



وزارة البحث العلمي والتعليم العالي
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE
LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
جامعة عبد الحميد بن بائيس مستغانم
Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem
كلية العلوم و التكنولوجيا
Faculté des Sciences et de la Technologie
DEPARTEMENT DE GENIE DES PROCÉDES



N° d'ordre : M2...../GPE/2022

**MEMOIRE DE FIN D'ETUDES
DE MASTER ACADEMIQUE**

Filière : Génie des procédés

Option : Génie des procédés de l'environnement

Thème

**Etude comparative entre deux coagulants : Chlorure ferrique et
Sulfate d'alumine et entre l'eau minérale et l'eau traitée par la
station de SIDI LAHDJEL**

Présenté par :

M^{elle} AKKACHA Zineb

M^r HAMMOUDI El-aid

Soutenu le 06/07/2022 devant le jury composé de :

Président : M ^{me} M.KHELLADI	Grade : MAA	Université de Mostaganem
Examineur : M ^{me} A.DRIOUECH	Grade : MCA	Université de Mostaganem
Encadrante : M ^{me} N.BOUBEGRA	Grade : MCA	Université de Mostaganem

Année Universitaire 2021/2022

Remerciements

D'abord et après le nom de Dieu, le Plus Gracieux, le Plus Miséricordieux, nous remercions Allah Tout-Puissant, qui nous a facilité ce travail et nous a incités à être patients à l'accomplir après des efforts continus.

*Puis, nous tenons à remercier notre Encadreur **M^{me} BOUBEGRA** pour nous avoir guidés et accorder son temps précieux. Nous espérons que ce travail témoigne de notre gratitude pour cela.*

*Un merci spécial aux membres du jury **M^{me} KHELLADI** et **M^{me} DRIOUECH** pour leur présence, à nous écouter et à nous guider avec leurs précieux conseils.*

*Nous remercions également le chef de centre Monsieur **MEDJAHDI Rafic** de nous avoir acceptés pour faire ce stage au sein de cette station.*

*Ainsi, qu'au chef de service de production **M^r Hamza LAMIDI** et **M^r YAKKACHE Hamou**,*

*Aussi à ceux du laboratoire **M^r KHOUSSA Abdellah**, **M^{me} CHEMOUMA Nafissa**, **M^{elle} Khaira** et **M^{elle} Amel**, nous les remercions tout particulièrement pour leur soutien et pour avoir passé la plupart de leur temps à nous fournir et présenter des informations dans le cadre de nos recherches.*

Nos remerciements vont aussi à tous les enseignants du département de Génie des procédés de la faculté des sciences et de la technologie de l'université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem.

Dédicace

*À l'aide de Dieu le tout puissant, qui m'a tracé le chemin de ma vie, j'ai pu réaliser ce travail
que je dédie :*

*À l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral et matériel tout au long de ma
vie, dans les moments difficiles et dans mes années d'études, ma source de joie et de bonheur,
celui qui s'est toujours sacrifié pour ma réussite. Que Dieu te procure une bonne santé et une
longue vie mon très cher Papa.*

*À la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon
bonheur, celle qui m'a transmis le courage et l'amour, pour sa tendresse et pour ses
encouragements durant mon parcours, à ma très chère Maman que j'adore.*

À mes adorables frères et mes chères sœurs

*À tous les membres de ma famille, petits et grands Veuillez trouver dans ce modeste travail
l'expression de mon affection.*

À mes chères amies : MIYADA, NOURA et MARWA

À tous mes amis...

*Et à toute la promotion 2022 de Génie des procédés de l'environnement, à qui je souhaite
une bonne réussite.*

Zineb

Dédicace

À mon très cher père

À l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, que dieu le garde dans son vaste paradis.

À maman que j'adore

À la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur.

À mes adorables frères

RAFIK et LARBI qui ont toujours su m'encourager à leur façon.

À mes adorables sœurs

ASSIA et DJAMILA et SAMIRA ma petite soumia

À tous les membres de ma famille, petits et grands Veuillez trouver dans ce modeste travail l'expression de mon affection.

À tous mes amis..

Et à toute la promotion 2022 de Génie des procédés d'environnement, à qui je souhaite une bonne réussite.

EL-aid

الملخص:

ركز هذا العمل على دراستين: الأولى دراسة مقارنة بين اثنتين من مخثرات كلوريد الحديدك وكبريتات الألومنيوم ، من خلال عملية التخثر والتلبد التي تتم بواسطة ما يسمى باختبار الجرة. يتكون من صف مكون من ستة أكواب مرتبة أسفل جهاز يسمح بتقليبها جميعاً بنفس السرعة. تلقت الأكواب المختلفة جرعة مختلفة من الكواشف (كبريتات الألومينا / كلوريد الحديدك) وفي نهاية التجربة ، تم تحديد أزواج كميات الكواشف مع السرعة ووقت التحريك الذي يجعل من الممكن الحصول على أوضح ماء ، أكبر وأفضل الكتل استقراراً. وركزت الدراسة الثانية على الجودة الفيزيائية والكيميائية للمياه المعالجة والمياه المعدنية ، وأجريت التحليلات المختلفة للمياه على أساس المعايير الجزائرية للشرب وبحسب النتائج أظهرت أن غالبية المعلمات الفيزيائية والكيميائية تقي بالمعايير. (المواصفات الجزائرية ، منظمة الصحة العالمية) لجميع وفقاً للنتائج التي تم العثور عليها ، فإن أكثر مواد التخثر استخداماً هي كبريتات الألومنيوم وخلصت إلى أن العينات المد المياه المدروسة لا تشكل خطراً على صحة المستهلكين

الكلمات المفتاحية: التخثر - التلبد ، اختبار البرطمان ، الصب ، الكتل ، التخثر ، الجودة ، التحليل الفيزيائي والكيميائي ، المعيار

Abstract:

This work focused on two studies: the first, a comparative study between two coagulants ferric chloride and aluminum sulphate, through the process of coagulation-flocculation carried out by what is called the jar-test. It consists of a row of six beakers aligned under an apparatus allowing them all to be stirred at the same speed. The different beakers received a different dose of reagents (alumina sulphate/ferric chloride) and at the end of the experiment, it is determined which are the pairs of quantities of reagents with speed and stirring time which make it possible to obtain the clearest water, the largest and best settled flocs. And the second study focused on the physico-chemical quality of the treated water and mineral water, the various water analyzes were carried out based on the Algerian standards of potability According to the results showed that the majority of the physico-chemical parameters meet the standards (Algerian standards, WHO) for all the samples studied.

According to the results found, the most widely used coagulant is aluminum sulphate and concluded that the waters studied are not a health hazard to consumers.

Keywords: coagulation-flocculation, jar-test, decanted, flocs, coagulant, quality, physico-chemical analysis, standard

Résumé :

Ce travail est porté sur deux études : la première c'est l'étude comparative entre deux coagulants le chlorure ferrique et le sulfate d'alumine, à travers le processus de coagulation-floculation réalisée par ce qu'on appelle le jar-test. Il consiste en une rangée de six béchers alignés sous un appareillage permettant de tous les agiter à la même vitesse. Les différents béchers ont reçu une dose différente de réactifs (sulfate d'alumine /chlorure ferrique) et à la fin de l'expérimentation, on détermine quels sont les couples quantités de réactifs avec vitesse et temps d'agitation qui permettent d'obtenir l'eau la plus limpide, les floccs les plus gros et les mieux décantés. la deuxième étude est porté sur la qualité physico-chimique de l'eau traitée et eau minéral, les différentes analyses des eaux ont été effectuées en se basant sur les normes algériennes de potabilité ; les résultats ont montré que la majorité des paramètres physico-chimiques répondent aux normes (normes Algériennes, OMS) pour tous les échantillons étudiés.

D'après les résultats qu'on a trouvés, le coagulant le plus utilisé est le sulfate d'alumine et ont conclu que les eaux étudiées ne sont pas un danger pour la santé des consommateurs

Mots clé : coagulation-floculation, jar-test, décanté, floccs, coagulant, qualité, analyse physico-chimique, norme.

Liste des Tableaux

Chapitre I :

Tableau. I.1. Les différents polluants.....	12
Tableau. I.2 Concentration des éléments chimiques.....	16
Tableau I.3 Concentration des métaux lourds.....	16
Tableau I.4: Concentration des substances Tableau.....	17
Tableau. I.5 les normes de l'eau potable algérienne et européenne.....	21

Chapitre IV :

Tableau. IV.1 Résultats de chlore injecté sur le chlore libre résiduel.....	58
--	----

Chapitre V :

Tableau.V.1 Paramètre physico-chimique pour une eau de différente turbidité.....	65
Tableau.V.2 Essai N°01-01 (Eau Brute F.T=10.1 NTU) de JAR-TEST (S.A).....	66
Tableau.V.3 Essai N°02-01 (Eau Brute M.T = 88 NTU) de JAR-TEST (S.A).....	66
Tableau.V.4 Essai N°03-01 (Eau Brute H.T = 547 NTU) de JAR-TEST (S.A).....	66
Tableau.V.5 Essai N°01-02 (Eau Brute F.T=10.1 NTU) de JAR-TEST (S.A + polymère).....	67
Tableau.V.6 Essai N°02-02 (Eau Brute M.T = 88 NTU) de JAR-TEST (S.A+ polymère).....	67
Tableau.V.7 Essai N°03-02 (Eau Brute H.T = 547 NTU) JAR-TEST de (S.A+ polymère).....	68
Tableau.V.8 Essai N°04-01 (Eau Brute F.T=10.1 NTU) de JAR-TEST (FeCl ₃).....	69
Tableau.V.9 Essai N°05-01 (Eau Brute M.T = 88 NTU) de JAR-TEST (FeCl ₃).....	69
Tableau.V.10 Essai N°06-01 (Eau Brute H.T = 547 NTU) de JAR-TEST (FeCl ₃).....	70
Tableau.V.11 Essai N°04-02 (Eau Brute F.T = 10.1NTU) de JAR-TEST (FeCl ₃ + polymère).....	70
Tableau.V.12 Essai N°05-02 (Eau Brute M.T = 88 NTU) de JAR-TEST (FeCl ₃ + polymère).....	71
Tableau.V.13 Essai N°06-02 (Eau Brute H.T = 547 NTU) de JAR-TEST (FeCl ₃ + polymère).....	72
Tableau.V.14 comparaison entre les deux coagulants.....	73
Tableau V.15 Résultats de l'analyse des paramètres physico-chimiques des eaux minérales et eau traitée étudié.....	74

Tableau V. 16 classification des eaux en fonction de leur dureté.....	79
--	----

Chapitre I :

Figure I.1 Répartition de l'eau sur la terre.....	5
Figure I.2. Cycle de l'eau.....	6
Figure I.3 Etats dispersés- états dissous. D'après.....	10

Chapitre III :

Figure. III. 1 société de SEOR.....	34
Figure. III. 2 Station de traitement de l'eau potable de SIDI LAHDJEL.....	35
Figure. III.3 Carte couloir d'adduction M.A.O.....	36
Figure. III.4 Schéma du transfert.....	36
Figure. III. 5 Débourbeur.....	37
Figure. III. 6 Cascade d'aération.....	38
Figure. III. 7 Densadeg.....	38
Figure. III. 8 Agitateur rapide (Coagulation).....	39
Figure. III. 9 Cuve de sulfate d'alumine.....	40
Figure. III. 10 Floculation.....	40
Figure. III. 11 Déversoir.....	41
Figure. III. 12 Filtre.....	42
Figure. III.13. Lavage d'un filtre.....	43
Figure. III. 14 Réservoir de stockage.....	43
Figure. III. 15 Epaisseur de boue.....	44
Figure. III. 16 Salle de contrôle.....	45

CHAPITRE IV

Figure IV.1 Laboratoire d'analyse.....	46
Figure IV.2 Robinets d'échantillonnages.....	47
Figure IV.3 Etuve.....	47
Figure IV. 4 Balance analytique.....	47
Figure. IV. 5 dessiccateur.....	48
Figure. IV. 6 Agitateur magnétique.....	48
Figure. IV. 7 Flocculateur.....	48
Figure. IV. 8 Conductivimètre.....	49
Figure. IV. 9 PH mètre.....	49
Figure. IV.10 Spectrophotomètre de type DR5000.....	49
Figure IV.11 Turbidimètre.....	50
Figure IV.12 Résultat de titrage ($H_2SO_4[N/25]$).....	50
Figure. IV. 13 Résultat de titrage d'EDTA.....	51
Figure IV.14 Résultats de titrage EDTA pour Ca^{2+}	52
Figure IV.15 Titrage d' $AgNO_3$	52
Figure. IV. 16 Couleur de présence des PO_4^{3-} , NO_3^- , NO_2^-	54
Figure. IV. 17 Echantillon Test d' Al^{3+}	54
Figure IV.18 Flacons de verre avec l'eau à étudier.....	57
Figure IV. 19 Influence du Chlore injecté sur le Chlore résiduel.....	58

Chapitre V:

Figure.V.1 Classement des floccs.....	65
Figure.V.2 Essai N°01-02 JAR-TEST ($Al_2[SO_4]_3$ + polymère).....	67
Figure.V.3 Essai N°02-02 JAR-TEST ($Al_2[SO_4]_3$ + polymère).....	68
Figure.V.4 Essai N°03-02 JAR-TEST ($Al_2[SO_4]_3$ + polymère).....	68
Figure.V.5 Essai N°04-02 JAR-TEST ($FeCl_3$ +polymère).....	71
Figure.V.5 Essai N°05-02 JAR-TEST ($FeCl_3$ +polymère).....	71

Figure.V.6 Essai N°06-02 JAR-TEST (FeCl ₃ +polymère).....	72
Figure.V.8 l’histogramme les valeurs de la turbidité.....	75
Figure.V.9 L’histogramme les températures des échantillons.....	76
Figure.V.10 l’histogramme les valeurs de potentiel Hydrogène.....	77
Figure.V.11 l’histogramme les valeurs de la Conductivité des échantillons.....	77
Figure.V.12 L’histogramme les valeurs de la dureté totale.....	78
Figure.V.13 L’histogramme les valeurs de calcium.....	80
Figure.V.14 L’histogramme les valeurs de magnésium.....	81
Figure.V.15 L’histogramme les valeurs de bicarbonates.....	82
Figure.V.16 L’histogramme les valeurs de chlorure.....	83
Figure.V.17 L’histogramme les valeurs de Nitrite.....	84
Figure.V.18 L’histogramme les valeurs des Nitrates.....	84
Figure.V.19 les valeurs de phosphate des échantillons.....	85
Figure.V.20 les valeurs de la MES de l’eau minérale et l’eau traitée.....	86
Figure.V.21 l’histogramme les valeurs de Résidu sec des échantillons.....	87
Figure.V.22 l’histogramme des Teneur en TAC des échantillons.....	88

La liste des abréviations

ANBT : Agence Nationale de Barrages et Transferts

MAPA : Marché A Procédure Adaptée

MAO: Mostaganem, Arzew et Oran

SEOR : Société de l'eau et de l'assainissement d'Oran

ONA : Office national de l'assainissement

ADE : Algérienne de eaux

ISO : International Organisation for standardisation (organisation internationale de normalisation)

XX^e: Vingtième siècle

DN : Diamètre nominale

FDS : Fiche de données de sécurité

OMS : Organisation mondial de la santé

NA : Norme Algérienne

COT : carbone organique totale

COD : Carbone organique dessous

MES : matière en suspension

MO : matière organique

TA : titre alcalimétrique

TAC : taux d'alcalinité complet

TH : taux hydrotimétrique (la dureté)

TDS : taux de sels dessous

RS : résidu sec

EB : eau brute

ET : eau traitée

ED : eau distillée

EDTA : Éthylène diamine tétra acétique

THC : Trihalométhanes

pH : potentiel hydrogène

C : concentration

BG : base gamme

HG : haute gamme

HT : Haute turbidité

MT : moyenne turbidité

FT : faible turbidité

DPD : diéthyl-p-phénylène diamine

Clr : chlore résiduel

Cl_t : chlore totale

Les unités

DA : Dinar Algérien

Km : kilomètre

m : mètre

m² : mètre carré

m³ : mètre cube

hm³ : hectomètre cube

m³ /j : mètre cube par jour

L : litre

mL : millilitre

L/s : litre par seconde

g/L : gramme par litre

mg/L : milligramme par litre

mol/L : mole par litre

mmol/L : milli -mole par litre

N : normalité

min : minute

°C : degré Celsius

°Cl : degré en chlore

°f : degré français

NTU : Nephelometric Turbidity Unit

P- Co : Platino-Cobalt

Sommaire

Introduction Générale.....	1
Chapitre I : Généralité sur les eaux	
I.1 Introduction.....	4
I.2 Eau sur terre.....	4
I.3. Cycle de l'eau (cyclehydrologique)	5
I.4 Ressources hydriques naturelles.....	6
I.4.1 Eaux souterraines.....	6
I.4.2 Eaux de surface.....	7
I.4.3 Eaux de pluie	7
I.4.4 Eaux des mers et océans	7
I-5 Pollution des eaux	8
I.5.1 Origine de la pollution	8
I.5.1.1 L'industrie.....	8
I.5.1.2 L'agriculture.....	8
I.5.1.3 Pollution domestique.....	8
I.5.1.4 Pollution par les eaux pluviales.....	8
I.5.1.5 Pollution d'origine naturelle	8
I.5.1.6 Pollution par les substances associées au traitement de l'eau.....	8
I.6. Les principaux polluants des eaux naturelles	9
I.6.1 Polluants physiques	9
I.6.2 Polluants chimiques	10
I.6.3 Polluants microbiologiques	12
I.7 Récapitulation.....	12
I.8 Propriétés générales d'une eau de boisson	12
I.9 Normes de qualité des eaux de consommation	13
I.9.1 Les paramètres organoleptiques	13
I.9.2 Les paramètres physico-chimiques.....	13
I.9.3 Les matières organiques	17
I.9.4 Paramètres microbiologiques.....	20
I.10 Norme de potabilité de L'eau	20
I.11 Conclusion.....	21

Chapitre II: Généralité sur les eaux minérale

II.1 Introduction.....	22
II.2 Définition d'eau minérale	22
II.3 Composition des eaux minérales.....	23
II.3.1 Les sels minéraux	23
II.3.1.1 Macroéléments.....	23
II.3.1.2 Oligoéléments (ou éléments traces).....	25
II.4 Caractéristiques de l'eau minérale naturelle	27
II.5 Origine eaux minérales	28
II.6 Captage de l'eau minérale naturelle	29
II.6.1 L'extraction.....	29
II.6.2 Protection de la zone d'extraction.....	29
II.6.3 Exploitation des eaux minérales naturelles et mesures de surveillance	29
II.6.4 Traitements de l'eau minérale	30
II.7 Classifications des eaux minérales naturelles	30
II.7.1 Eau minérale naturelle non gazeuse	30
II.7.2 Eau minérale naturelle naturellement gazeuse	30
II.7.3 Eau minérale naturelle dégazéifiée.....	31
II.7.4 Eau minérale naturelle renforcée au gaz carbonique de la source	31
II.7.5 Eau minérale naturelle gazéifiée	31
II.8 Normes de potabilité d'eau	31
II.9 Conclusion	32

