variation de l'ammonium (NH₄⁺) de la station étudiée.

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. (53)

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

Résidu sec

Les résultats d'analyse des résidus secs présentés dans la figure 28, montrent que durant cette période d'analyse le taux des résidus secs varie entre 474 et 746 mg/l avec une moyenne de 673 mg/l,

Selon RODIER 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. (8)

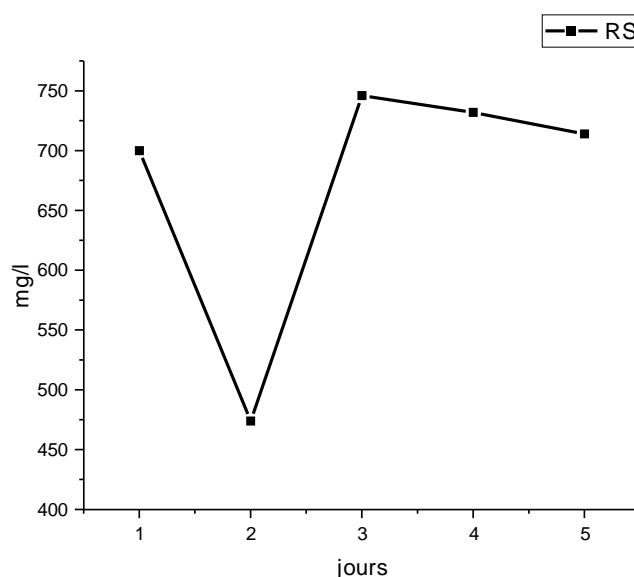


Figure III-17: Variation des résidus secs de la station étudiée.

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

Essais de coagulation-floculation (Jar-test)

Optimisation de la concentration du coagulant et du floculant

Mesure de la turbidité avant le traitement : $Trb = 12.3$ NTU

Optimisation de la concentration du sulfate d'aluminium :

Conditions de travail choisies pour le Jar-Test:

- Vitesse d'agitation rapide 120 tr/min pendant 4 minutes.
- Vitesse d'agitation lente 40 tr/min pendant 20 minutes.
- Temps de décantation 20 minutes.
- concentration de polymère : 0.01 mg/l

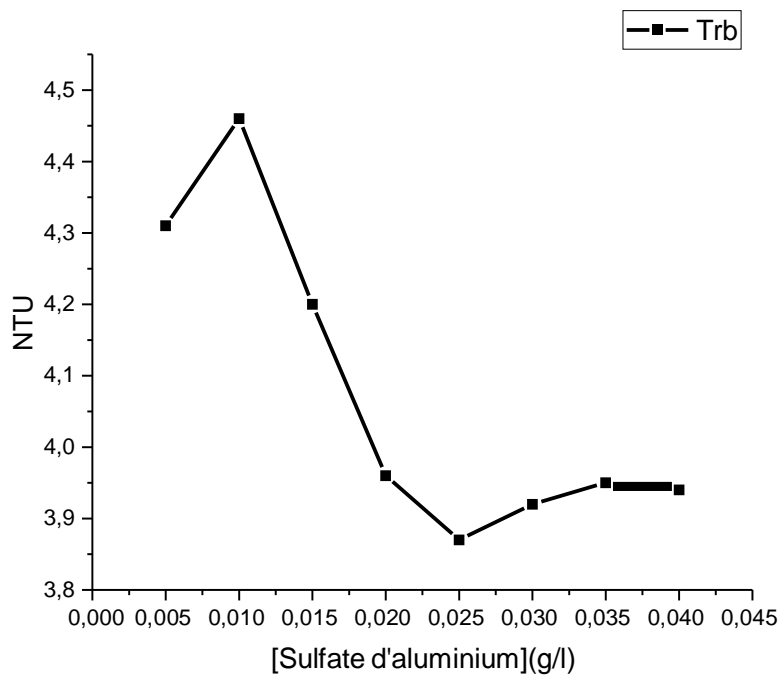


Figure III-18: Variation de la turbidité en fonction du sulfate d'aluminium.

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 0.025 g/l pour une turbidité de 3,52 NTU. Cette diminution est due aux particules du coagulant qui déstabilisent les colloïdes négativement chargés présents dans l'eau à traiter. Au-delà de 0.025 g/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 0.025 g/l.

Optimisation de la concentration de polymère

Conditions de travail choisies :

- Vitesse d'agitation rapide 120 tr/min pendant 4 minutes.
- Vitesse d'agitation lente 40 tr/min pendant 20 minutes.
- Temps de décantation 20 minutes.

Concentration du sulfate d'aluminium : 0,025 g/L

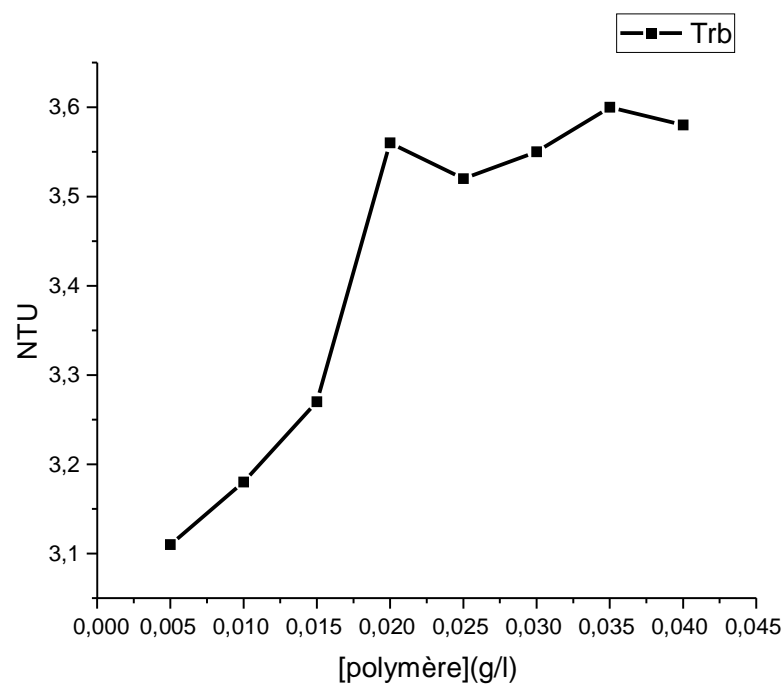


Figure III-19: Variation de la turbidité en fonction du polymère.

Le graphe de la figure 30 montre une diminution rapide de la turbidité de 3.11 NTU qui correspond aux concentrations 0.005 mg/l ; puis elle commence à augmenter au-delà de mg/l, pour cela il faut donc éviter la sur dose 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 est de 0.005 mg/l. Donc les concentrations combinées de coagulant/floculant les plus adéquates pour notre eau peuvent être fixées comme suit : $[Al_2(SO_4)_3, 18 H_2O] = 0.025$ g/l et $[Polymère] = 0.005$ mg/l.