Chapitre III: process de traitement des eaux

III.1 Introduction.....	33
III.2 Histoire du traitement des eaux	33
III.3 Présentation de SEOR.....	33
III.4 Présentation de la Station de traitement d'eau de « SIDI LAHDJEL ».....	34
III.5 Traitement d'eau MOA.....	36
III.5.1 Débourbeur.....	36
III.5.2 Ouvrage d'entré d'eau brute	37
III.5.2.1 Chambre d'arrivée	37
III.5.2.2 Cascade d'aération.....	37
III.5.2.3 Densadeg :	38

III.5.3 Coagulation.....	38
III.5.3.1 Principe.....	38
III.5.3.2 Coagulant utilisée.....	39
III.5.4floculations.....	40
III.5.4.1 Rôle de la floculation.....	40
III.5.5 Décantation.....	41
III.5.6 Filtration.....	41
III.5.6.1 Principe.....	41
III.5.6.2 Lavage des filtres.....	42
III.6 Traitement des boues.....	44
III.7 Système de contrôle.....	44
III.8 Conclusion.....	45

Chapitre IV: Méthodes d'analyse de l'eau

IV.1. Introduction.....	46
IV.2. Le rôle.....	46
IV.3 Echantillonnage :.....	47
IV.4. Matériels utilisés.....	47
IV.4.1 ETUVE.....	47
IV.4.2 Balance analytique.....	47
IV.4.3 Un dessiccateur.....	48
IV.4.4 Agitateur magnétique.....	48
IV.4.5 Flocculateur.....	48
IV.4.6 Conductivimètre.....	49
IV.4.7 pH-mètres.....	49
IV.4.8 Spectrophotomètre.....	49
IV.4.9 Turbidimètre.....	50
IV.5 Les méthodes et techniques d'analyses.....	50
IV.5.1 Paramètre physico-chimique.....	50
IV.5.1.1 Titre alcalimétrique (TA) et titre alcalimétrique complet (TAC).....	50
IV.5.1.2 La dureté ou titre hydrotimétrique (TH).....	51
IV.5.1.3 La teneur ce calcium et magnésium.....	52
IV.5.1.4 Dosage des Chlorures (Cl ⁻).....	52
IV.5.2 Paramètre de pollution.....	53

IV.5.2.1 Dosage des Nitrites (NO ₂ ⁻).....	53
IV.5.2.2 Dosage des Nitrates (NO ₃ ⁻).....	53
IV.5.2.3 Dosage du phosphate.....	54
IV.5.2.4 Détermination de l'Aluminium (Al ³⁺).....	54
IV.5.2.5 Détermination du Fer total (Fe).....	55
IV.5.2.6 Matière en suspension (MES)	55
IV.5.2.7 Détermination du Résidu sec.....	56
IV.5.2.8 Demande en chlore.....	56
IV.6 Les coagulants utilisés	59
IV.6.1 Sulfate d'alumine	59
IV.6.2 Le chlorure de fer (III).....	61
IV.7. Essai de coagulation- floculation (Jar-Test).....	62
IV.7.1 Définition.....	62
IV.7.2 Le but.....	62
IV.7.3 les Réactifs :	62
IV.7.4 Protocole :	62

Chapitre V: Résultats et interprétation

V.1 Introduction.....	64
V.2 Partie I : Etude comparative entre deux coagulant AL ₂ [SO ₄] ₃ /FeCl ₃	64
V.2.1 Résultats expérimentaux	64
V.2.1.1 Détermination de la dose optimale pour le coagulant Sulfate d'Aluminium:	64
V.2.1.2 Les essais de sulfate d'aluminium	65
V.2.1.3 Interprétation des résultats.....	69
V.2.2 Détermination de la dose optimale pour le coagulant Chlorure Ferrique	69
V.2.2.1 Les essais de chlorure ferrique	69
V.2.2.2 Interprétation des résultats.....	72
V.2.3 Comparaison entre sulfate de l'Aluminium et le Chlorure Ferrique	73
V.3 Partie II : comparaison de l'eau traitée et l'eau minérale	74
V.3.1 Résultats et interprétation des paramètres physico-chimiques	74
V.3.1.1 Les paramètres organoleptiques	75
V.3.1.1.1 la couleur, le goût et l'odeur.....	75
V.3.1.1.2 La turbidité	75
V.3.1.2 Les paramètres physico-chimiques	75

V.3.1.2.1	La température.....	75
V.3.1.2.2	Potentiel Hydrogène (pH).....	76
V.3.1.2.3	Conductivité.....	77
V.3.1.2.4	Dureté Totale (TH)	78
V.3.1.2.5	Calcium	80
V.3.1.2.6	Magnésium.....	80
V.3.1.2.7	Les bicarbonates.....	81
V.3.1.2.8	Chlorures	82
V.3.1.2.9	Nitrite(NO_2^-)	83
V.3.1.2.10	Les Nitrates(NO_3^-).....	84
V.3.1.2.11	phosphate.....	85
V.3.1.2.12	Matière en suspension.....	86
V.3.1.2.13	Résidu sec.....	87
V.3.1.3	Résultats et interprétations de l'analyse d'autres paramètres	87
V.3.1.3.1	Titre alcalimétrique (TA).....	87
V.3.1.3.2	Le titre alcalimétrique complet (TAC).....	88
	Conclusion Générale.....	90
	Références Bibliographiques.....	93
	Annexes.....	99

Introduction Générale

Dans toutes les planètes du système solaire, la terre est la seule à être pourvue d'une hydrosphère, celle-ci recouvre plus de 70% de sa superficie [1]. Schématiquement, l'eau évolue entre trois secteurs : les océans, l'atmosphère et les sols (lithosphère). La terre recevant l'énergie solaire, l'hydrosphère chauffée s'évapore, conduisant à la présence d'eau dans l'atmosphère. Cette eau, suite à un refroidissement de l'air, se condense en gouttes ou cristaux de glace et se retrouve précipitée sous forme de pluie, neige ou grêle sur la lithosphère à la surface. Le fonctionnement de ce système conduit à définir différents types d'eau, d'usage et de composition différents [2].

Une eau minérale naturelle correspond à une eau de boisson d'origine souterraine, faisant en général l'objet d'une exploitation commerciale, elle est constituée à l'abri de tout risque de pollution, microbiologiquement saine dès l'origine, elle n'est perturbée par aucune contamination d'origine humaine. La principale caractéristique de l'eau minérale naturelle réside dans sa pureté naturelle qui est une exigence de la réglementation, elle peut présenter des minéralités particulières (richesse en calcium, magnésium, bicarbonates) qui lui confèrent des propriétés bénéfiques. L'eau minérale naturelle est puisée dans des nappes en profondeur, grâce à des équipements adéquats et parfaitement protégés (forages, puits, etc.). Elle n'entre jamais en contact direct avec l'air ambiant. Elle est acheminée via des canalisations, le plus souvent en acier inoxydable, vers le site d'embouteillage.

L'eau constitue un élément essentiel dans la vie et l'activité humaine. C'est une composante majeure des mondes minéral et organique. Dans le monde présent, l'eau participe à toutes les activités quotidiennes notamment, domestiques, industrielles et agricoles ce qui la rend un élément récepteur exposé à tous les genres de pollution. Le phénomène de la pollution contribue de façon considérable à la limitation des ressources en eau potable. La dégradation de l'état de l'eau de consommation a différents impacts directs ou indirects sur la santé des populations humaines en contact avec cette eau. Tout ceci oblige à faire de plus en plus appel à des eaux d'origines diverses et notamment les eaux de surface. Les insuffisances existantes dans la protection de ces eaux face aux nombreuses pollutions peuvent contribuer à la dégradation de la qualité de ces eaux et à l'augmentation de certains micropolluants minéraux et surtout organiques indésirables dans les eaux destinées à la consommation du fait de leur incidence directe sur la santé du consommateur, il paraît donc essentiel d'éliminer au mieux ces composés organiques responsables de l'instabilité de la qualité de l'eau dans le temps.

Le traiteur d'eau dispose à l'heure actuelle d'un arsenal relativement complet pour lutter contre la pollution organique. Le coût du pourcentage éliminé peut toutefois être bien moins élevé si cette élimination se fait à l'occasion des traitements de clarification.

Dans le traitement de clarification d'une eau de surface on utilise les sels d'aluminium ou de fer comme coagulant, la présence de ces produits dans l'eau peut poser un problème sanitaire majeur [3] Parfois d'autres adjuvants de floculation sont utilisés comme les colloïdes de même charge que les particules à flocculer, ajoutés pour augmenter la concentration et le nombre de chocs entre les particules [4].

La coagulation floculation, traditionnellement considérée comme un procédé lié à l'élimination des états dispersés (matières en suspension ou colloïdes), peut devenir efficace vis - à vis de l'abattement de la charge organique dissoute à condition de se placer dans des conditions optimales souvent différentes de celles exigées pour l'élimination de la turbidité [5]

Le type des procédés utilisés pour le traitement de l'eau dépend de la qualité de l'eau brute captée : de la simple désinfection, éventuellement couplée à une filtration rapide, pour les eaux souterraines bien protégées par leur profondeur et la nature géologique des terrains traversés, à des traitements plus poussés (prétraitement, coagulation, floculation, clarification filtration et Procédés d'affinage avant désinfection) pour des eaux superficielles ou des eaux souterraines de moins bonne qualité [6].

Et c'est pourquoi nous avons mené une étude visant à sélectionner les réactifs appropriés pour les eaux superficielles dans la station de potabilisation de Sidi Lahdjel, dont l'objectif est de faire une étude comparative entre deux coagulants : chlorure ferrique et le sulfate d'alumine, on compare l'eau traité avec l'eau minérale.

Notre recherche est basée sur cinq chapitres :

Le premier chapitre consiste à déterminer les généralités sur les eaux naturelles.

Le deuxième chapitre présente des généralités sur l'eau minérale.

Le troisième chapitre, expose une vue générale sur la zone d'étude à savoir la station de sidi lahdjel.

Le quatrième chapitre, donne un aperçu sur le laboratoire, les analyses effectuées et les coagulants utilisés.

Le Cinquième chapitre, est consacrée à présenter l'étude expérimentale et à l'interprétation des résultats, ainsi que la comparaison entre :

- les deux coagulants (chlorure ferrique et le sulfate d'alumine)
- les deux eaux (eau minérale et eau traité)

En fin, nous terminons notre travail par une conclusion générale.

Chapitre I :

Généralité sur les

eaux

I.1 Introduction

L'eau est indispensable à la vie et tout le monde doit disposer d'un approvisionnement satisfaisant en eau (suffisant, sûr et accessible). Un meilleur accès à une eau de boisson saine peut se traduire par des bénéfices tangibles pour la santé. Tous les efforts doivent être consentis pour obtenir une eau de boisson aussi saine que possible.

L'accès à une eau de boisson saine est une condition indispensable à la santé, un droit humain élémentaire et une composante clé des politiques efficaces de protection sanitaire. Chacun consomme de l'eau provenant d'une certaine source et les consommateurs jouent souvent un rôle important dans la collecte, le traitement et le stockage de l'eau.

Les actions des consommateurs peuvent contribuer à la salubrité de l'eau qu'ils consomment et également à l'amélioration ou à la contamination de l'eau consommée par d'autres personnes.[7]

I.2 Eau sur terre

Nom féminin du latin aqua, l'eau est un corps incolore, inodore, insipide, liquide à la température ordinaire et composé d'hydrogène (H_2O). L'eau était considérée par les anciens comme l'un des quatre éléments de base avec le feu, l'air et la terre. Elle constitue un élément indispensable la vie. Elle est le substrat fondamental des activités biologiques et le constituant le plus important des êtres vivants (70% de leurs poids en moyenne).

L'eau sereine contredons l'écosphères ou trois états : solide, liquide et gazeux dépendant des conditions particulières de température et de pression. L'eau a des propriétés physico-chimiques assez particulières par rapport aux autres liquides car elle est un excellent solvant, elle solubilise de nombreux gaz, corps minéraux et organiques, ionise les électrolytes et dispersals colloïdales électro-chargés.[8]

Le changement d'état de l'eau solide, liquide, et gazeux, permet sa circulation entre tous les réservoirs et son transfert par évaporation entre les océans et les continents.[9]

La majeure partie de l'eau (97%) est contenue dans les océans (Figure 1), et est salée, ce qui la rend inutilisable pour l'Homme. Les 3% d'eau douce restants ne sont toutefois pas entièrement disponibles pour l'Homme. En effet, environ 68,3% de celle-ci présente à l'état solide dans les glaciers et 31,4% seulement se trouve à l'état liquide dans les nappes phréatiques, les lacs d'eau douce, les rivières et l'eau contenue dans la matière vivante...etc. Une faible proportion de ces 31,4% est sous forme de vapeur d'eau dans l'atmosphère.[10]

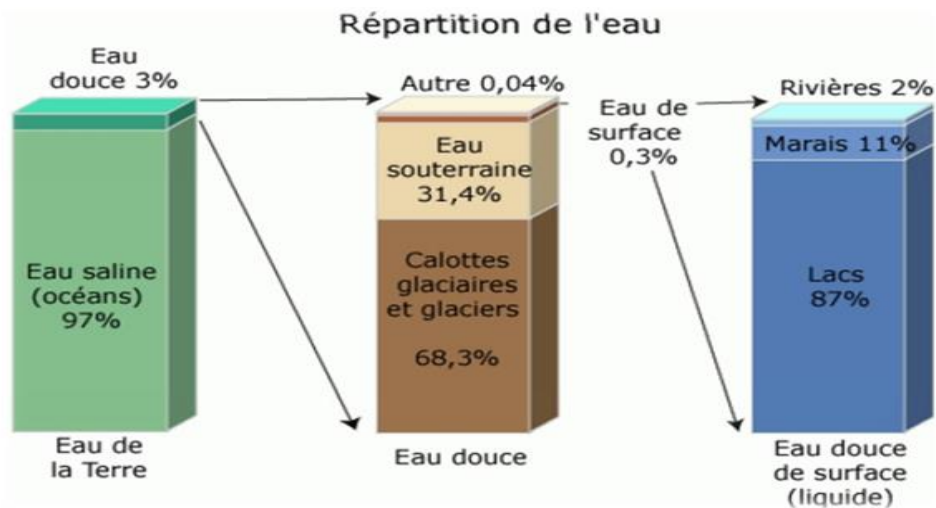


Figure I.1 Répartition de l'eau sur la terre

I.3. Cycle de l'eau (cycle hydrologique)

Le cycle de l'eau on l'appelle aussi le cycle hydrologique mettant en jeu évaporation, précipitation et ruissellement par le cycle externe de l'eau, ceci par opposition au cycle interne de l'eau, qui correspond à l'infiltration de l'eau dans les pores et les fractures du manteau terrestre.[9]

En effet, le cycle de l'eau (figure 2) prit dans son ensemble, regroupe deux phases bien distinctes et bien couplées entre elles : le cycle de l'eau dans l'atmosphère et le cycle de l'eau dans le sol. La première phase, atmosphérique, est la partie la plus visible du cycle (nuages, précipitations...), elle est caractérisée par une circulation rapide de l'eau, essentiellement sous forme de vapeur.[11]

Cette vapeur d'eau, qui est transportée sur les continents sous forme de pluie a l'originalité de ne déplacer que l'eau dans l'atmosphère. En effet, lors de l'évaporation la quasi-totalité des minéraux restent dans l'océan (seulement certains éléments volatils, tels que le mercure (Hg) ou des molécules organiques s'évaporent). Ceci conduit à une concentration des éléments minéraux dans l'eau de mer.[12]

Par contraste, la deuxième partie, qui est le cycle de l'eau dans les sols passés initialement en phase liquide, elle est marquée par une vitesse de circulation de l'eau relativement lente. [11]

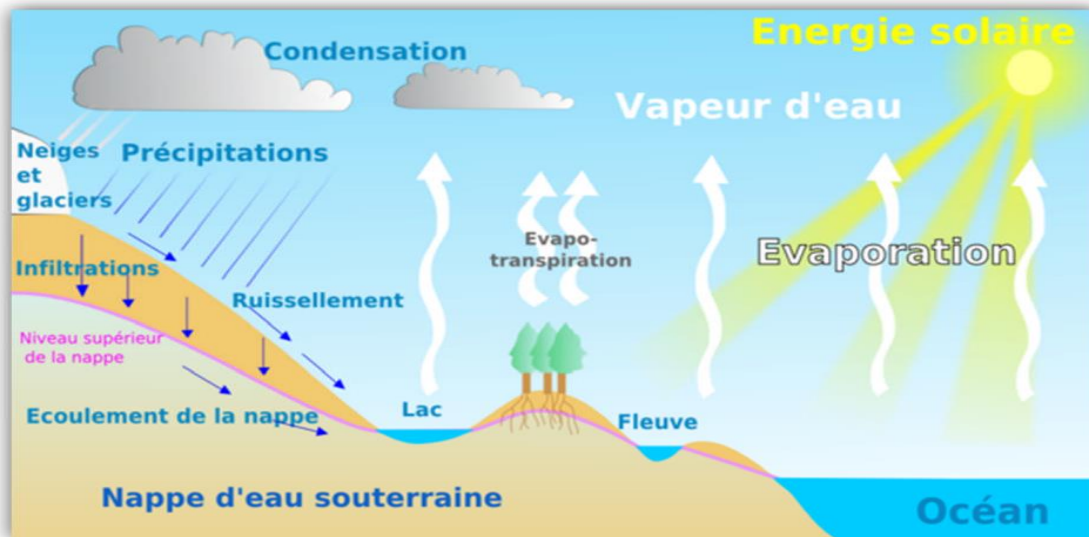


Figure I.2. Cycle de l'eau

I.4 Ressources hydriques naturelles

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

I.4.1 Eaux souterraines

Les eaux souterraines constituent 22% des réserves d'eau douce soit environ 1000 milliards de m³. Leur origine est due à l'accumulation des infiltrations dans le sol qui varient en fonction de sa porosité et de sa structure géologique. Elles se réunissent en nappes.

Il existe plusieurs types ; La nappe libre qui est directement alimentée par les eaux de ruissellement, Très sensible à la pollution, elle est à l'origine des sources et des forages par opposition. La nappe captive qui est séparée de la surface du sol par une couche imperméable ; Elle n'est donc pas alimentée directement par le sol, elle se situe à des grandes profondeurs et peu sensible à la pollution.

Les eaux souterraines sont généralement d'excellente qualité physico-chimique et bactériologique. Néanmoins, les terrains traversés en influencent fortement la minéralisation. Celle-ci est faible dans les terrains anciens de type granite et schiste, et élevée dans les terrains sédimentaires comme les calcaires. Elles sont pauvres en O₂ dissous et exemptes de matières organiques sauf en cas de pollution. [13].

I.4.2 Eaux de surface

Ce terme englobe toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface des continents. Elles ont pour origine, soit des nappes souterraines, dont l'émergence constitue une source, soit les eaux de ruissellement. [14]

Ces eaux sont constituées par des ruisseaux, rivières, fleuves, étangs, lacs, barrages réservoirs et glaciers. Bien qu'il semble s'agir de masses d'eau bien individualisées solides ou liquides, immobiles ou en mouvement, on ne doit pas oublier qu'elles se trouvent en contact étroit avec le sol d'un côté et avec l'atmosphère de l'autre côté. [15]

Les eaux de surfaces sont rarement potables sans aucun traitement. Elles sont toujours plus ou moins polluées par divers rejets d'origine :

- Urbaine provenant de la collecte des eaux résiduaire sur Baines.
- Industrielle parmi lesquels on trouve les polluants organiques (hydrocarbures, solvants, phénols) ou inorganiques (métaux lourds, ammoniacque, produits toxiques).
- Agricole comme les engrais, pesticides (herbicides, insecticides, fongicides).
- Bactériologique provenant des humaines et des animaux [14]

I.4.3 Eaux de pluie

Les eaux de pluie sont habituellement des eaux de bonne qualité, tant pour l'alimentation humaine que pour les autres usages domestiques, même si leur absence de goût déplaît à de nombreux consommateurs. Ce sont également des eaux très douces (peu de sels de Ca et Mg), consomme peu de savon et produit une mousse abondante, saturées en O₂, N₂ et CO₂. Les eaux de pluie peuvent être contaminées par les poussières atmosphériques et des gaz étrangers NO, NO₂, SO₂ ...qui sont responsables de l'acidité de certaines pluies.

I.4.4 Eaux des mers et océans

Les mers et les océans constituent des énormes réservoirs d'eau, elles représentent près de 97.4% du volume d'eau existant actuellement sur notre planète, le reste est la part des eaux continentales (eaux souterraines et superficielles). Les eaux de mers sont caractérisées par une grande salinité, Elle contient près de 3.5% de sels, dont le plus important est le chlorure de sodium. [16]. Elles sont dénommées aussi « eaux saumâtres », ce qui rend leur utilisation difficile, notamment leur coût très élevé pour leur traitement.[17]

I-5 Pollution des eaux

La pollution des eaux peut être définie comme une dégradation de celle-ci par les éléments qu'elle a accumulés de son utilisation. Ces éléments indésirables proviennent des excréments chimiques, des rejets provenant d'industries divers, du lessivage des terrains traversés. Le problème de la pollution des eaux représente sans aucun doute l'un des aspects les plus inquiétants de la dégradation du milieu naturel.

I.5.1 Origine de la pollution

I.5.1.1 L'industrie

Les activités industrielles rejettent un bon nombre de substances qui vont polluer nos rivières et nos nappes, parfois d'une manière intensive que l'on n'en connaît pas les effets à long terme [17]. Les rejets industriels renferment des produits divers sous forme insoluble ou soluble d'origine minérale et/ou organique, à caractère plus ou moins biodégradable et parfois toxique même à très faible concentration.

I.5.1.2 L'agriculture

Elle utilise des engrais chimiques azotés et phosphorés, des produits phytosanitaires destinés à protéger les cultures, ces produits parfois toxiques lorsqu'ils sont utilisés en excès vont contaminer en période de pluie les eaux de surface et les eaux souterraines par infiltration [18]

I.5.1.3 Pollution domestique

Nos eaux usées urbaines sont constituées de matière organique biodégradable certes mais de grandes consommatrices d'oxygène, de germes pathogènes et de produits chimiques [19].

I.5.1.4 Pollution par les eaux pluviales

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

I.5.1.5 Pollution d'origine naturelle

Certaines substances naturellement présentes dans l'environnement entraînent parfois des problèmes de contamination de l'eau potable. Des composés inorganiques comme le baryum, l'arsenic, les fluorures, le sodium, les chlorures, le mercure, le cadmium et les cyanures peuvent contaminer l'eau potable. L'eau souterraine est particulièrement vulnérable lorsqu'il y a présence de métaux dans les formations géologiques environnantes [18].

I.5.1.6 Pollution par les substances associées au traitement de l'eau

La chloration de l'eau dans le but de la rendre potable est un procédé très répandu et reconnu efficace. La chloration est même considérée par les experts comme étant l'une des plus importantes initiatives de santé publique du XXe siècle. Cependant, bien qu'il soit efficace

pour contrôler principalement les virus et les bactéries, le chlore, en présence de matières organiques, entraîne la formation de plusieurs sous-produits de chloration (SPC) potentiellement cancérigènes comme par exemple les trihalométhanes (THM). Le sulfate d'aluminium est un produit utilisé pour coaguler les substances contenues dans l'eau. L'eau ainsi traitée présente des concentrations d'aluminium plus élevées que dans l'eau non traitée. La toxicité de l'aluminium a été étudiée en relation avec la maladie d'Alzheimer qui influe sur la mémoire et le comportement des personnes atteintes.

I.6. Les principaux polluants des eaux naturelles

I.6.1 Polluants physiques

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

a) Les éléments grossiers

Leur dimension est suffisamment grande pour être retenue par de simples grilles. Dans les eaux de surface, ces éléments sont généralement : les brindilles, les feuilles, les arbres...etc.

b) Les sables

Les sables sont des particules minérales d'une certaine dimension. Ils sont généralement à base de silice ou de composition minérale équivalente. Leur masse spécifique est de 2,5 à 2.6 g/cm³, ce qui permet leur élimination par simple décantation [20].

c) Les matières en suspension (MES)

Les matières en suspension rencontrées dans les eaux (essentiellement superficielles) sont très diverses tant par leur nature que leur dimension. Elles sont constituées de quartz, d'argiles, de sels minéraux insolubles, de particules organiques composées de micro-organismes, et de produits de dégradation animaux ou végétaux. Selon leur dimension : Les états dispersés que l'on peut diviser en suspension et état colloïdal, se distinguent de l'état dissout, notamment par les dimensions particulières. La Figure (I.3) donne en première approximation, une échelle de dimensions particulières et les états correspondants.

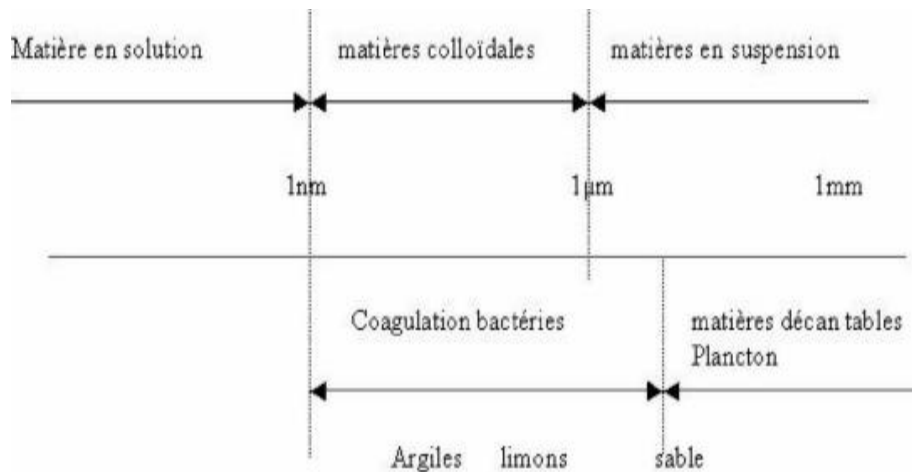


Figure I.3 Etats dispersés- états dissous. D'après [21]

Selon leur nature : La nature des matières solides en suspension peut être soit minérale soit organique.

Les polluants minéraux constituent une gêne physique pour l'environnement mais n'évoluent pas dans le temps. Les rejets minéraux colmatent les sols sur lesquels ils sont évacués aboutissant ainsi à l'asphyxie de ce sol ou contribuent à une pollution par leur volumes (dépôts) ainsi que les polluants organiques évoluent qui ont besoin d'oxygène et qui dégageront des odeurs par putréfaction dans ce cas les métabolismes continuent créant des besoins et occasionnant des rejets qui gênent l'environnement ces éléments doivent être traités avant leur évacuation [22].

I.6.2 Polluants chimiques

La pollution chimique d'une eau est autrement plus complexe et peut provenir de plusieurs sources. On distingue selon la nature de la pollution chimique :

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

a) Les éléments chimiques minéraux

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

- **La température**

L'évolution de la température dépend du mode d'utilisation de l'eau avant son rejet et surtout le parcours de l'eau avant l'exutoire ou la station d'épuration. En général l'eau doit être évacuée vers l'environnement à des températures inférieures à 30°C une eau plus chaude constitue une pollution [23].

- **Le pH**

Le pH d'une eau est dû à la concentration de cette eau en ions H^+ ou OH^- une eau équilibrée aura un pH neutre de 7. Des variations trop élevées du pH par rapport à cette valeur moyenne de 7 constitue une pollution. Des eaux dont le pH présente de grands écarts par rapport à la neutralité sont polluées [23].

- **Les sels**

Dans beaucoup de procédé de production ainsi que lors de l'élaboration des matières, il se forme parfois des sels en grandes quantités, avant tout des chlorures, des nitrates, des sulfates et des phosphates, qui ont une grande importance vis-à-vis l'environnement [24].

- **Les nitrates (NO_3^-)**

Les nitrates sont présents naturellement dans les eaux, les apports excessifs ou mal maîtrisés d'engrais azotés provoquent une augmentation des nitrates dans les ressources. Les nitrates se transforment en nitrite dans l'estomac. Ces nitrites peuvent provoquer la transformation de l'hémoglobine du sang en méthémoglobine, impropre à fixer l'oxygène. Ce phénomène est à l'origine de cyanoses, notamment chez les nourrissons. La consommation d'eau chargée en nitrates ou nitrites par la femme enceinte ou le nourrisson peut constituer un risque pour le nouveau-né [25].

- **Les chlorures**

En plus de l'agressivité et de la minéralisation qu'ils confèrent à ces eaux, des taux élevés modifient la saveur de l'eau et contribuent aux dépôts de sels néfaste pour l'agriculture [20].

- **Les sulfates (SO_4^{2-}) :**

En plus des inconvénients qui caractérisent les chlorures, les sulfates participent aux métabolismes des bactéries contenues dans l'eau, les bactéries contenues dans l'eau, les bactéries sulfate-réductrice transforment les sulfates en sulfures avec dégagement de gaz sulfureux (œufs pourris) créant des désagréments à l'environnement [20].

- **Les métaux lourds**

Les métaux lourds, qui parviennent dans les eaux, font partie des polluants de l'eau, les métaux lourds exemple dans les sédiments [24].

I.6.3 Polluants microbiologiques

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

I.7 Récapitulation

En conclusion nous avons regroupés les différents polluant dans le tableau ci-dessous.

Tableau. I.1. Les différents polluants

Matières physiques	PH, MES, Température
Matières minérales	Résidu sec, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , SO_4^{2-} , Cl^-
Matières organiques	Oxygène dissous, DBO_5 , DCO , M. Organique
Matières azotées	NH^+ , NO^{2-} , NO_3
Matières phosphorées	PO_4^{3-}

I.8 Propriétés générales d'une eau de boisson

L'eau de boisson peut être définie en se référant à l'OMS comme une eau ne contenant en quantité dangereuse ni substances chimiques ; ni germes nocifs à la santé humaine. Elle doit être agréable à boire que les circonstances le permettent, pour être distribué, l'eau de boisson doit satisfaire à un ensemble de conditions que l'on peut résumer comme suit :

- Une eau de boisson ne doit nuire à la santé de consommateurs, ni à court terme ni à moyen terme et ni à long terme.
- Une eau de boisson ne doit avoir des propriétés agressives vis-à-vis les canalisations, et doit rester inerte que possible des matériaux dont elle est en contact.
- Une eau de boisson doit être dépourvue de toutes bactéries ou microbes indiquant la présence d'organismes pathogènes (transmetteurs de maladies).

I.9 Normes de qualité des eaux de consommation

I.9.1 Les paramètres organoleptiques

a. La couleur

La couleur de l'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. L'eau de boisson ne doit pas présenter une coloration qui dépasse 15 mg/l à l'échelle platine.

b. La turbidité

La turbidité d'une eau est due à la présence de particules en suspension notamment colloïdales : argiles, limons, grains de silice, matières organiques ...etc. L'appréciation de l'abondance de ces particules mesure son degré de turbidité. Celui-ci sera d'autant plus faible que le traitement de l'eau aura été plus efficace.

Les eaux souterraines qui subissent la filtration par le sol ont une turbidité faible [25].

c. L'odeur

Une eau destinée à l'alimentation doit être inodore. La présence d'une odeur est un signe de pollution ou de la présence de la matière organique en décomposition.

I.9.2 Les paramètres physico-chimiques

a. La température

La température influe considérablement sur la vitesse des réactions chimiques ou biochimiques dans l'eau, la température optimale de l'eau de consommation est entre 9°C et 12°C. Elle ne doit pas dépasser 15°C.

b. pH

Le PH influe sur les phénomènes de corrosion ou d'entartrage des conduites. On admet que le PH des eaux de consommation doit être compris entre 6.5 et 8.5

c. Salinité

La salinité totale d'une eau correspond à la somme des cations et des anions présents exprimée en mg/l [29] Caractéristiques Unité Concentrations Couleur mg/l de platine (en référence à l'échelle platine/cobalt) Au maximum 25 Odeur (seuil de perception à 25°C)

- Au maximum 4 Saveur (seuil de perception à 25°C)

- Au maximum 4 Turbidité Unité JACKSON Au minimum 2 37

d. Les résidus secs

Les Résidus secs obtenus par évaporation, représentent les matières dissoutes et en suspensions d'une eau [29].

e. La dureté ou titre hydrométrique

La dureté ou titre hydrotimétrique d'une eau est une grandeur reliée à la somme des concentrations en cations métalliques, à l'exception de ceux des métaux alcalins (Na^+ , K^+), dans la plupart des cas, la dureté est surtout due aux ions calcium Ca^{2+} et magnésium Mg^{2+} (Ions alcalinoterreux).

Un degré hydrotimétrique ($^{\circ}\text{TH}$) correspond à une concentration en ions Ca^{2+} ou Mg^{2+} . Un degré hydrotimétrique correspond aussi à un degré français (1°F) [29].

f. Conductivité électrique

La conductivité des eaux potables est souvent liée à la concentration en sels minéraux dissous. Son unité est exprimée en (μs

/cm) [30].

g. Alcalinité

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence des bicarbonates, carbonates et les hydroxydes, elle est mesurée soit par le titre alcalimétrique (TA) ou par le titre alcalimétrique complet (TAC) [31].

h. Titre alcalimétrique (TA) ou titre alcalimétrique complet (TAC)

Les valeurs relatives du TA et du TAC permettent de connaître les teneurs en hydroxydes, carbonates et hydrogencarbonates contenu dans l'eau.

Le TA permet de déterminer, en bloc, la teneur en hydroxydes et seulement la moitié de celle en carbonate.

La TAC assure la détermination de la teneur en hydrogencarbonates [32].

i. Chlorure Les teneurs en chlorures (Cl^-)

Des eaux sont extrêmement variées et liées principalement à la nature des terrains traversés. Ainsi, les eaux courantes non polluées ont souvent une teneur en chlorures. Dans l'eau, 38 le chlorure n'a ni odeur, ni couleur, mais peut procurer un goût salé [33]

j. Matière en suspension

Les solides en suspension sont constitués par la matière en suspension dans l'eau. Ils proviennent des sources naturelles, d'effluents municipaux et industriels, du lessivage des terres agricoles et des retombées de matières particulaires atmosphériques. On distingue les matières décanables, qui se séparent de l'eau par gravité, des matières colloïdales séparées par coagulation. Les matières en suspension limitent la pénétration de la lumière dans l'eau, diminuent la teneur en oxygène dissous en freinant les phénomènes photosynthétiques qui contribuent au réaération de l'eau.

k. La dureté

La dureté d'une eau est associée à la présence en solution et à l'état dissous des ions bivalents calcium (Ca^{2+}) et magnésium (Mg^{2+}). La dureté de l'eau provoque :

- La consommation excessive du savon
- Une corrosion des conduites et des chaudières due à des précipitations du carbonate de calcium (CaCO_3).

La dureté de l'eau est souvent exprimée en degré français (DF°) ou en mg/l de CaCO_3 .

$$1\text{DF}^\circ = 10\text{mg/l } (\text{CaCO}_3)$$

$$1\text{DF}^\circ = 4\text{mg/l } (\text{Ca}^{2+})$$

$$1\text{DF}^\circ = 2.4 \text{ (Mg}^{2+}\text{)}$$

- Une eau qui est très douce c'est-à-dire $\text{TH} < 7\text{DF}^\circ$, n'est pas potable
- Une eau douce \longrightarrow $\text{TH} = 7 \text{ à } 14\text{DF}^\circ$ \longrightarrow d'une bonne potabilité
- Une eau moyennement douce \longrightarrow $\text{TH} = 14 \text{ à } 22\text{DF}^\circ$ \longrightarrow passable
- Une eau dure \longrightarrow $\text{TH} = 32 \text{ à } 32\text{DF}^\circ$ \longrightarrow passable
- Une eau très dure \longrightarrow $\text{TH} = 32 \text{ à } 54\text{DF}^\circ$ \longrightarrow mauvaise potabilité

Pour les éléments chimiques suivants, les concentrations doivent être inférieures aux valeurs indiquées dans le tableau (I.2).