Optimisation de la vitesse d'agitation de l'étape rapide

Mesure de la turbidité avant le traitement : $Trb = 13.4$ NTU

Condition de travail :

- Agitation rapide pendant 4 minutes.
- Vitesse d'agitation lente 40 tr/min pendant 20 minutes.
- Temps de décantation 20 minutes.

Opération menée avec des concentrations de sulfate d'aluminium de 0,025g/L et de polymère de 0,005 mg/L.

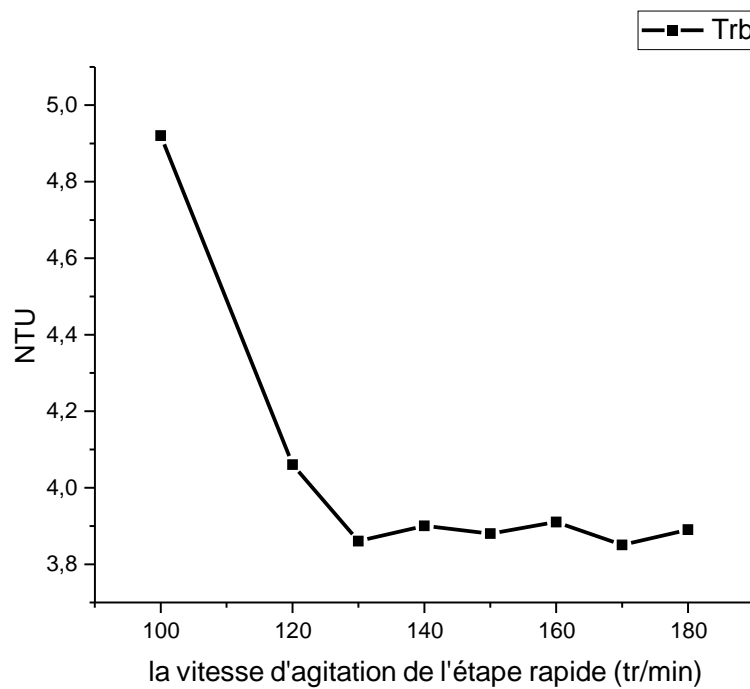


Figure III-20: Variation de la turbidité en fonction de la vitesse d'agitation rapide.

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 130 tr/min pour une turbidité de 3.86 NTU, puis elle

augmente jusqu'à 3.91 NTU pour une vitesse de 160 tr/min, ceci peut être expliquée par la destruction des floes 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 130 tr/min

Optimisation de la vitesse d'agitation de l'étape lente:

Mesure de la turbidité avant le traitement : $Trb = 15.2$ NTU

Condition de travail :

- Vitesse d'agitation rapide 130 tr/min pendant 4 minutes.
- Vitesse d'agitation lente pendant 20 minutes .
- Temps de décantation 20 minutes.

Avec une concentration en sulfate d'aluminium 0,025 g/L et une concentration du polymère 0,005 mg/L.

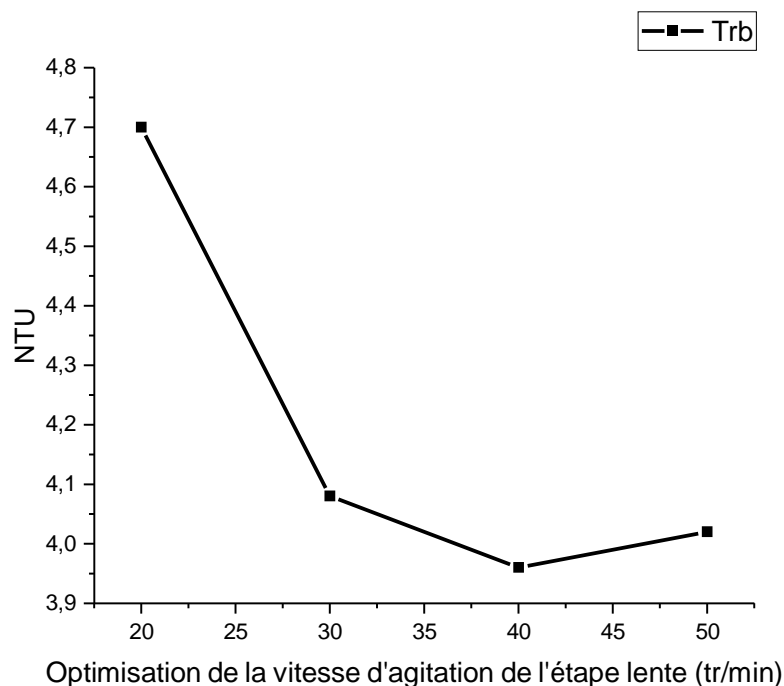


Figure III-21: Variation de la turbidité en fonction de la vitesse d'agitation lente.

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 3.96 NTU, puis elle augmente légèrement jusqu'elle atteint les 4.02 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.

Optimisation du temps d'agitation de l'étape rapide

Condition de travail :

- Vitesse d'agitation rapide 130 tr/min.
- Vitesse d'agitation lente 40 tr/min pendant 20 minutes.
- Temps de décantation 20 minutes.

Avec une concentration en sulfate d'aluminium 0,02 g/L et une concentration du polymère 0,015 mg/L.

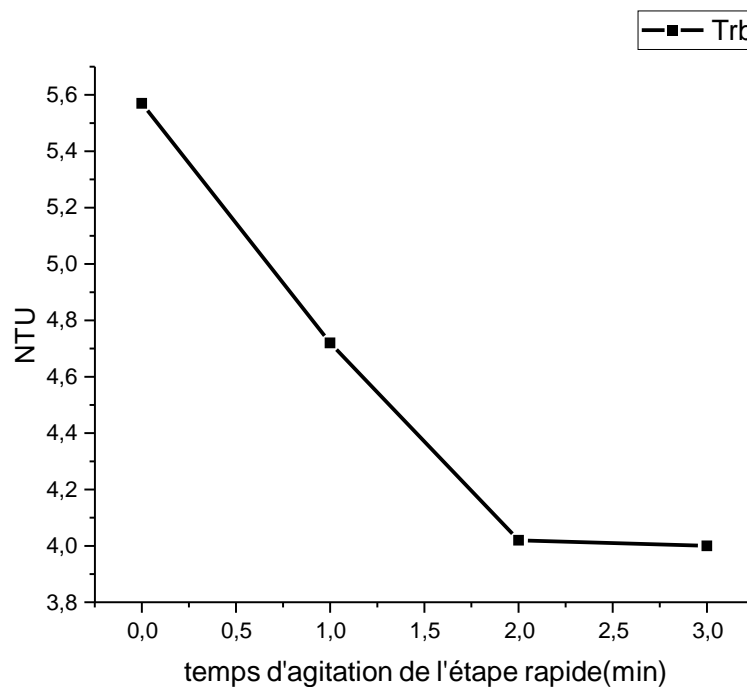


Figure III-22: Variation de la turbidité en fonction du temps d'agitation rapide.