Tableau. I. 2 Concentration des éléments chimiques

Eléments chimiques	Concentration (mg/l)
Chlorure (Cl ⁻)	200
Sulfate (So ₄ ²⁻)	250
Sodium (Na ⁺)	150
Magnésium (Mg ²⁺)	50
Potassium (K ⁺)	12
Potassium (K ⁺)	50
Nitrite (No ₂ ⁻)	0.1

Pour les métaux lourds suivants, les concentrations ne doivent pas dépasser les concentrations admissibles dans l'eau ; indiquées dans le tableau (I.3)

Tableau I.3 Concentration des métaux lourds

Paramètres	Concentrations
Fer (Fe)	300 µg/l
Manganèses (Mn)	50 µg/l
Cuivre (Cu)	1 mg/l
Zinc (Zn)	5 µg/l
Argent (Ag)	50 µg/l
L'aluminium (Al)	0.2 mg/l

Pour les paramètres concernant les substances toxiques : les concentrations ne doivent pas dépasser les concentrations indiquées dans le tableau

Tableau I.4: Concentration des substances Tableau

Paramètres	Concentrations
Cadmium (Cd)	50 µg/l
Cyanure (Cn)	50 µg/l
Mercure (Hg)	1 µg/l
Plomb (Pb)	50 µg/l

I.9.3 Les matières organiques

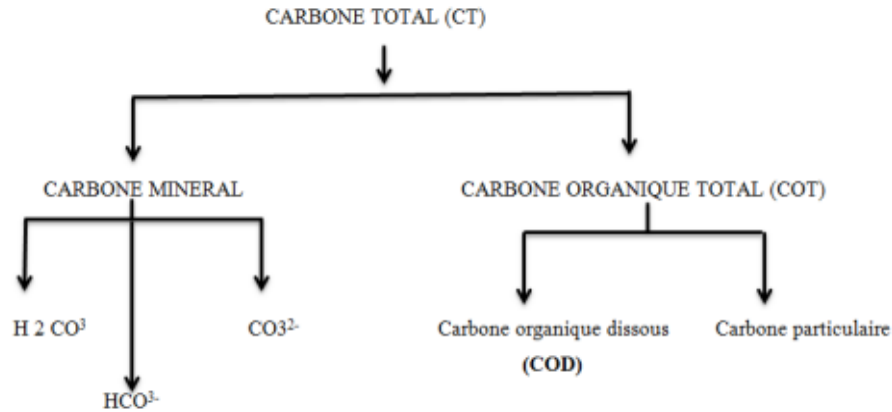
a) L'oxydabilité au permanganate de potassium (KMnO_4) :

Cette mesure renseigne sur la concentration en matières organiques présentes dans une eau peu chargée. On utilise un oxydant, le permanganate de potassium (KMnO_4), qui, dans des conditions opératoires précises, va oxyder des molécules présentes dans l'eau. Ces molécules sont essentiellement des molécules organiques mais des molécules minérales peuvent être également oxydées et l'on devrait parler plutôt de matières oxydables.

Le KMnO_4 n'attaque pas toutes les molécules organiques mais il est très utilisé pour suivre l'évolution de la matière organique dans une station de traitement. L'oxydation des matières organiques et des substances oxydables est effectuée par le permanganate de potassium à chaud ou à froid. La méthode à chaud est la plus utilisée à cause de sa rapidité [26].

b) Le carbone organique total (COT)

Le COT est défini comme la concentration en mg de carbone/l d'échantillon, c'est une méthode directe pour mesurer la teneur en matières organiques d'une eau. Il consiste à brûler l'échantillon d'eau à 950 °C sous l'action de l'oxygène gazeux et de mesurer le CO_2 dégagé, et par suite de mesurer le carbone total (organique et minéral). Le COT est une méthode rapide et présente plusieurs avantages tels que : on peut analyser l'eau quelle que soit sa qualité (de forte salinité, acide, basique, ou contient des composés toxiques). Mais malgré ses avantages, il exige un appareillage coûteux [17.21]. Si on fait le bilan de toutes les formes du carbone contenu dans une eau naturelle, on a donc le schéma suivant :



La détermination du carbone organique total (COT) ou dissous (COD) passera donc par l'élimination du carbone minéral avant la mesure, ou par sa soustraction du carbone total. Le principe de la mesure du carbone organique dans les eaux consiste en une minéralisation par oxydation des matières organiques (M.O), suivi de la mesure de CO₂ libéré.

c) La demande chimique en oxygène (DCO)

C'est une mesure de toutes les matières organiques (ou presque) contenues dans les eaux naturelles ou usées, qu'elles soient biodégradables ou non biodégradables. L'oxydation est effectuée ici dans des conditions énergiques, par voie chimique. Elle se fait sous l'action d'un oxydant puissant (bichromate de potassium), en milieu acide fort (H₂SO₄) et au reflux pendant deux heures.

La DCO constitue donc un paramètre important. C'est un test rapide, très utile pour la surveillance des eaux usées et des rejets industriels (surtout ceux à caractère toxique qui se prête mal aux mesures de DCO, exprimée, elle aussi en mg/l d'oxygène, diffère de celle de la DBO. Elle est généralement supérieure, surtout pour les eaux usées domestiques, mais il y a souvent un rapport à peu près constant entre les deux (de l'ordre de 1,5 à 2) ([27][28]).

d) La demande biochimique en oxygène (DBO₅)

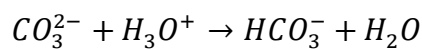
L'oxydation des composés organiques biodégradables par les microorganismes entraîne une consommation d'oxygène ; le milieu exerce donc une certaine demande biochimique d'oxygène. La mesure de cette DBO permet d'évaluer le contenu d'une eau en matières organiques biodégradables et donc, dans une certaine mesure, sa qualité ou son degré de pollution. La dégradation complète des matières organiques peut être relativement longue (plusieurs semaines). D'autre part, l'oxydation des dérivés ammoniacaux et des nitrites en nitrates (nitrification) absorbe également de l'oxygène. Cette nitrification, dans les eaux

naturelles, ne débute qu'au bout d'une dizaine de jours. Pour ces deux raisons, on mesure la DBO en 5 jours, ou DBO₅, c'est-à-dire la quantité d'oxygène consommée ; pendant ce laps de temps, pour l'oxydation partielle des matières organiques biodégradables sous l'action des microorganismes [27.25.21].

e) Alcalinité

L'alcalinité d'une correspond à la présence d'ions hydroxydes, carbonates et hydrogénocarbonates. Elles des détermine par acidimétrie et se caractérise par 2 paramètres :

Le Titre Alcalimétrique (TA) : Qui correspond à la première neutralisation des ions carbonates (CO₃²⁻), selon la réaction suivante :



On considère que la réaction est terminée lorsque le PH du milieu a atteint 8.3. La quantité de protons nécessaire à la réalisation de cette réaction dans un litre d'eau est appelé le Titre Alcalimétrique.

En pratique, on détermine le TA à l'aide d'une solution étalon d'acide fort (acide chlorhydrique ou sulfurique) en présence d'un indicateur coloré, la phénolphtaléine, qui vire au rouge à pH 8.3.

Le TA dose ainsi la totalité des hydroxydes et la moitié des carbonates selon la formule :

$$\text{TA} = [\text{OH}^-] + \frac{1}{2} [\text{CO}_3^{2-}]$$

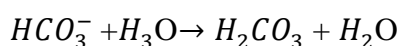
Dans les eaux naturelles où le pH est pratiquement toujours inférieur à 9, la constatation en ions hydroxydes [OH⁻] ne dépasse pas 10⁻² milli mol/l. On la considère donc négligeable face aux concentrations en ions carbonates [CO₃²⁻] et hydrogénocarbonates [HCO₃⁻]. On obtient donc :

$$[\text{CO}_3^{2-}] = 2\text{TA}$$

Le TA s'exprime en milliéquivalent par litre (me/l) ou en degrés français (°F). C'est une unité de concentration : 1°F = 0.2 mg/l et 1 mg/l de TA correspond à une milli mole de (CO₃²⁻).

- Le Titre Alcalimétrique Complet (TAC) :

Qui correspond à la neutralisation de la totalité des espèces carboniques dissociées et s'obtient en poursuivant la neutralisation :



On considère que cette réaction est terminée lorsque le pH du milieu atteint

- La quantité totale de protons nécessaire à la réaction de cette réaction dans un litre d'eau est appelée le Titre Alcalimétrique Complet. En pratique, on détermine le TAC à l'aide d'une solution étalon d'aide fort (acide chlorhydrique ou sulfurique) en présence d'un indicateur coloré, l'hélianthine, qui vire à pH
- Le TAC dose la totalité des ions hydroxydes, hydrogénocarbonates et carbonates selon la formule :

$$\text{TAC} = [\text{OH}^-] + [\text{HCO}_3^-] + [\text{CO}_3^{2-}].$$

Les ions hydroxydes $[\text{OH}^-]$ étant considérés comme négligeables, on obtient :

$$\text{TAC} = [\text{HCO}_3^-] + [\text{CO}_3^{2-}].$$

Le TAC s'exprime également en mg/l ou °F.

La concentration initiale en ions hydrogénocarbonates $[\text{HCO}_3^-]$ s'obtient finalement par la relation suivante :

$$[\text{HCO}_3^-] = \text{TAC} - 2\text{TA} \text{ (mg/l)}$$

I.9.4 Paramètres microbiologiques

L'eau ne doit pas contenir des germes pathogènes en particulier : salmonelle, streptocoque, E. Coli dans 5 litres d'eau prélevée.

I.10 Norme de potabilité de L'eau

Pour tester la qualité de l'eau on a choisi les normes qui sont mentionné dans le tableau suivant :

Tableau. I.5 les normes de l'eau potable algérienne et européenne

Caractéristiques	Symbole	Unités	Valeur maximale admissible selon les normes	
			Algériennes (Arrêté interministériel du 22 janvier 2006)	Européennes (Directive 98/83/CE du conseil du 3 novembre 1998)
Caractéristiques physico-chimiques				
pH	-	-	6,5-8,5	6,5-9,5
Conductivité à 20 °C	-	µs/cm	2800	2500
Chlorures	Cl	mg/l	200-500	250
Sulfates	SO ₄	mg/l	200-400	250
Magnésium	Mg	mg/l	150	50
Sodium	Na	mg/l	200	200
Potassium	K	mg/l	20	12
Aluminium total	Al	mg/l	0,2	0,2
Substances indésirables				
Nitrates	NO ₃	mg/l	50	50
Nitrites	NO ₂	mg/l	0,1	0,5
Ammonium	NH ₄	mg/l	0,5	0,5
Fer	Fe	mg/l	0,3	0,2
Manganèse	Mn	mg/l	0,5	0,05
Cuivre	Cu	mg/l	1,5	2
Zinc	Zn	mg/l	5	3
Argent	Ag	mg/l	0,05	0,01
Fluorures	F	mg/l	0,2-2	1,5
Azote	N	mg/l	1	1
Substances toxiques				
Arsenic	As	mg/l	0,05	0,01
Cadmium	Cd	mg/l	0,01	0,005
Cyanure	Cn	mg/l	0,05	0,05
Chrome	Cr	mg/l	0,05	0,05
Mercuré	Hg	mg/l	0,001	0,001
Plomb	Pb	mg/l	0,055	0,01
Sélénium	Se	mg/l	0,01	0,01
Benzo (1,2,3-cd) pyrène	-	µg/l	0,01	0,01

I.11 Conclusion

Ce chapitre est consacré à l'étude de l'eau. Nous avons d'abord présenté des définitions, cycle de l'eau, puis nous avons présenté les différentes ressources hydriques naturelles, les polluants de l'eau et les normes de qualité des eaux de consommation.

Chapitre II :
Généralité sur les
eaux minérale

II.1 Introduction

Une eau minérale naturelle correspond à une eau de boisson d'origine souterraine, faisant en général l'objet d'une exploitation commerciale, elle est constituée à l'abri de tout risque de pollution, microbiologiquement saine dès l'origine, elle n'est perturbée par aucune contamination d'origine humaine. La principale caractéristique de l'eau minérale naturelle réside dans sa pureté naturelle qui est une exigence de la réglementation, elle peut présenter des minéralités particulières (richesse en calcium, magnésium, bicarbonates) qui lui confèrent des propriétés bénéfiques. L'eau minérale naturelle est puisée dans des nappes en profondeur, grâce à des équipements adéquats et parfaitement protégés (forages, puits, etc.). Elle n'entre jamais en contact direct avec l'air ambiant. Elle est acheminée via des canalisations, le plus souvent en acier inoxydable, vers le site d'embouteillage.

II.2 Définition d'eau minérale

Toutes les eaux sont minérales, seule l'eau distillée est déminéralisée. Une eau est dite « Minérale naturelle », si elle est d'origine souterraine naturellement pure (sans Polluant) sans avoir subi de traitement, si sa composition physico-chimique est Constante ainsi que l'ensemble des critères de qualité telle que la température, l'aspect visuel, le goût, le débit, si ses qualités thérapeutiques ont été reconnues par l'Académie Nationale de Médecine en France. Elle se démarque de l'eau dite "de source" par ses composés minéraux constants. Les eaux minérales peuvent être définies également par leurs propriétés bénéfiques à la santé. Elles sont parfois utilisées en thérapeutique ou en cures thermales. Elles sont Plates (Sans gaz) ou gazeuses (chargées de gaz carbonique CO₂). En fonction de leurs concentrations plus ou moins fortes en minéraux elles sont dites faiblement minéralisées, moyennement minéralisées ou fortement minéralisées. Les eaux minérales doivent parfois être utilisées avec parcimonie, en particulier celles contenant une grande quantité de sodium lors de certains régimes dépourvus de sel.

Les eaux minérales contiennent des éléments essentiels à l'organisme, tels que : les Bicarbonates, les sulfates, les chlorures, le calcium, le phosphore, le magnésium, le Potassium, le sodium, le fer. Grâce à sa richesse en minéraux et en oligo-éléments, l'eau minérale complète notre alimentation.

II.3 Composition des eaux minérales

Les eaux minérales naturelles sont composées de minéraux - des éléments nécessaires au bon fonctionnement du corps - comme le calcium, le magnésium, les bicarbonates, le sodium, le sulfate, le potassium, le nitrate, le silicium ou le fluor.

II.3.1 Les sels minéraux

II.3.1.1 Macroéléments

❖ Calcium

Le calcium est un métal alcalino-terreux c'est un composant majeur de la dureté totale de l'eau minérale naturelle, celle-ci se charge en ions calcium quand elle traverse des terrains calcaires [34].

Le calcium intervient dans la construction des os et des dents dont il assure la croissance, la solidité, et l'entretien. Il intervient aussi dans la coagulation sanguine, la contraction musculaire et le rythme cardiaque normal. Il joue aussi un rôle dans l'activation de certains enzymes et la prévention de l'hypertension.

- Besoin journalier : 800-1000 mg (selon l'âge et le sexe)
- Absorption journalière : 800-900 mg

❖ Magnésium

Le magnésium est l'un des éléments les plus répons dans la nature. Sa teneur dépend de la composition des roches sédimentaire rencontrées. Le magnésium permet de diminuer la fatigue, le stress et l'anxiété.

- Besoin journalier : 350 mg
- Absorption journalière : 300-500 mg

❖ Sodium

Le sodium est un sel minéral présent à des teneurs variables dans les eaux minérales [35]. Il a pour rôle de maintenir l'hydratation équilibrée du corps humain, favorise l'effort sportif et limite l'apparition des crampes musculaires.

Son excès, avec le chlorure de sodium (Na Cl) favorise l'hypertension artérielle [36].

- Besoin journalier pour l'adulte : 1,5 g (minimum 500 mg, maximum 2400 mg).

- Absorption journalière : 1,7-6,9 g sous forme de NaCl principalement.

❖ Potassium

Le potassium est un élément principalement présent dans les roches ignées (dont les roches volcaniques) et les argiles. Il assure le bon fonctionnement du système nerveux, des reins et des glandes surrénales qui régulent le stress et la production d'énergie.

Il est généralement peu concentré dans les eaux minérales naturelles. Généralement sa concentration ne dépasse pas 10mg/l [35].

- Besoin journalier pour l'adulte : 2,5 g (minimum 782 mg)
- Absorption journalière : 2-5,9 g

❖ Chlorures

Les chlorures sont des anions inorganiques importants présents à des concentrations variables dans les eaux minérales. Cela est lié principalement à la nature des terrains traversés.

Cependant les eaux minérales provenant des régions granitiques sont pauvres en chlore alors que les eaux minérales des régions sédimentaires en contiennent davantage. Le chlore est indispensable à l'équilibre hydrique de l'organisme, avec le sodium (NaCl) et le potassium (KCl).

Il participe à une bonne répartition de l'eau minérale dans le corps et contribue aussi à équilibrer le pH dans l'organisme.

- Besoin journalier : 2 g (difficile à estimer).
- Absorption journalière : 3-12 g sous forme NaCl.

❖ Sulfates

Les sulfates sont des sels d'acide sulfurique combinés à des ions métalliques. L'eau minérale contient naturellement ces derniers par dissolution du gypse avec une concentration très variable. L'ion sulfate est l'un des anions les moins toxiques et représente la source majeure de soufre, un composant essentiel de nombreuses protéines de la peau désangles, des cheveux et des hormones comme l'insuline. Par ailleurs, les sulfates accélèrent le transit intestinal [37].

❖ Phosphates

Les phosphates comprennent le phosphore organique et le phosphore inorganique qui lui-même, inclus les ortho-phosphates et les poly phosphates. Ces derniers dégradent les qualités organoleptiques de l'eau minérale (odeur, saveur, turbidité, couleur).

❖ Bicarbonates

Ils font partie de nombreuses substances minérales (au même titre que le calcium, magnésium ou encore sodium), naturellement présentes dans l'eau minérale naturelle qui peut contenir des quantités plus au moins élevées en bicarbonate en fonction des types de sols qu'elle traverse (infiltration) ou sur lesquels elle s'écoule (ruissellement) [38].

Sans effet nocif pour la santé, les bicarbonates ne sont soumis à aucune norme légale.

II.3.1.2 Oligoéléments (ou éléments traces)**❖ Fer**

Ce sont des impuretés minérales sans effets appréciables sur la santé. Une concentration excessive de ces métaux affecte les paramètres organoleptiques (couleur et goût désagréable) de l'eau minérale [39].

- Besoin journalier : 1-3 mg (selon l'Age et sexe) ce qui nécessite une teneur dans la diète journalière de 5 à 28 mg car le taux d'absorption du fer est relativement faible. Il est le meilleur pour la viande (20-30% - fer hématique), 1 à 1,5 % pour les céréales, légumes et lait seulement.

❖ Fluor

La présence des fluores dans l'eau minérale provient souvent de la dissolution des roches, il n'existe pas à l'état libre mais sous forme de fluorures en association rapide avec d'autres éléments.

La concentration élevée en fluor peut causer : des désordres neurologiques, des taches sur l'émail des dents, des dommages sur les thyroïdes et même des tumeurs [40].

La concentration maximale du fluor dans les eaux minérales naturelles est de 1.5 mg/l.

❖ **Cuivre**

- **Rôle** : constituant de nombreuses oxydoréductases, rôle dans le métabolisme du fer (dans le plasma, il est lié à la céruléoplasmine qui catalyse l'oxydation Fe^{2+} en Fe^{3+} ; forme sous laquelle le fer est transporté dans le sang par la transferrine vers le foie).
- Teneur du corps : 100-150 mg
- Besoin journalier : 1-2 mg Présent dans de nombreux aliments (crustacés, légumes secs, cacao, ...).

❖ **Zinc**

- **Rôle** : constituant de nombreux enzymes (ex alcool déshydrogénase) Une carence en Zn cause de sérieux désordre, par contre un excès est toxique En tant que constituant d'enzymes, il est essentiel pour la croissance, la prévention de l'anémie et la cicatrisation des plaies Constituant de l'insuline, il est nécessaire au métabolisme des sucres Présent dans tous les aliments (huîtres).
- Teneur du corps : 2-4 g
- Besoin journalier : 6-22 mg

❖ **Manganèse**

- **Rôle** : activateur du pyruvate carboxylase et autres enzymes
- Teneur du corps : 10-40 mg
- Besoin journalier : 2-5 mg

❖ **Cobalt**

- **Rôle** : constituant de la vitamine B12 (cyan cobalamine)
- Teneur du corps : 1-2 mg

❖ **Chrome**

- **Rôle** : dans l'utilisation du glucose comme activateur d'enzyme (la carence provoque une diminution de la tolérance au glucose)
- Teneur du corps : 6-12 mg (varie avec les régions)

❖ Sélénium

- Rôle : antioxydant, augmente l'activité des tocophérols (présent aussi dans l'enzyme glutathion peroxydase).
- Teneur du corps : 10-15 mg - besoin journalier : 0,05-0,1 mg

❖ Molybdène

- **Rôle** : constituant de diverses oxydases
- Teneur du corps : 8-10 mg

❖ Nickel

En tant qu'activateur de nombreux enzymes contribue à une meilleure utilisation des sucres et à une prévention du diabète.

❖ Etain

- **Rôle** : effet sur la croissance chez le rat Une absorption élevée (denrées contaminées par le l'étain des boites de conserve) est toxique.

❖ Silicium

- **Rôle** biologique sur la croissance la source principale est les produits céréaliers.
- Teneur du corps : env. 1 g.

❖ Iode

- Teneur du corps : 10 mg principalement dans la thyroïde entre principalement dans la composition des hormones thyroïdiennes (thyroxine).

Le goitre (accroissement anormal de la glande thyroïde) simple ou endémique est dû à un apport insuffisant d'iode, d'où son adjonction dans le sel (15 mg iodure/kg dans le canton de Vaud sous forme KI) où la teneur en iode de l'eau et du sol est particulièrement faible.

- Besoin journalier : 100-200 mg.

II.4 Caractéristiques de l'eau minérale naturelle

L'eau minérale naturelle est un trésor de la nature qui se distingue de l'eau de boisson ordinaire (l'eau du robinet) par :

- Sa teneur en certains sels minéraux, les proportions relatives de ses sels et la présence d'oligo-éléments ou d'autres constituants
- Elle provient directement de nappes souterraines par des émergences naturelles ou forées pour lesquelles toutes les précautions devraient être prises afin d'éviter toute pollution ou influence extérieure sur ses propriétés physiques et chimiques [41].
- Elle est captée dans des conditions qui garantissent la pureté microbiologique et la composition chimique de ses constituants essentiels [42].
- Elle est conditionnée à proximité de l'émergence de la source avec des précautions d'hygiène particulières [41].
- Elle n'est soumise à aucun traitement
- Elle se différencie de l'eau de source par la stabilité de sa composition minérale [42].

Ces caractéristiques doivent être appréciées sur les plans géologique, hydrogéologique, physique, chimique, microbiologique et si nécessaire, pharmacologique, physiologique et clinique, conformément à certaines dispositions du code de la santé publique.

II.5 Origine eaux minérales

L'eau minérales naturelles a pour origine une nappe ou un gisement souterrain et provenant d'une source exploitée ou plusieurs émergences naturelles ou forcées.

Une partie des eaux de pluie rejoint directement ou indirectement les océans, lacs et étangs avant de s'évaporer, de se concentrer dans l'atmosphère et redevenir pluie ; une autre partie suit un parcours souterrain ; elles s'infiltrent dans le sol à des profondeurs pouvant atteindre plusieurs centaines de mètres, cheminent lentement à travers les fissures de la roche, les sables ou les grés, jusqu'à ce qu'elles rencontrent un obstacle infranchissable ; alors elles forage.

Durant le séjour souterrain ; les eaux de pluie sont purifiées au contact des roches poreuses et des sables. En outre, elles se chargent en éléments minéraux et en oligo-éléments.

C'est durant son cheminement sous terre que l'eau acquiert sa « personnalité » minérale : sa combinaison unique en éléments minéraux, son caractère gazeux ou plat, et son goût.

Plus le cheminement souterrain sera long, plus la minéralisation de l'eau sera élevée et constante.

II.6 Captage de l'eau minérale naturelle

II.6.1 L'extraction

(Captages de sources, puits ordinaires ou forés) devrait être effectuée en fonction des conditions hydrogéologiques, ou, s'il y a un pompage en réduisant le débit, de manière qu'aucune autre eau que celle désignée comme eau minérale naturelle ne parvienne à la zone de captage.

L'eau minérale naturelle sortant du captage ou pompée devrait être protégée de telle manière qu'elle ne puisse être polluée par des causes naturelles ou des actes de négligence ou de malveillance. Ainsi les installations de captage devraient être gérées de manière à éviter l'entrée de toute autre eau, comme les eaux d'infiltrations d'eau de surface, elle devrait également être gérée selon les règles d'hygiène pour éviter toute contamination naturelle ou humaine.

II.6.2 Protection de la zone d'extraction

Tout équipement servant à l'extraction de l'eau minérale naturelle et tout réservoir devrait être conçu et entretenu afin d'éviter toute contamination de l'eau et de préserver ses qualités d'origine. Les tuyaux, pompes, et autres éventuels dispositifs entrant en contact avec l'eau minérale naturelle et utiliser pour l'extraction, devraient être constitués de matériaux inertes afin d'assurer que les qualités originelles de l'eau minérale naturelle ne puissent être modifiées.

II.6.3 Exploitation des eaux minérales naturelles et mesures de surveillance

L'état de la qualité de l'eau minérale naturelle, des zones d'extraction et des périmètres de protection doivent être contrôlés périodiquement. Ainsi l'enregistrement automatique des paramètres typiques de l'eau permet de contrôler la constance des propriétés chimiques et physiques de cette dernière.

Dans l'éventualité du dépassement des limites des critères établies, les mesures correctives nécessaires seront appliquées immédiatement et feront l'objet d'un compte-rendu [42].

II.6.4 Traitements de l'eau minérale

Les traitements autorisés pour l'eau minérale naturelle sont les mêmes que pour les eaux de source embouteillées.

L'eau minérale naturelle ne peut faire l'objet d'aucun traitement ou adjonction autres que :

- La séparation des éléments instables et la sédimentation des matières en suspension par décantation ou filtration.
- L'incorporation de gaz carbonique ou la regazéification [43].
- L'élimination de gaz carbonique libre par des procédés exclusivement physiques ;
- La séparation des composés du fer, du manganèse, du soufre et de l'arsenic, à l'aide d'air enrichi en ozone ;
- La séparation de constituants indésirables. Ces traitements ou adjonctions ne doivent pas modifier la composition de l'eau minérale naturelle dans ses constituants essentiels ni avoir pour but de modifier les caractéristiques microbiologiques de l'eau minérale ou de l'eau de source.

Elles doivent être fixées par un arrêté conjoint des ministres chargés des ressources en eau, de la santé, du commerce et de la normalisation [43].

II.7 Classifications des eaux minérales naturelles

II.7.1 Eau minérale naturelle non gazeuse

L'eau minérale naturelle non gazeuse est une eau minérale naturelle qui, à l'état naturel et après traitement éventuel autorisé, et conditionnement, ne contient pas de gaz carbonique libre en proportion supérieure à la quantité nécessaire pour maintenir dissous les sels hydrogénocarbonates présents dans l'eau [44].

II.7.2 Eau minérale naturelle naturellement gazeuse

L'eau minérale naturelle naturellement gazeuse est une eau minérale naturelle dont la teneur en gaz est, après traitement éventuel autorisé, la même qu'à l'émergence compte tenu des tolérances techniques usuelles [43].

II.7.3 Eau minérale naturelle dégazéifiée

L'eau minérale naturelle dégazéifiée est une eau minérale naturelle dont la teneur en gaz carbonique, après traitement éventuel autorisé, et conditionnement, n'est pas la même qu'à l'émergence [43].

II.7.4 Eau minérale naturelle renforcée au gaz carbonique de la source

L'eau minérale naturelle renforcée au gaz carbonique de la source est une eau minérale naturelle dont la teneur en gaz carbonique, après traitement éventuel autorisé et conditionnement, n'est pas la même qu'à l'émergence et qui fait l'objet d'adjonction en gaz carbonique émanant de la source [44].

II.7.5 Eau minérale naturelle gazéifiée

L'eau minérale naturelle gazéifiée est une eau minérale naturelle rendue gazeuse, après traitement éventuel autorisé et conditionnement, par addition de gaz carbonique d'autre provenance [44].

II.8 Normes de potabilité d'eau

Doit répondre à des normes pré- établies qui fixent les concentrations « seuil » à ne pas dépasser pour un certain nombre de substances dangereuses et pouvant y être présentes. Cependant, bien qu'une eau potable soit conforme aux normes, cela ne signifie pas pour autant qu'elle soit indemne de ces substances, mais que leur teneur est assez faible pour ne pas mettre en danger la santé du consommateur.

L'Organisation mondiale de la Santé (OMS) publie, régulièrement, des Directives de qualité pour l'eau de boisson, dont de nombreux pays s'inspirent pour élaborer leurs propres normes nationales. Ces Directives représentent une appréciation scientifique des risques sanitaires associés aux substances biologiques et chimiques de l'eau de boisson et de l'efficacité des mesures déployées pour y remédier.

L'OMS recommande aux autorités nationales de prendre en considération les aspects sociaux, économiques et environnementaux en procédant à une évaluation comparative des risques et des avantages lorsqu'ils adaptent ces Directives aux Normes nationales [45].

II.9 Conclusion

Ce chapitre est consacré à l'étude de l'eau minérale. Nous avons d'abord présenté de définition, Composition des eaux minérales, puis nous avons présenté les caractéristiques et Origine de l'eau minérale naturelle, Captage et Classifications des eaux minérales naturelles. Après Normes de potabilité

Chapitre III :

Process de traitement des eaux

III.1 Introduction

L'eau prélevée dans la nature (eau de surface) n'est pas potable, elle contient généralement des polluants, déchets, microbes et virus. L'homme doit donc consommer de l'eau potable. de nombreux paramètres doivent être corrigés pour rendre cette eau potable. Les usines de traitement sont placées à proximité d'un point d'eau pour le traitement de cette eau. il y a tout un procédé qui se déroule.

Eau produite est suivie dans un laboratoire constitue le premier lieu de comparaison des résultats d'analyses qui doivent être conformes aux exigences du cahier des charges, le traitement est rendu crédible grâce à des analyses physico chimiques et bactériologiques suivant des normes ISO.

III.2 Histoire du traitement des eaux

L'une des plus anciennes références au traitement d'eau datée de 2000 ans, On y indique comment rendre les eaux potables en les faisant bouillir au-dessus d'un feu.

Les armées d'Alexandre, pendant leurs nombreuses campagnes recevaient la consigne de bouillir l'eau avant consommation.

En 1852, à Londres une loi est votée qui stipulait que toute eau destinée pour l'être humain devait être filtrée.

En 1904 toujours en Angleterre on procède à la chloration de l'eau, principe qui adoptèrent les américains en 1909.

A signaler que jusqu'au début du XX^e siècle, les critères d'appréciation d'une eau étaient basés sur le sens : l'eau devrait être limpide, agréable au goût et dépourvue d'odeur désagréable.

III.3 Présentation de SEOR

La Société de l'eau et de l'assainissement d'Oran « SEOR », est une société par actions dont les actionnaires sont l'Algérienne des Eaux « ADE » et l'Office National de l'Assainissement « ONA ». Mise en place le 1er avril 2008, elle fut chargée du service public de l'eau potable et de l'assainissement de la wilaya d'Oran, tout en ayant comme objectif principal l'amélioration de la qualité du service d'alimentation en eau potable et ainsi la qualité de vie des citoyens.

La SEOR a misé dès le départ sur le développement des moyens humains et matériels en introduisant de nouvelles technologies visant l'efficacité, non seulement sur le plan technique et économique, mais aussi sur le plan environnemental [50].



Figure. III. 3 société de SEOR

III.4 Présentation de la Station de traitement d'eau de « SIDI LAHDJEL »

La station de traitement d'eau potable de « SIDI LAHDJEL » est un projet de grande ampleur confié par l'ANBT, maître de l'ouvrage, après soumission à un appel d'offre nationale et internationale aux sociétés (Espagne-France) et « Dégréement » et « MAPA » (Turquie) [4]. Les travaux de réalisation de cet ouvrage ont débuté le 25 avril 2006 et ils ont été achevés en août 2008 pour une durée de 28 mois avec un budget total de « 9.291.388.693,99 DA ». Le site de la station de traitement d'eau est situé dans la localité de « Sidi Lahdjel », à 26 km de « Mostaganem » et à 2 km de la commune « d'Oued-LKheir » elle est accessible par le chemin de wilaya N° 13. La station de traitement d'eau assure l'approvisionnement en eau potable des villes de Mostaganem, Arzew, Oran et les régions avoisinantes, à partir de « l'oued Chélif » et le barrage de « Kerreda ».



Figure. III. 4. Station de traitement de l'eau potable de SIDI LAHDJEL

La capacité nominale de la station de traitement est de $561.600 \text{ m}^3 / \text{j}$ (6500 l/s) d'eau brute débourbée. La capacité d'eau sera supérieure à $528.000 \text{ m}^3 / \text{j}$ basé sur un taux maximal de perte de 6%. Comme il n'est pas prévu de ré-circuler les eaux de lavage des filtres, sera en moyenne d'environ 3% permettant une production de $545.000 \text{ m}^3/\text{j}$ ($6307,87 \text{ l/s}$). Son objectif est de régulariser un volume de 155Hm^3 par an de l'eau de « Chéiff », dont le débit résiduel annuel moyen à l'embouchure est de l'ordre de 500Hm^3 , d'en stoker temporairement une partie à « KERREDA » et, après traitement convenable, la transférer, en fonction de la demande, vers les centres urbains et industriels implantés le long du couloir « M.A.O ».



Figure. III.3. Carte couloir d'adduction M.A.O



Figure. III.4. Schéma du transfert

III.5 Traitement d'eau MAO

L'eau brute, issue du barrage de Chéouf et Karrada, est tout d'abord prétraitée dans une station de débouage d'une capacité de $820800\text{m}^3/\text{j}$. puis, elle est acheminée jusqu'à la station de Sidi Lahdjel.

III.5.1 Déboueur

Les déboueurs permettent pour les eaux fortement chargées d'éliminer une bonne partie des matières en suspension (MES) les plus facilement décantables.

Généralement le débouillage s'effectue après ajout d'un flocculant pour

« **Adhésion** » des grosses particules des matières en suspension (MES).

Il a été installé huit (8) débouilleurs, 7 en marche et 1 à l'arrêt dont le diamètre est de 50 m et la surface unitaire est de 1962,5 m² et un volume de 8400 m³.



Figure. III. 5. Débouilleur

III.5.2 Ouvrage d'entrée d'eau brute

III.5.2.1 Chambre d'arrivée

La tuyauterie d'eau brute sera équipée d'un débitmètre électromagnétique DN 2000mm capable de garantir une précision de 1% sur l'échelle de mesure.

III.5.2.2 Cascade d'aération

L'aération de l'eau consiste à mettre en contact de façon optimale de l'eau et de l'air, dans cette étape on a une injection du H₂SO₄ pour diminuer le pH et une injection de chlore gazeux pour une désinfection de l'eau. Les objectifs de l'aération sont :

- Elimination de gaz en excès.
- Lutte contre les odeurs indésirables.
- Introduction d'oxygène afin d'assurer l'oxydation de certains composés réducteurs, tel que le fer ou le manganèse

Notre cascade d'aération est caractérisée par deux lignes avec un débit de 11700 m³/h par ligne avec trois marches pour Chacune de 0,50 m de hauteur et de 30m de longueur.

La concentration initiale d'oxygène est de 2 mg/l après la première marche elle est de 4,56 mg/l, après la deuxième marche elle est de 6.20 mg/l tandis qu'après la troisième marche elle est de 7,20 mg/l.

Vu que le PH de l'eau se situe entre 7,5 et 8,0 il est impératif d'injecter de l'acide sulfurique (H₂SO₄) prévu 5mg/l afin d'obtenir un PH optimum de coagulation. En plus de l'injection du sulfate d'alumine il y a l'ajout du chlore pour le contrôle des algues.



Figure. III. 6. Cascade d'aération

III.5.2.3 Densadeg :

A la suite de la cascade, l'eau est conduite avec un canal de 3,00m x 3,00m jusqu'aux chambres de mélange. Le débit sera réparti suivant 06 modules identiques (Densadeg).

Le Densadeg est un système de grande capacité qui combine une coagulation, une floculation optimale, une décantation et un recyclage épaissement interne et externe des solides dans deux réacteurs consécutifs de manière à maximiser la performance du traitement

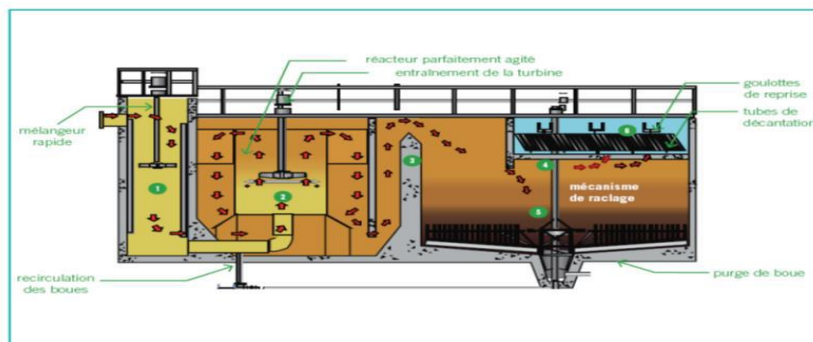


Figure. III. 7. Densadeg

III.5.3 Coagulation

III.5.3.1 Principe

Les colloïdes sont des particules de très faible diamètre notamment responsable de la couleur et de la turbidité de l'eau de surface. En raison de leur très faible vitesse de sédimentation la seule solution pour éliminer les colloïdes est de procéder à une coagulation-floculation. La coagulation consiste à les déstabiliser en éliminant la charge électrostatique de manière à ensuite favoriser leur rencontre.

Les particules colloïdales en solution sont naturellement chargées négativement. Ainsi, elles tendent à se repousser mutuellement et restent donc en suspension. On dit qu'il y a stabilisation des particules dans la solution [51].

Pour obtenir une bonne coagulation, il faut un mélange rapide à haute énergie pour disperser correctement le coagulant et favoriser les collisions entre les particules. Un mélange excessif n'affecte pas la coagulation, mais un mélange insuffisant rendra cette étape incomplète.

Le temps de contact dans la chambre de mélange rapide est généralement de 1 à 3 minute



Figure. III. 8. Agitateur rapide (Coagulation)

III.5.3.2 Coagulant utilisée

Généralement les coagulants sont des sels trivalents chargés positivement Sel d'aluminium :

Sulfate d'alumine ($AL_2(SO_4)_3,14H_2O$).

Il est injecté grâce à des pompes doseuse au niveau de la zone de coagulation a pour but est de neutraliser les charges électriques des particules Colloïdales Carla charge superficielle des colloïdes (charge négative) est neutralisée par l'apport d'un cation (sulfate d'alumine).