Le graphe de la figure 33 montre une diminution rapide de la turbidité de 4.02 NTU à NTU qui correspond au temps entre 2 et 3 min respectivement ;

L'allure de la courbe montre que la valeur optimale du temps d'agitation de l'étape rapide est à partir de la 3 minute, Qui va nous servir pour la suite de notre travail afin d'optimiser le reste des paramètres.

Optimisation du temps d'agitation de l'étape lente

Condition de travail :

- Vitesse d'agitation rapide 130 tr/min pendant 3 minutes.
- Vitesse d'agitation lente 40 tr/min
- Temps de décantation 20 minutes.

Avec une concentration en sulfate d'aluminium 0,025 g/L et une concentration du polymère 0,005 mg/L.

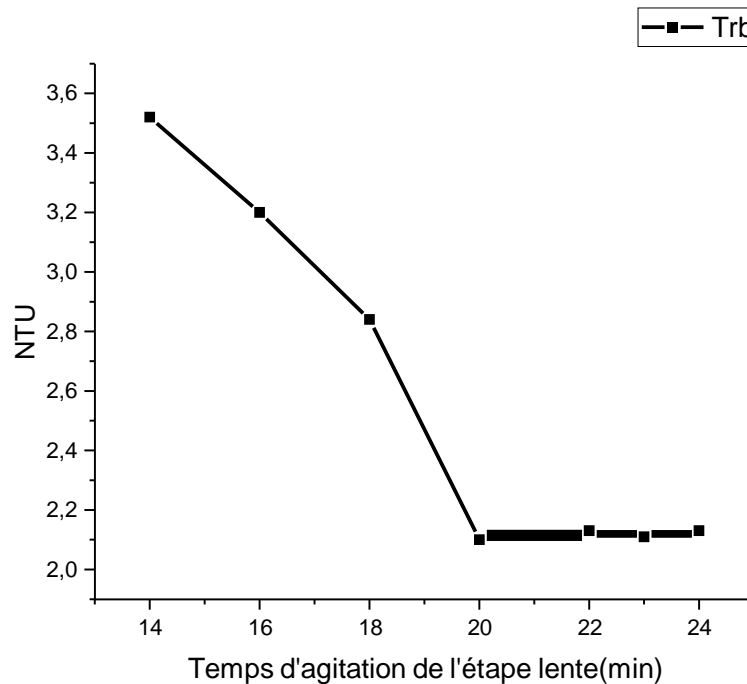


Figure III-23: Variation de la turbidité en fonction du temps d'agitation lente.

Le graphe de la figure 34 montre une diminution de la turbidité de 3.52 NTU jusqu'à 2.10 NTU pour un temps d'agitation de 14 min jusqu'à 20 min, puis elle commence à une légère augmentation jusqu'à une valeur de 2.13 NTU. Pour la suite de notre travail nous avons fixé le temps d'agitation de l'étape lente 20 min qui a donné une turbidité de 2.10 NTU dans nos essais.

Optimisation du temps de décantation

Mesure de la turbidité avant le traitement : $Trb = 17.06$ NTU

Condition de travail :

- Vitesse d'agitation rapide 130 tr/min pendant 3 minutes.

- Vitesse d'agitation lente 40 tr/min pendant 20 minutes.
- Temps de décantation.

Avec une concentration en sulfate d'aluminium 0,025 g/L et une concentration du polymère 0,005 mg/L.

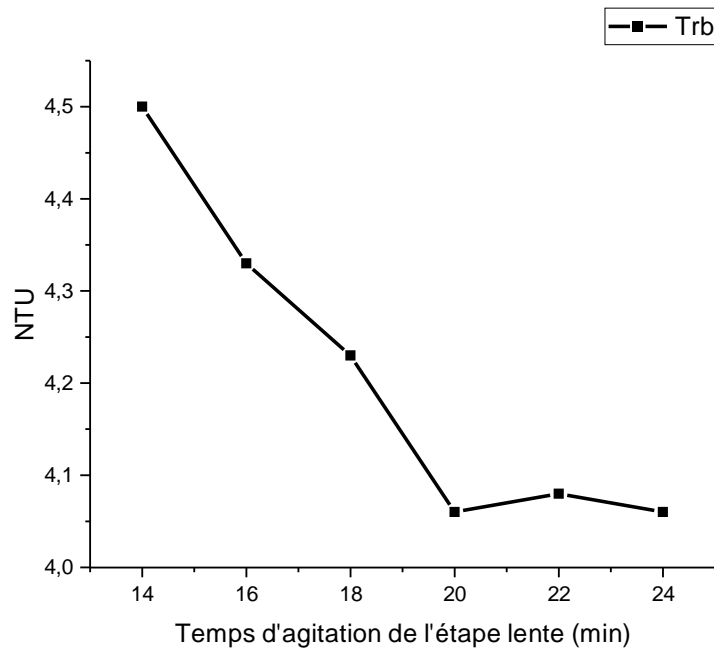


Figure III-24: Variation de la turbidité en fonction de temps de décantation.

Les résultats de la figure 35 montrent que la turbidité diminue avec l'augmentation du temps de décantation, sa valeur optimale d'après les résultats obtenus est de 20 min pour une turbidité de 3.94 NTU,

Le tableau qui suit, contient la mesure de la turbidité de l'eau après traitement avec les paramètres optimisés:

Tableau III-2 : Mesure de la turbidité de l'eau après traitement avec les paramètre optimisés:

les paramètres optimisés	concentration du sulfate d'aluminium (g/l)	concentration du polymère (mg/l)	vitesse d'agitation d'étape rapide (tr/min)	vitesse d'agitation d'étape lente (tr/min)	temps d'agitation d'étape rapide (min)	temps d'agitation d'étape lent (min)	temps de décantation (min)
Les valeurs optimisées	0.025 g/l	0.005 mg/l	130 tr/min	40 tr/min	3 min	20 min	20 min
turbidité avant traitement (NTU)	Trb=12.6 NTU						
turbidité après traitement (NTU)	Trb=3.74 NTU						

Etude comparative entre les flocculants : Polymère etalginate

Optimisation de la masse de l'alginate

Première étape:

➤ *Optimisation de la masse de l'alginate autant que aide coagulant*

Dans un premier temps on a réalisé deux essais de jar-test afin de pouvoir classer et identifier le comportement chimique de notre produit dans la filière coagulation floculation.