Figure. III. 9 Cuve de sulfate d'alumine

III.5.4floculations

L'eau coagulée entre alors dans une seconde zone de réacteur avec un mélange intense au moyen d'un mélangeur lent et un flocculant (polymère CH31, CH87) qui est injecté dans le réacteur avec des boues épaissies provenant de la zone décantation/épaississement. La boue circulée accélère le procédé de floculation et assure la formation d'un floc dense et homogène

III.5.4.1 Rôle de la floculation

Les flocculants sont déstabilisation de la suspension colloïdale par coagulation utilisés en complément des coagulants pour augmenter les vitesses de décantation. Après la, le flocculant par son poids moléculaire élevé forme de larges agrégats plus facilement décantables



Figure. III. 10 Floculation

III.5.5 Décantation

Les solides floculés entrent dans la zone de décantation en passant au-dessus d'un mur déversoir submergé, ou les matières en suspension plus denses se déposent au fond du décanteur (effet de gravité). L'eau clarifiée se sépare de la boue descendante et remonte à travers des tubes de décantation inclinés. La boue décantée est progressivement épaissie à la base du décanteur au moyen d'un racleur équipé d'une herse, une partie de ces boues est recerclée vers le réacteur de mélange. L'eau clarifiée est uniformément recueillie dans des goulottes d'eau décantée situées au-dessus de modules tabulaires de décantation.



Figure. III. 11 Déversoir

III.5.6 Filtration

III.5.6.1 Principe

La filtration est un procédé physique de séparation solides /liquide qui utilise le passage à travers un milieu poreux constitué d'un matériau granulaire (le plus courant est le sable) qui retient les particules en suspension dans l'eau prétraitée (floculée et décantée).

L'eau clarifiée est filtrée sur une batterie de 18 filtres « Aquazur V » Chaque filtre est constitué par une cuve en béton armé formé de deux compartiments de (5* 15.14m) chacun, séparés par un canal axial surmonté d'une goulotte d'évacuation des boues de lavage.

Chaque compartiment est pourvu d'un faux plancher, formé de dalles de béton préfabriquées reposant sur des poutres et dans lesquelles sont vissées des buselures spéciales à

longue queue. Le milieu filtrant est constitué par une couche de 1.2m de sable siliceux de granulométrie uniforme [52].

L'eau est distribuée au-dessus du sable par le déversoir d'entrée. Elle traverse le sable où les matières en suspension sont retenues. Les buselures équipant le plancher collectent l'eau uniformément dans une chambre située sous le plancher et qui est reliée au régulateur de niveau lorsqu'il existe. L'eau filtrée est ensuite orientée vers les étapes ultérieures du traitement. Lorsqu'il y a accumulation des impuretés, le filtre doit être lavé [52].

III.5.6.2 Lavage des filtres

Généralement pour le lavage des filtres on effectue trois phases :

Phase 1 : jet d'air uniquement et qui sert à délasser la couche filtrante.

Phase 2 : jet d'air plus l'eau, et ceci pour brasser le matériau filtrant et le dépourvoir des impuretés qui se sont adhérees.

Phase 3 : jet d'eau uniquement, phase de rinçage. Les passages lors de ces trois phases contrairement à la filtration se font de bas vers le haut [52].



Figure. III. 12 Filtre



Figure. III.13. Lavage d'un filtre

III.5.7 Réservoir d'eau traitée :

Chaque réservoir est formé de deux compartiments équipés de deux vannes murales d'un trop plein, de raccords de vidanges et de transmetteurs de niveau d'eau. Le volume total du réservoir est 110.000 m³.

Il y'a une injection de la soude pour l'augmentation du pH, une injection du chlore gazeux (Cl₂) pour la désinfection (cuve de contact) à l'entrée du réservoir et une autre injection de l'eau de javel (NaOCl) sur la sortie des eaux traitées pour l'effet rémanent [52].

Réaction du chlore gazeux : $Cl_2 + H_2O \rightarrow HOCl + Cl^- + H^+$

Réaction de l'eau de Javel : $NaOCl + H_2O \rightarrow HOCl + NaOH$



Figure. III. 14 Réservoir de stockage

III.6 Traitement des boues

Les boues rejetées sont composées des matières en suspension apportées par l'eau brute et des matières résultantes de l'addition des réactifs. Les clarificateurs comprennent une zone d'épaississement intégrée placée sous la zone de décantation lamellaire.

Les boues provenant des clarificateurs ont une concentration d'environ 30 g/l qui seront acheminées par pompage vers des bassins circulaires de 18m, un système de raclage et déversoir d'effluent dont le rôle est l'augmentation de la concentration des boues par épaississement gravitaire pour pouvoir être traitées directement par les centrifugeuses (déshydratation mécanique), puis évacuées dans des camions-bennes vers une décharge située à 4km de la station de traitement [52].



Figure. III. 15 Epaississeur de boue

III.7 Système de contrôle

Un système de contrôle est réalisé au niveau de la station de traitement dont les objectifs sont les suivants :

- Acquisition des données et contrôle du process.
- Gestion des démarrages et arrêts des équipements.
- Visualisation du procès.
- Traitement des alarmes.

- Archivage des données et production des rapports d'exploitation [52]



Figure. III. 16 Salle de contrôle

III.8 Conclusion

Ce chapitre est consacré à définir les étapes de la chaîne de traitement de l'eau, pour

L'élimination des matières en suspensions et les colloïdes existants dans l'eau brute de la station de traitement des eaux du barrage SIDI LAHDJEL.

Chapitre IV :
Méthodes d'analyse
de l'eaux

IV.1. Introduction

Le laboratoire d'analyse dans le traitement d'eau potable est le cœur de la station. Tout le processus dépend des résultats obtenus au niveau du laboratoire, dedans on trouve généralement des équipements et les notices de fonctionnement : verreries, produits chimiques et fiches de données de sécurité (FDS).

Le laboratoire est un ensemble d'outils mis à disposition des utilisateurs, afin d'assurer et de sauvegarder la santé des consommateurs.

IV.2. Le rôle

Le laboratoire a pour mission de garantir le suivi de la qualité des eaux destinées à la consommation humaine.

Il intervient également dans l'évaluation des ressources et dans l'identification de pollutions potentielles afin de prendre les mesures préventives qui s'imposent ; c'est un paramètre d'aide à la décision finale ; il fournit de précieux renseignements pour l'optimisation et le suivi de l'exploitation des stations de traitement d'eau [49].

Les analyses se font deux fois par jour au niveau du laboratoire pour suivre convenablement la qualité de l'eau ; les méthodes d'analyse utilisées au niveau du laboratoire sont inspirées des normes :

- Norme ISO (ISO 1885).
- Norme NA (Norme algérienne).
- Norme de l'OMS sur l'eau potable
- On trouve 2 types d'analyses dans le laboratoire :

Les analyses physico- chimiques :
turbidité, conductivité, pH-mètre...

Les analyses bactériologiques : les
germes d'une pollution.



Figure IV.19 Laboratoire d'analyse

IV.3 Echantillonnage :

Après le démarrage de la station. On patiente pendant une durée de 30 mn. Pour s'assurer que l'eau déjà présente dans la nouvelle eau ainsi on pourra faire un prélèvement.

Il existe six robinets d'eau :

1. Eau brute (E.B).
2. Eau décantée.
3. Eau filtrée.
4. Eau traitée (E.T).
5. Réservoir A.
6. Réservoir B.

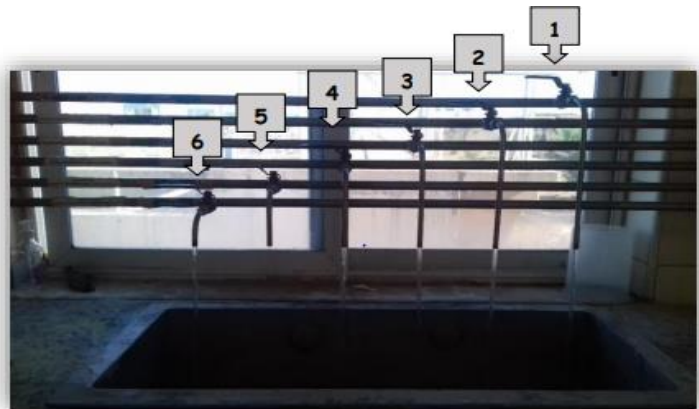


Figure IV.20 Robinets d'échantillonnages

Les échantillons de ces six robinets sont traités avec les appareils suivants pour déterminer les paramètres physiques et chimiques et bactériologiques des eaux.

IV.4. Matériels utilisés

IV.4.1 ETUVE

C'est un appareil caractérisé par sa chaleur où on peut maintenir une température plus ou moins élevée pour permettre le séchage de certaines opérations « MES »



Figure IV.21 Etuve

IV.4.2 Balance analytique

C'est une balance à haute précision qui peut nous transmettre une valeur de quatre chiffres après la virgule elle est généralement utilisée dans le laboratoire.



Figure IV. 22 Balance analytique

IV.4.3 Un dessiccateur

Un dessiccateur est un équipement servant à protéger des substances contre l'humidité au Laboratoire, il est constitué d'une cuve circulaire surmontée d'un couvercle, l'ensemble est en verre épais ou en polycarbonate.



Figure. IV. 23 dessiccateur

IV.4.4 Agitateur magnétique

Il permet d'homogénéiser un mélange de façon automatique, ainsi il est très utile pour les agitations qui durent longtemps.



Figure. IV. 24 Agitateur magnétique

IV.4.5 Flocculateur

C'est un appareil programmable qui comporte 6 postes de floculation, disposant de commande numérique pour le réglage de la vitesse et la mutinerie il permet un travail parfaitement reproductible généralement utilisé dans le « jar teste »



Figure. IV. 25 Flocculateur

IV.4.6 Conductivimètre

Un conductivimètre ou un conductimètre, est un appareil permettant de mesurer la propriété de conductivité et mesurer aussi température, salinité et TDS.

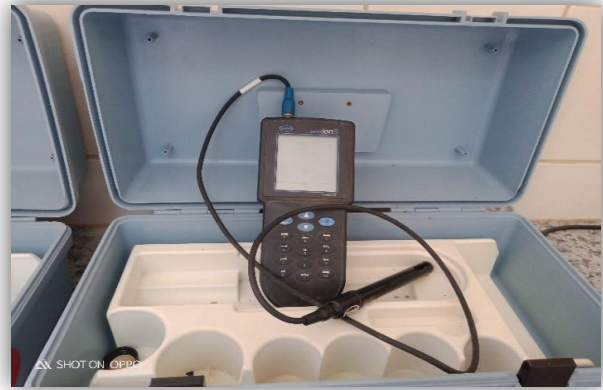


Figure IV. 26 Conductivimètre

IV.4.7 pH-mètres

C'est un appareil souvent électronique, permettant la mesure du pH d'une solution.



Figure IV. 27 PH mètre

IV.4.8 Spectrophotomètre

La spectrophotométrie est une méthode analytique quantitative qui consiste à mesurer l'absorbance ou la densité optique d'une substance chimique donnée en solution. On utilise généralement des complexant qui donnent des couleurs avec les éléments à doser.



Figure. IV.28 Spectrophotomètre de type DR5000

Spectrophotomètre : Appareil qui permet de mesurer l'absorbance d'une solution a une longueur d'onde donnée (chlore libre et chlore résiduel total, Couleur... etc.).

IV.4.9 Turbidimètre

Appareil pour mesurer la turbidité, il s'agit d'un récepteur photoélectrique mesurant la lumière diffusée par le liquide.



Figure. IV.29 Turbidimètre

IV.5 Les méthodes et techniques d'analyses

IV.5.1 Paramètre physico-chimique

IV.5.1.1 Titre alcalimétrique (TA) et titre alcalimétrique complet (TAC)

a. Définition

L'alcalinité caractérise la teneur en ions bicarbonates (HCO_3^-), carbonates (CO_3^{2-}) et hydroxydes (OH^-)

b. Mode d'opérateur :

- On prend 100 ml d'un échantillon (EB, ET)
- On ajoute quelques gouttes de « méthyle orange » (couleur orange).
- On titre avec H_2SO_4 (N/25) jusqu'à ce qu'on obtienne une couleur jaune orange.



Figure. IV.30 Résultat de titrage (H_2SO_4 [N/25])

Le TA et TAC sont exprimés en °Fet calculés par les expressions :

$\text{TA} = 0 \text{ } ^\circ\text{F}$ (car pH de l'eau est inférieur à 8,5)

$[\text{TAC}] = 2 * V_{\text{H}_2\text{SO}_4}$ (Avec 2 est le nombre d'équilibre : $\text{H}_2\text{SO}_4 \leftrightarrow 2\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$)

$[\text{HCO}_3^-] = [\text{TAC}] * 12.2$

Avec 12,2 est un facteur de conversion du degré français au mg/L en HCO_3^- ($1^\circ\text{f} = 4,008 \text{ mg/L}$ en HCO_3^-) [55].

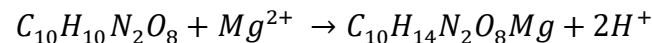
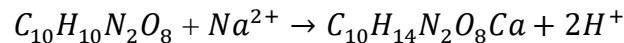
IV.5.1.2 La dureté ou titre hydrotimétrique (TH)

a. Définition :

La dureté d'une eau est sa concentration en ions calcium (Ca^{2+}) et magnésium (Mg^{2+}). Plus ce titre hydrotimétrique est élevé, plus une eau est dure [50].

$$\text{TH} = [\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}]$$

On détermine la dureté de l'eau par un dosage complexométrique avec une solution aqueuse de sel d'acide EDTA (éthylène-diamine tétra-acétique) à 0.02N, qui réagit en milieu basique (tampon ammoniacale à pH 10) avec un cation Mg^{2+} pour former un complexe cyclique appelé chélate



b. Mode opératoire :

- On prend 100ml d'un échantillon (EB, ET)
- On ajoute 10ml de solution tampon (pH=10) plus deux gouttes Noir d'ériochrome (NET) comme indicateur coloré (couleur rose)
- On titre par EDTA jusqu'à obtenu la couleur bleu ver $[\text{TH}] (\text{°F}) = V_{\text{EDTA}}$



Figure. IV. 31 Résultat de titrage d'EDTA

IV.5.1.3 La teneur en calcium et magnésium

a. Mode opératoire ($\text{TCa}^{2+}/\text{TMg}^{2+}$) :

- On prend 100ml d'un échantillon (EB, ET).
- On ajoute 1ml « d'hydroxyde de sodium » (NaOH N/25) quelque milligramme de

« Murexide » (poudre) comme indicateur coloré (couleur rose).

- On titre par « EDTA » jusqu'à obtenir le couleur violet.



Figure IV.32 Résultats de titrage EDTA pour Ca^{2+}

b. Calcule et expressions des résultats

La teneur en calcium : Elle est exprimée en mg/L, et donnée par la formule suivante :

$$\text{Ca}^{2+} = V_{\text{EDTA}} * 4,008 \text{ (Avec 4,008 est un facteur de conversion du } ^\circ\text{F au mg/L en calcium)}$$

La teneur en magnésium : Elle est exprimée en mg/L, et donnée par les formules suivantes :

$$[\text{Mg}^{2+}] = [\text{T Mg}^{2+}] * 2,431 \dots (1) \text{ (2,431 : Facteur de conversion du } ^\circ\text{F au mg/L en Mg}^{2+})$$

$$\text{TH} = [\text{T Ca}^{++}] + [\text{T Mg}^{++}] \dots (2)$$

$$\text{De (1) et (2) on obtient : } [\text{Mg}^{2+}] = ([\text{TH}] - [\text{T Ca}^{2+}]) * 2,431$$

Avec : $[\text{Mg}^{2+}]$ et $[\text{Ca}^{2+}]$: les teneurs en magnésium et calcium en mg/L et $[\text{TCa}^{2+}]$ et $[\text{TMg}^{2+}]$: les duretés calcique et magnésienne en $^\circ\text{F}$.

$$[\text{TCa}^{2+}] (^\circ\text{F}) = V_{\text{EDTA}} (\text{ml}) [\text{Ca}^{2+}] (\text{mg/l}) = [\text{TCa}^{2+}] * 4.008$$

$$[\text{Mg}^{2+}] (\text{mg/l}) = ([\text{TH}] - [\text{TCa}^{2+}]) * 2.431$$

IV.5.1.4 Dosage des Chlorures (Cl^-)

a- Définition :

Dans le domaine de la qualité de l'eau, le terme



Figure IV.33 Titrage d' AgNO_3

chlorure désigne l'ion chlorure

b- Mode opératoire

- On prend 100ml d'un échantillon (EB ; ET)
- On ajoute quelques gouttes de « bichromate de potassium » ($K_2Cr_2O_7$) couleur jaune
- On titre par le « nitrate d'argent » ($AgNO_3(0.1N)$) jusqu'à ce qu'on obtienne une couleur rouge brique

$$[Cl^-] = V_{AgNO_3} * 35.5$$

IV.5.2 Paramètre de pollution

IV.5.2.1 Dosage des Nitrites (NO_2^-)

a- Définition

Les nitrites sont les sels de l'acide nitreux. La formule de l'ion nitrite est NO_2^- et la couleur de leur présence est bleu [51].

b- Mode opératoire

- On prend 10mL d'un échantillon (EB, ET).
- On ajoute réactif nitrite LR puis on agite.
- On laisse reposer pendant 20 min (temps de réaction).

Mettre le programme enregistré : 371.N. Nitrite LR PP et on régler le zéro dans l'appareil avec l'échantillon (eau brute.), insérer le flacon puis lire le résultat (mg/L) indiqué par le spectrophotomètre.

IV.5.2.2 Dosage des Nitrates (NO_3^-)

a- Définition

Les nitrates sont les sels de l'acide nitrique. La forme de l'ion nitrate est NO_3^- (couleur de leur présence est jaune) [51].

b- Mode opératoire

On prend 10mL d'un échantillon (EB, ET), ajouter réactif HRNITRATE puis agiter pendant une minute, laisser reposer pendant 5 min (temps de réaction).

Mettre le programme enregistré : 355.N. Nitrate HRPP et régler le zéro dans l'appareil avec l'échantillon (EB), insérer le flacon puis lire le résultat (mg/L) indiqué par le spectrophotomètre.

IV.5.2.3 Dosage du phosphate

a- Définition

La formule du phosphate PO_4^{3-} et la couleur de sa présence est rose

b- Mode opératoire

- On prend 10mL d'un échantillon (EB, ET)
- On ajoute réactif phosphate ver.3 puis on agiter
- On laisse reposer pendant 2 min (temps de réaction).



Figure. IV. 34 Couleur de présence des PO_4^{3-} , NO_3^- , NO_2^-

Mettre le programme enregistré : 490. P.React.PV et régler le zéro dans l'appareil avec l'échantillon (eau brute), insérer le flacon puis lire le résultat (mg/l) indiqué par le spectrophotomètre.