- mesure de la turbidité avant le traitement : Trb = 12.60 NTU
- mesure de la turbidité après le traitement avec les valeurs optimales du sulfate d'aluminium et polymère : Trb = 1.16 NTU

Condition de travail :

- Vitesse d'agitation rapide 130 tr/min pendant 4 minutes.
- Vitesse d'agitation lente 40 tr/min.
- Temps de décantation 20 minutes.
Avec une concentration en sulfate d'aluminium 0,025 g/L et une concentration du polymère 0,005 mg/L.

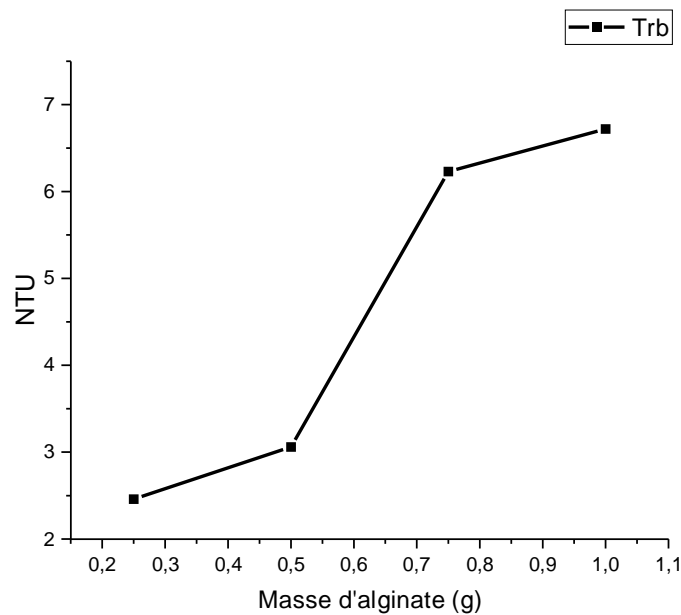


Figure III-25: Variation de la turbidité en fonction de la masse d'alginate comme aide-coagulant.

Le graphe de la figure 36 montre une diminution de la turbidité à 2.46 NTU pour une masse de 0.25 g d'alginate, puis elle commence à augmenter jusqu'à une valeur de 6.72 NTU.

➤ **Optimisation de la masse de l'alginate autant que aide flocculant**

Condition de travail :

- Vitesse d'agitation rapide 130 tr/min pendant 4 minutes.
 - Vitesse d'agitation lente 40 tr/min.
 - Temps de décantation 20 minutes.
- Avec une concentration en sulfate d'aluminium 0,025 g/L et une concentration du polymère 0,005 mg/L.

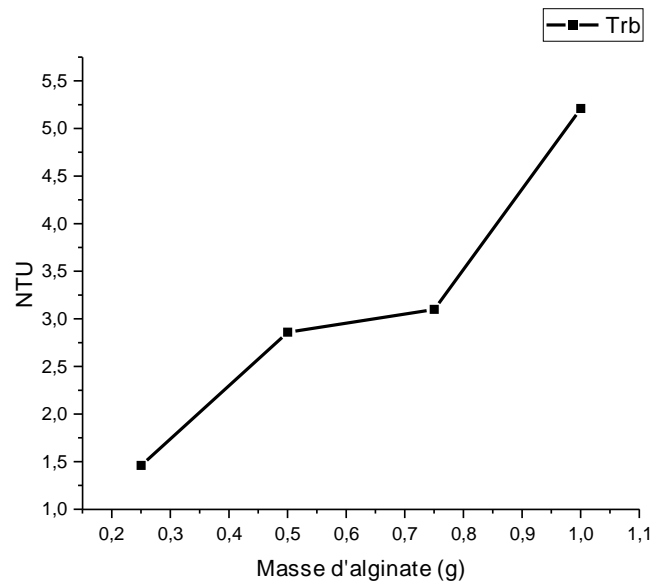


Figure III-26: Variation de la turbidité en fonction la masse d'alginate comme aide-floculant..

Le graphe de la figure 37 montre une diminution de la turbidité de 1.46 NTU pour une masse de 0.25 g d'alginate, puis elle commence à augmenter légèrement jusqu'à atteindre une valeur de 5.21 NTU.

Dans la première étape de cette optimisation ,on constate d'après les graphique obtenue que l'alginate se comporte comme un très bon aide floculant avec un taux de turbidité de 1.46 NTU pour une masse de 0.25 g en le comparant avec les résultats obtenu autant que aide coagulant pour une turbidité de 2.46 NTU . Au-delà de 0.25g la turbidité augmente due au fait de surdosage de l'alginate qui provoque la déstabilisation des particules colloïdales.

Deuxième étape:

- ***étude comparative entre les deux floculants : Polymère synthétique et l'alginate naturelle.***

Dans cette seconde étape on fera appel à une étude comparative entre les deux floculants : Polymère synthétique et l'alginate naturel.

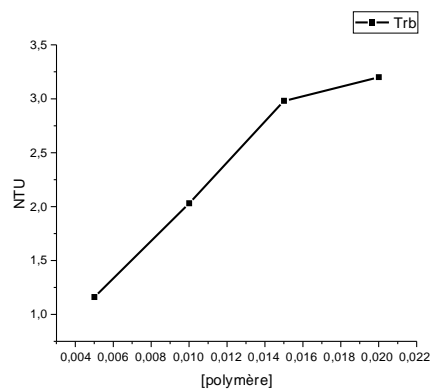


Figure 0-27 : Variation de la turbidité en fonction de la de la concentration du polymère.

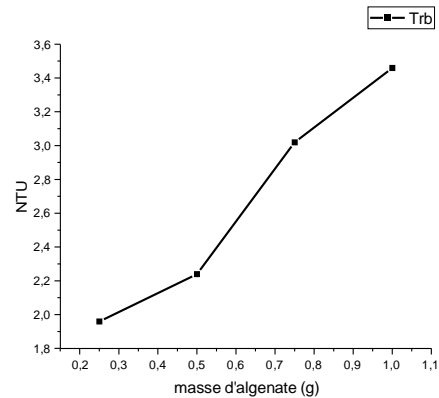


Figure0-28: Variation de la turbidité en Fonction la masse d'alginate.

D'après les graphiques des figures 38 et 39 l'alginate et le polymère se comportent de la même manière ; il faut noter que dans le cas de l'alginate, l'eau a été filtrée (filtre de 0.45 µm). La turbidité augmente avec l'augmentation de la masse d'alginate naturelle.