IV.5.2.4 Détermination de l'Aluminium (Al^{3+})

Mode opératoire

- On Prend 25 ml de l'échantillon (eau brute, eau traitée)
- On ajoute trois à quatre gouttes de Purpura de Bron crésol et titrer avec l'acide sulfurique 0,02N (couleur passe du violet au jaune) et enregistrer le volume titré puis jeter l'échantillon.
- On Prend 25mL d'échantillon
- On ajoute le volume d'acide



Figure. IV. 35 Echantillon Test d' Al^{3+}

sulfurique enregistré au paravent plus 1mL en excès et mélanger

- On Ajoute 1mL d'acide ascorbique (1%) ,10mL de la solution tampon, 5mL de solution de travail puis jauger jusqu'à 50mL avec l'eau distillée.
- On Attend 5 à 6 minutes (pour que la couleur se stabilise), mettre le programme utilisateur : 966 AL 17, insérer le flacon préparé et lire le résultat (mg/L).

Toujours faire un essai blanc (25mL d'eau distillée à laquelle on ajoute les mêmes réactifs que l'échantillon) pour régler le zéro dans l'appareil.

IV.5.2.5 Détermination du Fer total (Fe)

Mode opératoire

- On Prend 50 ml de l'échantillon (EB, ET)
- On ajoute 1mL du réactif I (solution de chlorhydrate d'hydroxylamine), 2mL réactif II (solution Tampon acétate) et 2mL du réactif III (solution de phénantroline-1,10).
- On Prépare 50mL d'eau distillée et rajouter les mêmes quantités des réactifs.

Mettre dans l'étuve pendant 15 min.

Mettre le programme utilisateur et régler le zéro dans l'appareil avec l'échantillon d'eau distillée préparé, insérer le flacon puis lire le résultat (mg/L) indiqué par le spectrophotomètre

IV.5.2.6 Matière en suspension (MES)

Mode opératoire :

- On prend 2 membranes filtrantes et peser leur masse vide (m_0) par balance analytique.
- On prend 100 ml d'un échantillon (EB/ET), filtrée par une pompe à vide.
- On sèche des 2 membranes filtrantes dans une étuve à 105 C° pendant deux heures après 24 heures de séchage.
- On pèse la masse de chaque membrane (m_1).

$$\text{MES} = (m_1 - m_0) * 10^6 / 100 \text{ (g/l)}$$

IV.5.2.7 Détermination du Résidu sec**a- Définition :**

Le résidu sec définit la quantité de sels minéraux dissous dans un échantillon d'eau évaporée.

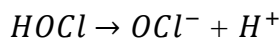
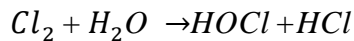
b- Mode opératoire :

- On pèse la masse de deux béchers à vide (m_0)
- On prend 100 ml d'un échantillon (EB/ET) dans chaque bécher
- On sèche par l'étuve à 105 C° pendant 24 heures
- On Pèse des deux masses après le séchage (m_1)

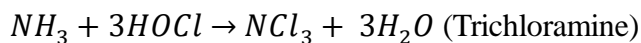
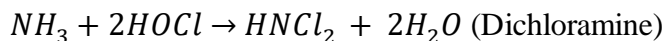
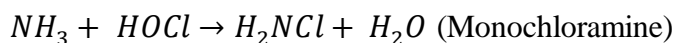
$$R.S = (m_1 - m_0) * 10^6 / 100 \text{ (g/l)}$$

IV.5.2.8 Demande en chlore**a- Définition :**

Chloramines : Le chlore se dissous dans l'eau et forme de l'acide hypochloreux (HOCl) qui s'ionise pour donner :



Le chlore réagit très rapidement, entre autres avec l'ammoniac, pour former des composés appelés chloramines [52] :



Seuil : Point au-delà duquel commence la formation des trichloramines ou maximum de formation de monochloramine (en présence de NH_4^+).

Break-point : C'est le point de rupture, ou point critique : point au-delà duquel l'ion NH_4^+ est complètement oxydé par le chlore. Le chlore introduit se trouve alors sous forme de chlore libre [17].

b- Rôle de la demande en chlore

C'est de connaître la valeur du chlore qu'il faut injecter après chloration. La consommation en oxydant lors de cette étape, appelée demande en chlore correspond à la dose nécessaire pour obtenir la teneur résiduelle recommandée. Elle est déterminée par la méthode de break-point.

c- Protocole expérimentale

- On calcule la concentration d'eau de javel commerciale, à l'aide d'une micropipette, on prélève 0,2mL d'eau de javel puis mettre dans une fiole de 10mL et compléter avec l'eau distillée.
- On Prend dans une cellule 10mL de l'échantillon préparé et rajouter Acidifying Gb et réactif chlore HR (KI), la couleur change de transparent à l'orange, agiter la cellule puis la mettre dans l'appareil chloro-set-complet et lire la valeur et la convertir à l'aide de la formule

Suivante : $1^{\circ}\text{Chlo} \rightarrow 3,17 \text{ g de Chlore actif}$

Exemple : $[\text{javel}] = \text{°Cl} * 3,17 = 47,6 * 3,17$ donc $[\text{Javel}] = 150,9 \text{ g/L}$

- Pour notre essai, on a besoin de 1g/L pour 100mL, à l'aide de la formule de dilution on calcule le volume à prendre de la solution mère : $C_1 V_1 = C_2 V_2$

Application numérique : $V_1 = \frac{1(\text{g/l}) * 100(\text{ml})}{150\text{g/L}} = 0,66\text{ml}$



Figure IV.36 Flacons de verre avec l'eau à étudier

- Prélever le volume calculé de la solution mère de l'eau de javel (0,66mL) et compléter avec de l'eau distillée jusqu'à 100mL (solution 2), remplir 12 flacons de verre avec précisément 1L d'échantillon (eau brute) et injecter une petite quantité de chlore (solution 2) dans ces flacons, et augmenter à chaque fois jusqu'à terminer tous les flacons.
- Agiter et Placer les flacons à l'obscurité pendant 2 heures.
- Après 2 heures, on calcule le (Cl r, Cl t) sur le spectrophotomètre avec l'ajout du (DPD1) pour le chlore résiduel et le (DPD1+DPD3) pour le chlore total.
- Pour déterminer la quantité de l'eau de javel qu'il faut injecter pour avoir une bonne préchloration on fait une demande en chlore par la méthode du Break-Point.
- Mettre les résultats obtenus sur un tableau et tracer le graphe de chlore résiduel (libre) en fonction du chlore injecté.

Tableau. IV.1 Résultats de chlore injecté sur le chlore libre résiduel

N ^o bécher	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Chlore injecté (mg/L)	0,2	0,4	0,6	0,8	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5
Chlore résiduel (mg/L)	0,13	0,13	0,15	0,15	0,21	0,25	0,88	0,53	0,78	1,08	1,11	1,75

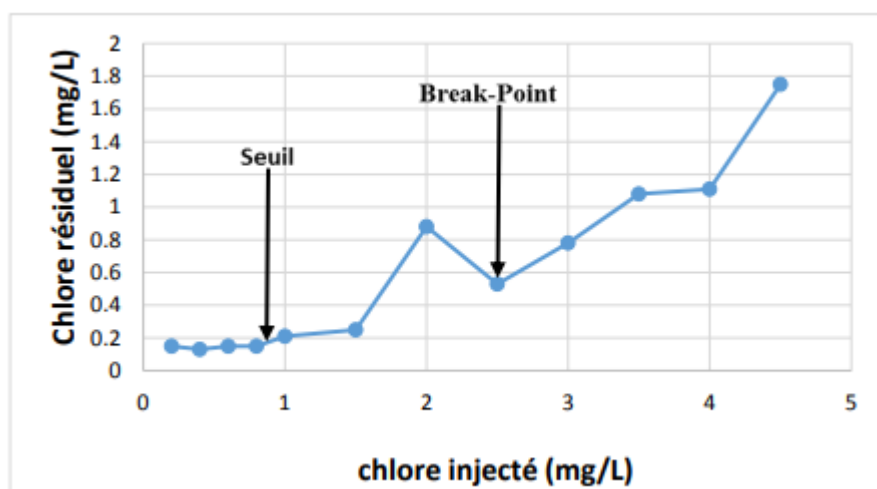


Figure IV. 19 Influence du Chlore injecté sur le Chlore résiduel.

IV.6 Les coagulants utilisés

Généralement les coagulants sont des sels trivalents chargés positivement.

- ❖ Les sels d'aluminium
- ❖ Les sels de fer

IV.6.1 Sulfate d'alumine

a- Produit naturel

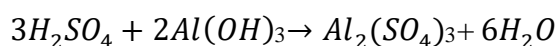
La forme anhydre du sulfate d'alumine est un minéral rare, la millosevichite, trouvé par exemple dans les environnements volcaniques, ou en brûlant des décharges minières.

Le sulfate d'aluminium est rarement, voire jamais, rencontré sous forme de sel anhydre.

L'heptadeca hydrate, $Al_2(SO_4)_3 \cdot 17H_2O$, également appelé « plume d'alun » est trouvé dans le minéral appelé Alunogène.

b- Produit synthétique

Il peut être préparé par réaction de l'acide sulfurique H_2SO_4 sur l'hydroxyde d'aluminium $Al(OH)_3$:



Il est disponible sous différentes formes solides (selon les fabricants) :

- Poudre, granulométrie courante de 0,1 à 2,5 mm.
- Granulé, « noisette », granulométrie comprise entre 2 et 12 mm ou 3 et 35 mm.
- Concassé, morceaux de 10 cm de large et de 1 cm d'épaisseur environ.
- Solution aqueuse à 8,25% d'oxyde d'aluminium ou Alumine (Al_2O_3).

c- Caractéristiques principales (à 20°C) :

	Produit « noisette »	Produit en solution
% $Al_2(SO_4)_3$	99,2	27,7
% Al_2O_3	17 _(min) /18	8,25

Masse volumique	1690 kg /m ³ (±7)	1200Kg /m ³ (±10)
Sulfates (SO ₄)	48,5	13,6
En poids		
PH	non disponible	2,2

d- Solution maximale dans l'eau (douce) en fonction de la température (g/l) :

(g/l=g de Al₂(SO₄)₃ par litre de solution)

La proportion d'insolubles est de 0,3% maximum(p/p).

Les solutions sont à stocker (de préférence) au-dessus de 0°C.

e- Action chimique

L'action chimique des coagulants classiques amène :

- Une diminution du TAC
- Une augmentation du CO₂ libre
- L'ajout dans l'eau de sulfate SO₄ ou de chlorure Cl

f- Normalisation

Norme sur les produits utilisés pour la production d'eau potable : bulletin officiel – sulfate d'alumine (PH coagulation –floculation entre 6,0 et 7,5)

g- Utilisation

- Purification de l'eau (potabilisation, eaux usées et eaux industrielle)
- Mordant dans la teinture et l'impression textile
- Agent moussant dans la mousse de lutte contre l'incendie.
- Utilisé dans les crayons hémostatiques et soulagement de la douleur des piqûres et des morsures.
- Très efficace en tant que molluscicide tuant les limaces espagnoles.

- Se trouve généralement dans la poudre à pâte (il y a polémique en raison des préoccupations quant à la sécurité de l'ajout d'aluminium pour l'alimentation)
- Parfois utilisé pour réduire le PH dans le sol qui à son tour se traduira pour les fleurs de l'hortensia à donner une couleur différente.

h- Santé

- Problèmes respiratoires et irritation des muqueuses.
- Irritation sur la peau.
- Causes des irritations sérieuses dans les yeux.

i- Effets sur l'environnement

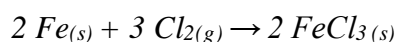
Le sulfate d'alumine peut diminuer le PH des cours d'eau représentant ainsi une menace potentielle la faune et la flore aquatiques (rivière, fleuve, nappe phréatique)

IV.6.2 Le chlorure de fer (III)

Le chlorure de fer(III), également appelé chlorure ferrique ou perchlorure de fer, est un sel de fer de formule chimique $FeCl_3$. C'est un composé très hygroscopique, qui émet de vapeurs dans l'air humide sous l'effet de l'hydrolyse. La réaction de dissolution dans l'eau est très exothermique et forme une solution acide marron. Sous l'effet de la chaleur, $FeCl_3$ fond, puis bout au voisinage de 315 °C. La vapeur produite est constituée de dimères de Fe_2Cl_6 (à comparer au chlorure d'aluminium), qui se décomposent lentement pour former du chlorure ferreux $FeCl_2$ et du dichlore Cl_2 .

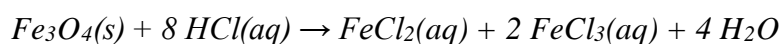
a- Fabrication

Le chlorure de fer (III) anhydre peut être préparé en faisant réagir directement le fer et le chlore

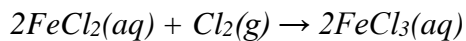


À l'échelle industrielle, le chlorure ferrique est produit en solution aqueuse par deux techniques, à partir de fer ou de minerai de fer (oxyde) dans un procédé en boucle :

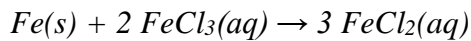
Dissolution du minerai de fer dans l'acide chlorhydrique :



Transformation du chlorure ferreux à l'aide de dichlore :



Dissolution du fer pur dans une solution de chlorure ferrique :



Le chlorure ferrique hydraté peut être déshydraté pour obtenir la forme anhydre en chauffant en présence de chlorure de thionyle.

b- Utilisations

- Utilisé pour l'attaque des métaux.
- Utilisé comme catalyseur pour la réaction de l'éthylène et du dichlore.
- Utilisé comme alternative au sulfate de fer (III) pour le traitement de l'eau. Il est alors traité avec un ion hydroxyde pour former un floc d'hydroxyde de fer(III) (de formule $FeO(OH)$) qui permet d'éliminer les particules en suspension.

IV.7. Essai de coagulation- floculation (Jar-Test)

IV.7.1 Définition

La coagulation-floculation est un procédé de traitement physico-chimique, utilisée pour le traitement de potabilisation. Son principe repose sur la difficulté qu'ont certaines particules à se décanté naturellement (les colloïdes) [13].

IV.7.2 Le but

Le but est de déterminer la quantité optimale des réactifs (sulfate d'alumine, chlorure ferrique) qu'il faut injecter à l'eau brute pour avoir une bonne coagulation floculation.

IV.7.3 les Réactifs :

Sulfate d'alumine $Al_2(SO_4)_3$ (10g/L) : obtenu par une dilution d'une solution mère de concentration de 60g/L.

Chlorure ferrique $FeCl_3$ (10g/L) : on le prépare de la solution mère de concentration de 596 g/L. Polymère (0,1g/L) : prendre 0,01g dans 100 mL.

IV.7.4 Protocole :

a) Coagulation :

- On prend six béchers dans lesquels on introduit 1L d'eau brute ou eau turbide (l'eau + la boue), on fait agiter à vitesse rapide ($V=150$ tour/min pendant 3min) puis on ajoute des doses croissantes de coagulant « [Sulfate d'alumine] =10g/L ou [Chlorure ferrique] =10g/L ».
- Après 3min, on passe à une agitation lente ($V=40$ tour/min), après 17min arrête le flocculateur, on laisse décanter 15min.
- On effectue la mesure de turbidité, prendre la dose du coagulant de faible turbidité.

b) Flocculation :

- On prend six béchers dans lesquels on introduit 1 litre d'eau brute,
- On fait agiter à vitesse rapide ($V=150$ tour/min pendant 3min) puis on ajoute la dose de la première partie de coagulant « sulfate d'alumine ou chlorure ferrique » (de faible turbidité).
- Après 3min, on passe à une agitation lente ($V=40$ tour/min) puis on ajoute des doses croissantes de flocculant « [Polymère] = 0,1 g / L »,
- Après 17min on arrête le flocculateur, on laisse décanter 15min.

On effectue la mesure la turbidité, la couleur et la conductivité.

Chapitre v :

Résultats et discussions

V.1 Introduction

Ce chapitre est divisé en deux grandes parties : La première est consacrée à l'étude comparative entre deux coagulant le sulfate d'aluminium et le chlorure ferrique sur une eau préparée au niveau du laboratoire, de différentes turbidités. La deuxième partie est consacrée à l'étude expérimentale réalisé sur les différents échantillons prélevés des eaux minéral et eau traitée, nous a permet de déterminer les paramètres physico-chimiques pour faire l'étude de qualité et comparative en se réfèrent aux les normes.

V.2 Partie I : Etude comparative entre deux coagulant $AL_2[SO_4]_3/FeCl_3$

Afin de satisfaire cet objectif, on a choisi le jar-test comme technique expérimental que nous avons décrite précédemment. Cette technique a pour but de déterminer le choix d'un réactif et les concentrations optimales nécessaires à une réduction maximale de la turbidité de l'eau après une simple décantation. Les résultats des essais sont présentés dans les tableaux ci-dessous.

V.2.1 Résultats expérimentaux

V.2.1.1 Détermination de la dose optimale pour le coagulant Sulfate d'Aluminium :

Les expériences ont été réalisées sur le Jar-test pour une concentration de 10g/L de sulfate d'aluminium et 0,1g/L de polymère pour une eau brute de différentes turbidités. Le choix de la concentration optimale repose sur les caractéristiques suivantes : Turbidité de l'eau décantée < 2 NTU, aluminium < 0,2 mg/L, la dose du coagulant (la plus petite quantité), la couleur < 15 P-Co et la taille des floccs ≥ 4 , d'après la figure ci-dessous :

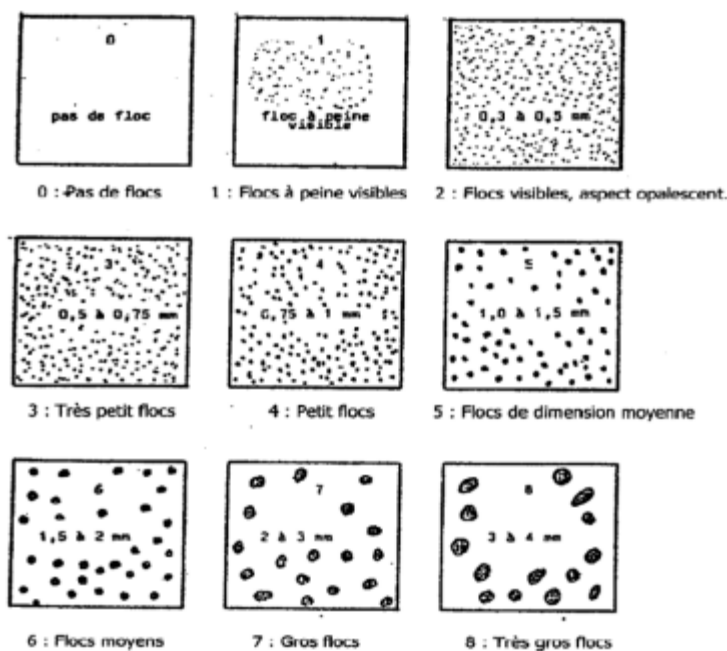


Figure.V.7 Classement des floccules

Avant d'entreprendre chaque essai de Jar-test, on doit d'abord faire des analyses physico-chimiques de l'eau brute. Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau suivant :

Tableau.V.1 Paramètre physico-chimique pour une eau de différente turbidité.