Tableau 0-3: condition de travail des essais de jar-test.

Condition de travail	<ul style="list-style-type: none"> • Sans sulfate d'aluminium • polymère : v = 0.5 ml • alginate : m= 0.25 g 	<ul style="list-style-type: none"> • sulfate d'aluminium : v = 2.5 ml • Sans polymère • alginate : m= 0.25 g
Mesures de la turbidité	7.11	1.96
NTU		

Les résultats des essais jar test montrent que pour obtenir une turbidité de 1.96 NTU qui est assez proche de la valeur obtenue par le polymère synthétique de 1.16 NTU, il faut une masse de 0.25 g en alginate et une concentration en coagulant de 2.5 g/ml

En conclusion et pour cette étape de notre travail, nous pouvons substituer le polymère qui est un produit organique synthétisé par notre produit l'alginate naturelle qui existe localement.

Conclusion

Le dosage des chlorures a démontré que ces eaux (point interaction oued Agrioun et Boulzazen) étaient aptes selon les normes algériennes pour subir un traitement. En effet, les résultats physico-chimiques obtenus sur ces eaux ont été très concluants.

Pour le traitement de cette eau (point interaction oued Agrioun et Boulzazen) nous avons opté pour la méthode bien connue de coagulation/floculation ; au cours de laquelle nous avons optimisé la concentration du coagulant de sulfate d'aluminium et du floculant de polymère, ainsi que la vitesse d'agitation rapide et le temps d'agitation lente. Nous avons aussi testé à titre comparatif l'action d'un floculant naturel.

Conclusion générale

Conclusion

Le travail entrepris dans ce mémoire avait principalement deux objectifs, qui sont d'une part l'étude de la qualité physico-chimique de l'eau du point d'intersection des deux flux oued Agerioun et oued Boulzazen de la région de Bejaia (Souk El Tnine) et d'autre vérifier l'efficacité du polymère naturelle l'alginate comme alternative des polymères synthétiques utilisés dans le procédé de traitement coagulation – floculation optimisé par des essais de Jar-Test.

Dans la présente étude, il nous est apparu important de commencer par une analyse physico-chimique de l'eau brute avant traitement, pour mieux montrer l'efficacité du traitement qui sera appliqué au cours de notre étude.

A partir des résultats et discussions présentés, nous avons pu conclure que:

- une température inférieure à 25°C qui est saisonnière, influencée par la température de l'air.
- un pH faiblement alcalin entre 8.2 à 8.3 ;
- une moyenne de 841.8 $\mu\text{s}/\text{cm}$ pour la conductivité électrique, traduisant une minéralisation moyenne accentuée.
- Une dureté de l'ordre de 36.4 °f (364, mg/l) ; donc on peut la considérer comme une eau dure.
- Les teneurs en nitrites et en nitrates, des eaux de la rivière traduisent une eau de qualité très bonne.
- les teneurs en ammonium prouvent une eau de qualité très bonne qui explique un nouvel arrivage de certaine matière polluée dans le barrage.
- Des teneurs en Cl^- , SO_4^- traduisant une faible salinité.
- Un taux d'oxygène dissous élevé qui désigne une eau fortement oxygénée.

A titre comparatif l'action d'un floculant ,alginate naturelle et un polymère synthétique suivant une optimisation réalisé par l'un des procédés les plus utilisés pour le traitement des eaux superficielles et les eaux usées, qui s'agit du processus de coagulation-floculation pour son efficacité et simplicité d'utilisation . Ces deux floculats ont donné le même effet sur la turbidité (matières en suspension), donc il y a possibilité de substituer le polymère par un alginate naturelle.

Conclusion générale

La majorité des paramètres physico-chimiques initiaux de l'eau brute donne des résultats très satisfaisants et répondent aux normes en vigueur fixées en particulier par les normes algérienne de potabilité et l'OMS en générale.

En perspectives et afin de compléter cette étude il serait souhaitable de :

Effectuer des analyses microbiologiques, du point de vue bactériologique afin de vérifier toutes contaminations des micro-organismes pathogènes (des virus, des bactéries, des parasites), qui sont dangereux pour la santé humaine, et limitent donc les usages que l'on peut faire de notre eau

Références bibliographiques

Bibliographie

1. E. R. OUEDRAOGO et al. / *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 14(2): 364-377, 2020.
2. Lakhdari, B., (2011), Effet de la coagulation-floculation sur la qualité des eaux épurées de la STEP de Ain El Houtz, Mémoire de Magister, Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen.

Bibliographie

1. (E. R. OUEDRAOGO et al. / *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 14(2): 364-377, 2020).
2. Lakhdari, B., (2011), Effet de la coagulation-floculation sur la qualité des eaux épurées de la STEP de Ain El Houtz, Mémoire de Magister, Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen.
3. Boudeal et Djouid H., (2003), Pollution de l'Oued boussellem par les eaux usées urbaines et industrielles et impact de leur utilisation dans l'irrigation, Thèse ing, tatho des écosystèmes universitaires, Stif, 6-13p.
4. Elskens, M., (2010), Analyse des eaux résiduaires-Mesure de la pollution, Technique de l'ingénieur 200V2, P.1-4.
5. Boudeal et Djouid H., (2003), Pollution de l'Oued boussellem par les eaux usées urbaines et industrielles et impact de leur utilisation dans l'irrigation, Thèse ing, tatho des écosystèmes universitaires, Stif, 6-13p.
6. FRIEDLI C., 2002. Chimie générale pour ingénieur. Edition : presse polytechniques.
7. BERNARD C, (2007). Introduction à l'étude de la médecine expérimentale, édition BiblioBazaar, Paris.
8. DESJARDINS R, (1997). Le traitement des eaux, 2ème édition revue et enrichie.
9. MARSILY G, (1995). L'eau. Editeur FLAMMARION.
10. www.cap-sciences.net, consulté le 12/05/2021.
11. Abdelkrim, G., (2012), L'Algérie manque d'eau, La Tribune, Edition N° : 5238, Alger.
12. Touati, B., (2010), Les barrages et la politique hydraulique en Algérie : état, diagnostic et perspectives d'un aménagement durable, Thèse de Doctorat d'Etat en Aménagement du Territoire. Faculté des sciences de la terre, De la géographie et de l'aménagement.
13. BOEGLIN Jean-claude, (2001). Propriétés des eaux naturelles. Technique de L'ingénieur, traité environnement.
14. Banton O. et Bangoy L.M., 1997: Multi science environnementale des eaux souterraines. on revue et améliorée.

Références bibliographiques

15. rural, Bordet J.2007 : L'eau dans son environnement et Johanet., édition.
16. Kettab, (1992), Traitement des eaux « les eaux potables » Office des publications universitaires, 1992.
17. Potelon, J.L., Zysman, K., (1998), Le guide des analyses de l'eau potable, Edition de La Lettre du Cadre Territorial S.E.P.T.
18. RAMADE F, (1984). Eléments d'écologie. Ecologie fondamentale, Mac-Graw-Hill, Paris.
19. Bouziani, M., (2000), L'eau de la pénurie aux maladies, Edition IBN-Khaldoun, Oran. 247p.
20. Baumont, S., Camard, J.P., Lefranc, A., Franconie, A., (2004), Réutilisation des eaux usées : risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France, Rapport ORS, 220p.
21. Encyclopédie, 1995.
22. Mayet, J., (1994), La pratique de l'eau, Traitements aux points d'utilisation, le Moniteur 2ème Edition, p382, Paris.
23. Elskens, M., (2010), Analyse des eaux résiduaires-Mesure de la pollution, Technique de l'ingénieur 200V2, P.1-4.
24. RODIER J. 2005. L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 8eme édition: Dunod, Paris.
25. Bacchin., P., Principes de base des Technologies a Membranes., in 2'eme Ecole d'Ete Franco-Maghrebine. 2005: Monastir, Tunisia.
26. Maiga.A.S et bamako, (2005).Qualité organoleptique de l'eau de consommation produite et distribuée par l'edm.sa dans la ville de bamako : évaluation saisonnière. Thèse de doctorat.
27. Lanteri, Y., Transport à travers des membranes de nanofiltration: Caractérisation des propriétés.
28. a- BERNE.F, JEAN. C, Traitement des eaux, Édition TECHNIP, 1991, 306 plectriques et diélectriques. 2009, UNIVERSITE DE FRANCHE-COMTE: france.
29. Charfi, A., Etude d'un procédé membranaire de traitement des eaux usées : effet des paramètres biotiques et abiotiques sur le colmatage de la membrane in l'école doctorale Sciences et Technologies pour l'Ingénieur 2014, Université de Carthage: Tunisie.
30. JUERY, J.-M.B.e.C., Les procédés membranaires pour le traitement de l'eau. 2002, Direction de l'Espace Rural et de la Forêt: France.
31. Cardot, C., Techniques appliquées au traitement de l'eau : hydraulique, électrotechnique, procédés de traitement. 2001: Ellipses.
32. Dore M. (1989). Chimie des oxydants et traitement de l'eau. Edition Tec et Doc Lavoisier, France, 505 pages.

Références bibliographiques

33. Bourgou, S., Ksouri, R., Bellila, A., Skandrani, I., Falleh, H., Marzouk, B., (2008), Phenolic composition and biological activities of Tunisian *Nigella sativa* L, shoots and roots, *Comptes rendues Biologies*, 331 : 48-55.
34. Suschka, J., Ferreira, E., (1986), Activated sludge respire ometric measurements, *Water research*, 1986, pp.137-144.
35. Usuwanthim, K., (2014), "An ethyl acetate fraction of *Moringa oleifera* Lam. Inhibits human macrophage cytokine production induced by cigarette smoke." *Nutrients*, 6(2) : 697-710.
36. Ladjel, F., Bouchefer S-A. (2006). Exploitation d'une station d'épuration à boue activée niveau 02, Centre de formation au métier de l'assainissement, CFMA-Boumerdes, p80.
37. VALENTIN N., 2000. Gestion des eaux : Alimentation en eau assainissement. Presses de l'école nationale des ponts et chaussées, Paris.
38. Masson M .H., Canu S., Grandvalet Y., Lyngaard-Jensen A., (1999). Software sensor design based on empirical data, *Ecological Modelling*, N°120, PP: 131-139.
39. Bourrier R, Selmi B., (2011). Technique de la gestion et de la distribution de l'eau,.
40. Kettab A., (1992). Traitement des eaux, Les eaux potables, Edition: Office des Publications Universitaires, Alger, PP: 111-123.
41. Bassompierre C., (2007). Procédé à boues activées pour le traitement d'effluents papetiers : de la conception d'un pilote à la validation de modèles, Thèse de Doctorat ,Institut National Polytechnique De Grenoble, PP: 25-42.
42. Masschelein W.J., (1996). Processus unitaire du traitement de l'eau potable, Edition CEBE, DOC spilliége, PP: 181-345.
43. Desille D., (2012). Conservation et traitement de l'eau à domicile, Programme Solidarité Eau, Agence Française de Développement, PP: 12-17.
44. Jestin E., (2006). La production et le traitement des eaux destinées à l'alimentation et à la préparation de denrées alimentaire, agence de l'eau Seine-Normandie, Hérouville Saint Clair, PP: 17-32. 34p.
45. OMS., (2000). Directives de qualité pour l'eau de boisson et volume 2, critères d'hygiène et documentation à l'appui, 2ème édition, 1050 p.
46. Bourrier R., Selmi B., (2011). Technique de la gestion et de la distribution de l'eau,.
47. J. Goupy. Factorial experimental design: Detecting an outlier with the dynamic variable and the Daniel's diagram *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 80, 156 – 166, 2006.
48. 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.

Références bibliographiques

49. Rodier J., Legube B., Merlet N. (2009). L'analyse de l'eau, 9^{ème} édition, Ed. Dunod.
50. l'EDTA., ISO 6059. Qualité de l'eau- Dosage de la somme du calcium et magnésium par la méthode titrimétrique à.
51. l'EDTA., ISO 6058 -1984 (F).Qualité de l'eau – Dosage du calcium – Méthode titrimétrique à.
52. NF T 90-036.1997, Détermination de l'alcalinité (titre alcalimétrique et titre alcalimétrique complet). Juillet.
53. J.RODIER. Analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 8^{ème} édition. Dunod : Paris, 2006.
54. moléculaire., Dosage des nitrites- Méthode par spectrométrie d'absorption.
55. nitrates., Norme Afnor T90-012. Dosage des.
56. Algérienne., Journal Officiel de la République.
57. Boumediene M., 2011 : Cours de traitement des eaux et Master 2 en Hydraulique. Option: Eau, Sol et Aménagement.
58. Tarmoul, F., Sodi, M., (2007), Mémoire, Détermination de la pollution résiduelle d'une station d'épuration par lagunage naturel, Tribune de l'eau n° :563/3. Ed. CEBEDOC, pp : 27- 32.
59. LEYRAL. G, RONNEFOY. C, GUILLET. F, Microbiologie et qualité des industries agroalimentaire, Paris, 2002, 245p.
60. ISO 6332. Qualité de l'eau, dosage du fer, méthode spectrométrique à la phénantroline-1,10.

SITE INTERNET 1.

http://users.skynet.be/fa346009/doc_animations/atome_molecule.html Consulté le 28/04/2021).

SITE INTERNET 2.

<http://www.ecosociosystemes.fr/eauprophyschim.html> (Consulté le 28/04/2021).

SITE INTERNET 3.

http://www.ecosociosystemes.fr/cycle_eau.html(Consulté le 26/06/2021 à 11h54).

Références bibliographiques

SITE INTERNET 4.

<http://www.ecosociosystemes.fr/eauprophyschim.html>(consulté le 28/04/2021).

MICROSOFT ENCARTA, 2007.

Annexe
Matériels
utilisés



Flacon 1 L



GPS



Balance électronique



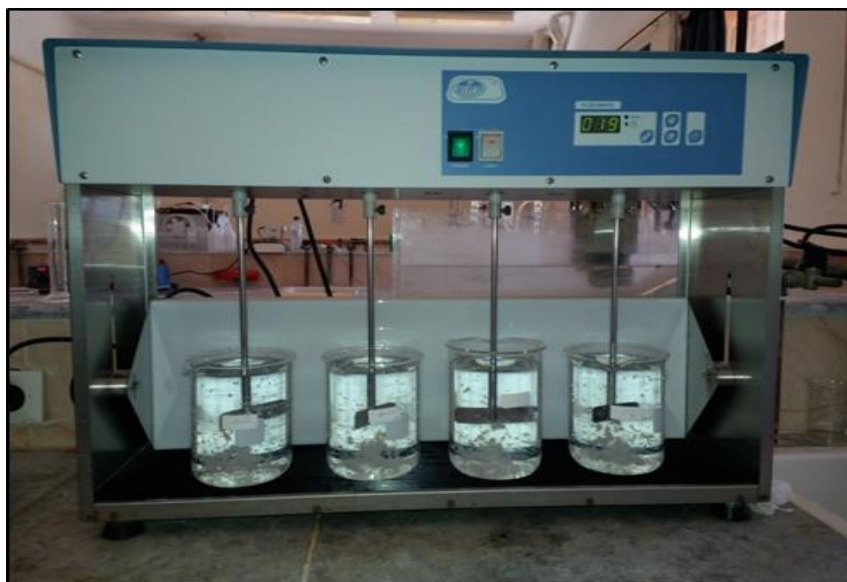
dessiccateur



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 (C₁₀ H₁₄ N₂ Na₂ O₈, 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.

Annexes

Préparation du NET :

- NET..... 1g.
- Chlorure de sodium NaCl..... 100g.

Préparation du murexide :

- Murexide 0.2g.
- Chlorure de sodium NaCl..... 100g.

➤ **Détermination du TA et TAC**

Solution d'acide Chlorhydrique à 1 N :

- HCl pur..... 8.6ml.
- H₂O distilléeq.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 distilléeq.s.p 500ml.

Solution de méthylorange à 0.5% :

- Méthylorange..... 0.5g.
- H₂O distillée..... q.s.p 100ml.

Annexes

➤ **Détermination des nitrites**

Réactif mixte :

- Sulfanilamide.....40g.
- Acide phosphorique100g.
- N-1-Naphtyl éthylène diamine 2g.
- H₂O distilléeq.s.p 1000ml.
-

➤ **Détermination des nitrates**

Solution de salicylate de sodium à 0.5 % :

- salicylate de sodium0.5g.
- H₂O distilléeq.s.p 1000ml.

Solution d'hydroxyde de sodium 30 % :

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

Tartrate double de sodium et de potassium :

- Hydroxyde de sodium NaOH 400 g.
- Tartrate de sodium et de potassium60 g.
- Eau distilléeq.s.p 1000 ml.

Annexes

➤ **Détermination du fer**

Tampon Acétate :

- Acétate d'ammonium 40g.
- Acide acétique cristallisable....50ml.
- H₂O distilléeq.s.p100 ml.

Chlorhydrate d'hydroxylamine à 10 %:

(Cette solution est stable pendant une semaine)

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

Solution de Phénantroline -1,10 :

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

- Phénantroline0.42g.
- H₂O distillée.....q.p.s100ml.

➤ **Détermination des sulfates**

Solution stabilisante :

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

Annexes

Solution de chlorure de baryum :

- Chlorure de baryum 150 g.
- Acidechlorhydrique 5 ml.
- H₂O distillée..... q.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) :

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

Annexe III

Tableaux des résultats des essais de Jar-test

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

concentration du sulfate d'aluminium (g/l)	0.005	0.01	0.015	0.02	0.025	0.03	0.035	0.04
Mesure de la turbidité (NTU)	4.31	4.46	4.2	3.96	3.87	3.92	3.95	3.94

- Optimisation de la concentration du flocculant

concentration de polymère (mg/l)	0.005	0.01	0.015	0.02	0.025	0.03	0.035	0.04
Mesure de la turbidité (NTU)	3.11	3.18	3.27	3.56	3.52	3.55	3.6	3.58

- Optimisation de la vitesse d'agitation rapide

la vitesse d'agitation de l'étape rapide (tr/min)	100	120	130	140	150	160	170	180
Mesure de la turbidité (NTU)	4.92	4.06	3.86	3.9	3.88	3.91	3.85	3.89

Annexes

➤ Optimisation de la vitesse d'agitation lente

Optimisation de la vitesse d'agitation de l'étape lente (tr/min)	20	30	40	50
Mesure de la turbidité (NTU)	4.7	4.08	3.96	4.02

➤ Optimisation du temps d'agitation de l'étape rapide

temps d'agitation de l'étape rapide (min)	0	1	2	3
Mesure de la turbidité (NTU)	5.57	4.72	4.02	4.00

➤ Optimisation du temps d'agitation de l'étape lente

temps d'agitation de l'étape lente (min)	14	16	18	20
Mesure de la turbidité (NTU)	4.5	4.33	4.23	4.06

Annexes

➤ Optimisation du temps de décantation

du temps de décantation (min)	5	10	15	20
Mesure de la turbidité (NTU)	5.2	4.37	4.08	3.94

➤ *Optimisation de la masse de l'alginate autant que aide coagulant*

Masse d'alginate (g)	0.25	0.5	0.75	1
Mesure de la turbidité NTU	2.46	3.06	6.23	6.72

➤ *Optimisation de la masse de l'alginate autant que aide floculant*

Masse d'alginate (g)	0.25	0.5	0.75	1
Mesure de la turbidité NTU	1.46	2.86	3.10	5.21

➤ Variation de la turbidité en fonction de deux floculants : polymère synthétique alginate naturelle.

Concentration	0.005	0.01	0.015	0.02
---------------	-------	------	-------	------

Annexes

polymère (mg/l)				
Mesure de la turbidité (NTU)	1.16	2.03	2.98	3.20
Masse alginate (g)	0.25	0.5	0.75	1
Mesure de la turbidité (NTU)	1.96	2.24	3.02	3.46

➤ Variation de la température (°C)

jours	J1	J2	J3	J4	J5
La prise de 10h	20.8	21.4	21.9	20.5	19.6
La prise de 14h	22.3	24.4	23.5	22.6	22.4

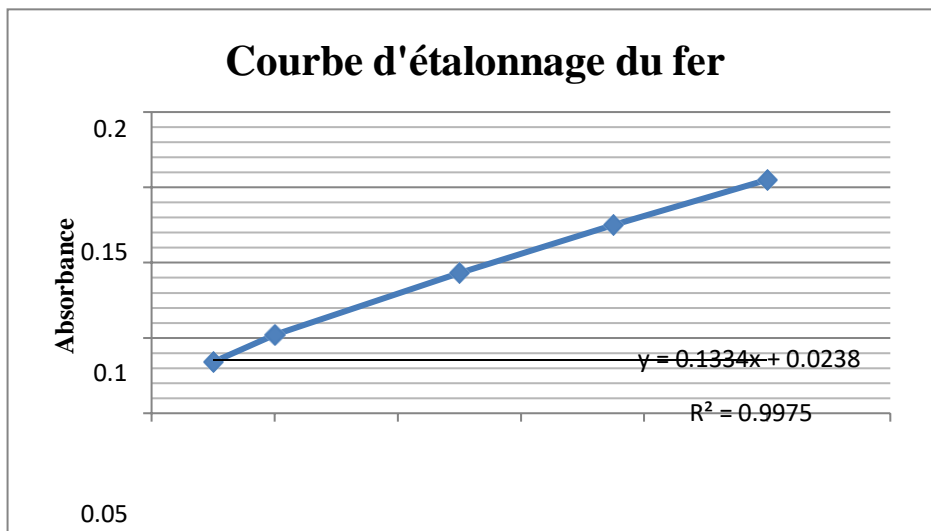
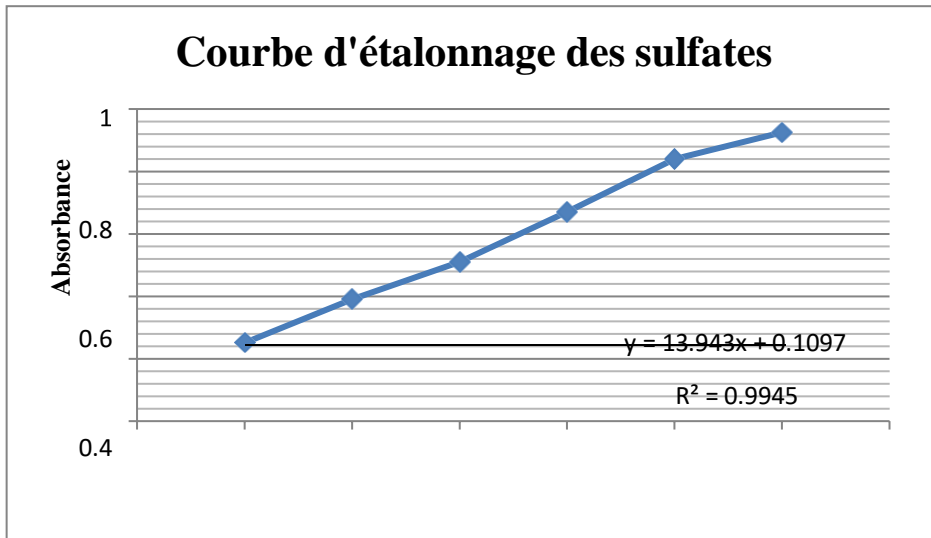
➤ Variation de pH

jours	J1	J2	J3	J4	J5
La prise de 10h	8.16	8.2	8.1	8.2	8.23
La prise de 14h	8.35	8.4	8.3	8.4	8.35

➤ Variation de conductivité (µs/cm)

jours	J1	J2	J3	J4	J5
La prise de 10h	843	846	843	847	851
La prise de 14h	836	837	836	838	843

Annexe IV : Courbes d'étalonnages



Annexe V

Tableau I : Mode de conservation des prélèvements

Paramètre analysé	Réceptier	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

Annexes

Tableau II : normes algériennes de potabilité. (56)

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

Résumé

L'eau potable, un aliment de base et son accès est l'un des besoins humains fondamentaux. Dans ce travail nous nous sommes intéressés aux eaux superficielles d'intersection des deux rivières de Boulzazen et Agrioun de la région de Bejaia (souk el tnin) qui a pour objectif de vérifier l'efficacité du polymère naturel l'alginate suggéré comme alternative aux divers types de coagulants et flocculants les plus utilisés qui sont souvent d'origine chimiques, qui eux même présente un danger pour l'environnement. L'utilisation des flocculant naturels biodégradable s'impose donc, car ils sont sans danger pour la santé humaine, respectueux de l'environnement, généralement sans toxicité et ne produisent aucune pollution secondaire. Après avoir analysé les paramètres physico-chimiques et réaliser des essais de traitements de l'eau brute grâce au processus de coagulation-flocculation Les résultats ont montré que notre eau est probabilisable selon la norme algérien de potabilité et effectivement on pourra substituer ces polymères synthétique par le polymère naturelle (l'alginate) suit à son influence similaire aux flocculants chimiques sur la turbidité.

Ce flocculant naturel est extraits de matières naturelles et des sources renouvelables, ils peuvent en outre être traité biologiquement ou peuvent être éliminé en toute sécurité en raison de leurs non toxicité.

Abstract

Drinking water, a staple food and its access is one of the basic human needs.

In this work we were interested in the surface waters of intersection of the two rivers of Boulzazen and Agrioun of the region of Bejaia (souk El Tnin) which aims to verify the effectiveness of the natural polymer the alginate suggested as an alternative to the various most commonly used types of coagulants and flocculants which are often of chemical origin, which themselves present a danger to the environment. The use of natural biodegradable flocculants is therefore essential, because they are harmless to human health, respectful of the environment, generally without toxicity and do not produce any secondary pollution. After having analyzed the physicochemical parameters and carrying out tests treatment of raw water through the coagulation-flocculation process The results have shown that our water is drinkable according to the Algerian standards of drinkability and indeed we can replace these synthetic polymers by the natural polymer (alginate) following its influence similar to chemical flocculants on turbidity.

This natural flocculant is extracted from natural materials and renewable sources, it can further be treated biologically or can be disposed of safely due to their non-toxicity.

Keywords : Synthetic flocculant, alginate, Coagulation-flocculation, surface water, Water, river, analyzes, drinking water.