Paramètres	Turbidité (NTU)	Couleur (Pt-CO)	Conductivité ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	PH	Température (C°)
Eau brute (1)	547	1163	1680	7.68	17.5
Eau brute (2)	88	279	1185	7.69	18.3
Eau brute (3)	10.1	36	1084	7.48	14.9

V.2.1.2 Les essais de sulfate d'aluminium

On vise à déterminer la dose de coagulant optimale en ajoutant des valeurs croissantes dans les 6 béchers en absence de flocculant. Les résultats obtenus sont rassemblés dans les tableaux suivants :

Tableau.V.2 Essai N°01-01 (Eau Brute F. T=10.1 NTU) de JAR-TEST (S.A)

Bécher	1	2	3	4	5	6
Sulfate d'Alumine (ppm)	00	10	15	20	25	30
Turbidité (NTU)	10.1	9.70	9.10	7.55	6.98	3.22
Taille des floes après 10 min	00	00	00	00_01	01	01
Taille des floes après 20 min	00	00	00_01	01	01	01_02

Tableau.V.3 Essai N°02-01 (Eau Brute M.T = 88 NTU) de JAR-TEST (S.A)

Bécher	1	2	3	4	5	6
Sulfate d'Alumine (ppm)	0	10	15	20	25	30
Turbidité (NTU)	88	29.5	27.08	22.4	18.9	6.72
Taille des floes après 10 min	00	01	01	01	01_02	01_02
Taille des floes après 20 min	00	01	01	01_02	01_02	02

Tableau.V.4 Essai N°03-01 (Eau Brute H.T = 547 NTU) de JAR-TEST (S.A)

Bécher	1	2	3	4	5	6
Sulfate d'Alumine (ppm)	0	10	15	20	25	30
Turbidité (NTU)	547	231	161	85.1	77.4	12.8
Taille des floes après 10 min	00	01	01	01_02	01_02	02
Taille des floes après 20 min	00	01_02	01_02	02	03	03

Observation

D'après les résultats obtenus on a constaté que, le bécher numéro 06 pour l'essai N°01-01, N°02-01 et N°03-01 répondent aux critères (taille des floes et turbidité). Donc la dose optimale du coagulant est 30 ppm.

Pour déterminer la valeur optimale de floculants on fixe la dose de coagulant a 30 ppm.et on ajoute des valeurs croissantes de poly électrolyte (polymère) aux 6 béchers. Les résultats obtenus sont rassemblés dans les tableaux suivants :

Tableau.V.5 Essai N°01-02 (Eau Brute F. T=10.1 NTU) de JAR-TEST (S.A + polymère)

Bécher	1	2	3	4	5	6
Sulfate d'Alumine (ppm)	0	30	30	30	30	30
Polymère (ppm)	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
Turbidité (NTU)	10.1	9.91	7.36	6.22	5.04	2.87
Couleur (Pt-CO)	36	47	36	35	21	13
Taille des floccs(mm)à10min	0	0	0	0	1	1
Taille des floccs(mm)à20min	0	0	0	1	1	2

**Figure.V.8 Essai N°01-02 JAR-TEST ($Al_2[SO_4]_3$ + polymère)****Tableau.V.6 Essai N°02-02 (Eau Brute M.T = 88 NTU) de JAR-TEST (S. A+ polymère)**

Bécher	1	2	3	4	5	6
Sulfate d'Alumine (ppm)	0	30	30	30	30	30
Polymère (ppm)	0	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3
Turbidité (NTU)	88	3.65	4.58	3.64	3.63	1.77
Couleur (Pt-CO)	279	18	17	19	16	12
Taille des floccs (mm) à 10 min	0	1	1	2	2	3
Taille des floccs(mm) à 20 min	0	1	01_0.2	2	3	3



Figure.V.9 Essai N°02-02 JAR-TEST ($Al_2[SO_4]_3$ + polymère)

Tableau.V.7 Essai N°03-02 (Eau Brute H.T = 547 NTU) de JAR-TEST de (S. A+ polymère)

Bécher	1	2	3	4	5	6
Sulfate d'Alumine (ppm)	0	30	30	30	30	30
Polymère (ppm)	0	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3
Turbidité (NTU)	547	13	13.4	10.7	7.01	3.41
Couleur (Pt-CO)	1282	39	42	37	26	10
Taille des floes (mm) à 10 min	0	1	1	1	2	2
Taille des floes(mm) à 20 min	0	1	1	2	2	3



Figure.V.10 Essai N°03-02 JAR-TEST ($Al_2[SO_4]_3$ + polymère)

V.2.1.3 Discussions des résultats

La turbidité est un paramètre influant sur le bon fonctionnement du procédé de coagulation, de ce fait on a remarqué d'après les résultats obtenus dans les tableaux que plus la dose du sulfate d'aluminium est élevée plus on a une diminution de turbidité pour l'essai N° 03-01 et N° 02-01, par contre la turbidité reste élevée pour les premiers béchers dans les essais N° 01-01. Cela est dû à la présence des particules en suspension dans la partie surnagée du bécher.

Remarque : les tailles des floccs formés de l'eau de haute et moyenne turbidité sont plus grosses que l'eau de faible turbidité et diminution de la couleur.

V.2.2 Détermination de la dose optimale pour le coagulant Chlorure Ferrique

On refait les mêmes expériences sur le Jar-test en utilisant le chlorure ferrique de concentration de 10g/L et un polymère 0.1g/L sur une eau brute de trois différentes turbidités de paramètres physico-chimique déjà cités (Tableau V.1).

V.2.2.1 Les essais de chlorure ferrique

On vise à déterminer la dose de coagulant (chlorure ferrique) optimale en ajoutant des valeurs croissantes les 6 béchers en absences de flocculant. Les résultats obtenus sont ressemblés dans les tableaux suivants :

Tableau.V.8 Essai N°04-01 (Eau Brute F.T =10.1 NTU) de JAR-TEST (FeCl₃)

Bécher	1	2	3	4	5	6
Chlorure ferrique (ppm)	0	10	15	20	25	30
Turbidité (NTU)	10.1	17.7	8.29	4.86	1.51	1.03
Taille des floccs (mm) à 10 min	0	0	0	0	1	1
Taille des floccs (mm) à 20 min	0	0	1	1	2	2

Tableau.V.9 Essai N°05-01 (Eau Brute M.T = 88 NTU) de JAR-TEST (FeCl₃)

Bécher	1	2	3	4	5	6
Chlorure ferrique (ppm)	0	10	15	20	25	30
Turbidité (NTU)	88	87.4	43.2	24.6	6.90	2.34
Taille des floccs (mm) à 10 min	0	0	0	1	1	1
Taille des floccs (mm) à 20 min	0	1	1	2	2	3

Tableau.V.10 Essai N°06-01 (Eau Brute H.T = 547 NTU) de JAR-TEST (FeCl₃)

Bécher	1	2	3	4	5	6
Chlorure ferrique (ppm)	0	10	15	20	25	30
Turbidité (NTU)	547	181	93.5	66.9	14	3.02
Taille des floes (mm) à 10min	0	1	1	1	2	2
Taille des floes (mm) à 20 min	0	1	2	3	3	4

Observation

D'après les résultats obtenus on a constaté que le bécher numéro 06 pour l'essai N°01 - 01, N°02-01 et N°03-01 répondent aux critères (taille des floes et turbidité). Donc la dose optimale du coagulant est 30 ppm.

Pour déterminer la valeur optimale de floculants on fixe la dose de coagulant a 30 ppm.et on ajoute des valeurs croissantes de poly électrolyte (polymère) aux 6 béchers. Les résultats obtenus sont rassemblés dans les tableaux suivants :

Tableau.V.11 Essai N°04-02 (Eau Brute F.T = 10.1NTU) de JAR-TEST (FeCl₃+ polymère)

Bécher	1	2	3	4	5	6
Chlorure ferrique (ppm)	0	30	30	30	30	30
Polymère(ppm)	0	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3
Turbidité (NTU)	10.1	8.15	7.80	2.32	2.18	0.90
Couleur	36	47	40	26	22	11
Taille des floes (mm) à 10 min	0	0	1	1	2	2
Taille des floes (mm) à 20 min	0	1	1	2	2	3



Figure.V.5 Essai N°04-02 JAR-TEST (FeCl₃ + polymère)

Tableau.V.12 Essai N°05-02 (Eau Brute M.T = 88 NTU) de JAR-TEST (FeCl₃ + polymère)

Bécher	1	2	3	4	5	6
Chlorure ferrique (ppm)	0	30	30	30	30	30
Polymère(ppm)	0	0.1	0.15	0.20	0.25	0.30
Turbidité (NTU)	88	14.5	9.84	4.66	3.49	1.99
Couleur	279	77	46	25	20	12
Taille des floes (mm) à 10 min	0	0	1	1	2	2
Taille des floes (mm) à 20 min	0	1	1	2	2	3



Figure.V.11 12 Essai N°05-02 JAR-TEST (FeCl₃ + polymère)

Tableau.V.13 Essai N°06-02 (Eau Brute H.T = 547 NTU) de JAR-TEST (FeCl₃+ polymère)

Bécher	1	2	3	4	5	6
Chlorure ferrique (ppm)	0	30	30	30	30	30
Polymère (ppm)	0	0.1	0.15	0.20	0.25	0.30
Turbidité (NTU)	547	5.56	9.47	7.28	2.57	1.53
Couleur	1163	25	49	39	18	13
Taille des floes (mm) à 10min	0	1	1	2	2	3
Taille des floes (mm) à 20 min	0	2	2	3	3	4

**Figure.V.12 Essai N°06-02 JAR-TEST (FeCl₃ +polymère)****V.2.2.2 Discussion des résultats**

Les résultats obtenus pour le chlorure ferrique montrent que plus la dose du coagulant augmente plus on a une diminution de turbidité.

Après l'ajout du polymère, on remarque que la taille des floes formés de l'eau brute de moyenne et haute turbidité est grande lorsque l'eau est moins trouble et diminution de la couleur.

V.2.3 Comparaison entre sulfate de l'Aluminium et le Chlorure Ferrique

Tableau.V.14 comparaison entre les deux coagulants

	Sulfate d'aluminium			Chlorure ferrique		
	FT	MT	HT	FT	MT	HT
AL ₂ [SO ₄] ₃ /FeCl ₃ (ppm)	30	30	30	30	30	30
Polymère(ppm)	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Turbidité (NTU)	2.87	1.77	3.41	0.9	1.99	1.53
Couleur (P-Co)	13	12	10	11	12	13
Conductivité(µs/cm)	1123	1217	1718	1130	1229	1705
PH	7.16	7.49	7.54	7.34	7.38	6.91
Al ³⁺ (mg/L) sans filtration	0.119	0.041	0.011	/	/	/
Al ³⁺ (mg/L) avec filtration	0.003	0.017	0.001	/	/	/
Taille des floccs après 10 min	01	03	02	02	02	03
Taille des floccs après 20 min	02	03	03	02	03	04
%élimination de turbidité	71.58	97.98	99.37	91.08	97.73	99.72

D'après les tableaux et les résultats obtenus on remarque que :

- ❖ La turbidité de l'eau a diminué par augmentation de la dose des deux coagulants.
- ❖ La taille des floccs obtenue lors des essais sur le chlorure ferrique est plus grosse par rapport aux essais sur sulfate d'aluminium avant et après l'ajout du flocculant.
- ❖ La conductivité augmente pour les deux coagulants mais reste dans les normes et Diminution de la couleur.
- ❖ La valeur de l'aluminium dissous après filtration est acceptable et ne dépasse pas les limites de la norme.
- ❖ L'utilisation de coagulant chlorure ferrique réalise un bon rendement d'élimination de la turbidité que le sulfate d'alumine mais le fer apporte cependant des désagréments d'ordre esthétique et organoleptique. En effet, le fer donne un goût métallique à l'eau rendant désagréable sa consommation. Il peut aussi être à l'origine de corrosion des canalisations dû au développement de micro-organismes. Donc, on conclut que le sulfate d'aluminium est le coagulant le plus adapté pour le procédé de coagulation-floculation.

V.3 Partie II : comparaison entre l'eau traitée et l'eau minérale

L'étude expérimentale réalisé sur les différents échantillons prélevés des eaux minéral et eaux de source, nous a permet de déterminer les paramètres physico-chimique et bactériologique pour faire l'étude de qualité et comparative en se réfèrent aux normes.

Dans cette partie on va discuter des résultats obtenus présentés sous forme de tableaux et graphiques.

V.3.1 Résultats et discussions des paramètres physico-chimiques

Les résultats des analyses des différents paramètres physico-chimiques de ces eaux sont illustrés dans les deux tableaux ci-après :

Tableau V. 15 Résultats de l'analyse des paramètres physico-chimiques des eaux minérales et eau traitée étudié

Paramètre	UNITE	Eau minérale				NORMES
		Eau traitée	MESSERGHINE	NESTLE	IFRI	
Turbidité	NTU	0.87	0.15	0.233	0.28	5
Température	C°	22	22.2	22.2	22.1	25
PH	/	7,2	7.2	7.2	7.2	6,5-9,0
Conductivité	µs/cm	1299	710	522	715	2800
TDS	mg/l	844	367	268	384	1500
TH	F°	67,0	22,02	21,21	34,0	50
Ca ²⁺	mg/l	40.88	52,0	55	99	200
Mg ²⁺	mg/l	102.39	42	17	24	150
HCO ₃ ⁻	mg/l	153.78	151.28	190.32	150.06	200
CL ⁻	mg/l	220.1	78	15	72	500
NO ₂ ⁻	mg/l	0,04	0	0	0	0,2
NO ₃ ⁻	mg/l	15,43	4,6	5	15	50
PO ₄ ⁻	mg/l	0,05	0,5	0	0	0,5
MES	mg/l	2	0,2	0,1	0,2	3
RS	mg/l	1240	320	320	380	1500
TAC	F°	12.6	12.4	15.6	14.6	16

V.3.1.1 Les paramètres organoleptiques

V.3.1.1.1 la couleur, le goût et l'odeur

Par observation à l'œil nu, nous remarquons que l'eau minérale naturelle et l'eau traitée sont incolores. Et par appréciation personnelle ; nous constatons que les deux types d'eaux sont inodores et sans saveurs. La bonne qualité organoleptique de l'eau minérale et l'eau de traitée est due essentiellement à l'absence des matières organique colorées et à la nature des matières dissouts.

V.3.1.1.2 La turbidité

La figure suivante représente l'historgramme les valeurs de la turbidité en NTU de nos échantillons :

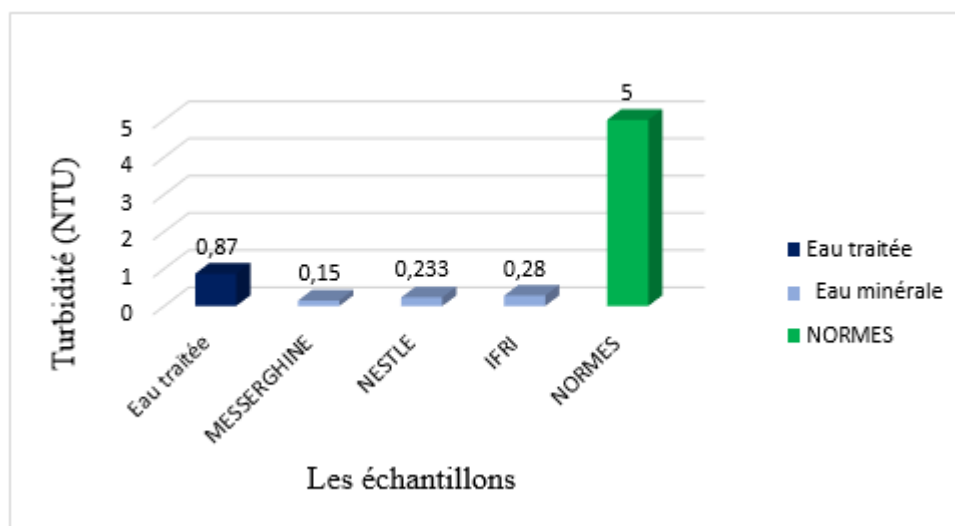


Figure.V.8 l'historgramme les valeurs de la turbidité.

La mesure de la turbidité permet de donner les informations visuelles sur l'eau. La turbidité traduit la présence des particules en suspension dans l'eau (débris organiques, argiles, organismes microscopiques...etc.). Selon les résultats des échantillons analysés les valeurs de la turbidité varient entre 0.15 et 0.86 NTU ce qui est conforme à la norme algérienne qui recommande comme valeur limite 5 NTU au maximum.

V.3.1.2 Les paramètres physico-chimiques

V.3.1.2.1 La température

La température de l'eau est un facteur important dans la production biologique. Ce ci vient du fait qu'elle affecte les propriétés physiques et chimiques de celle-ci ; en particulier sa

densité, sa viscosité, la solubilité de ses gaz (notamment celle de l'oxygène) et la vitesse des réactions chimiques et biochimiques.

La figure suivante représente l'histogramme les valeurs de la température en C° de nos échantillons.

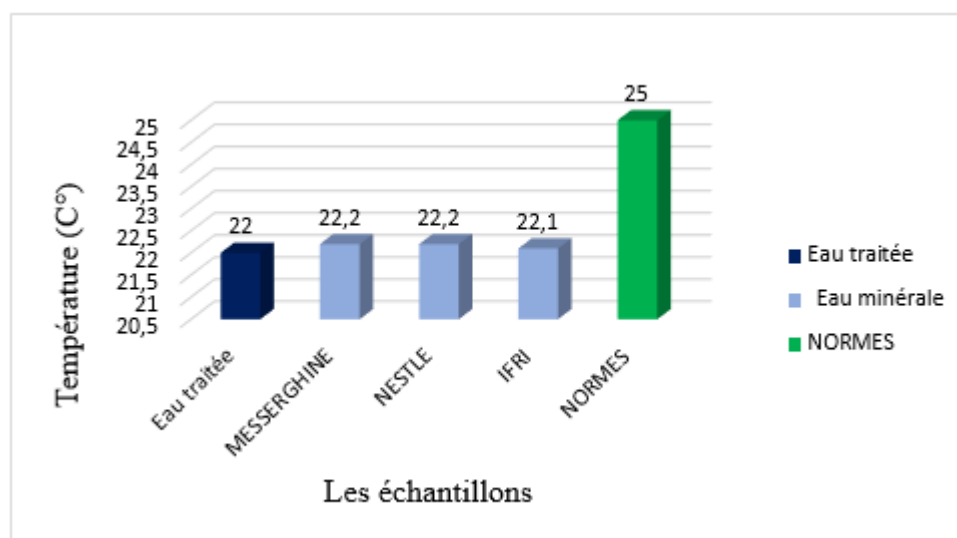


Figure.V.9 : L'histogramme des températures des échantillons

D'après ce graphique, on remarque que les températures de l'eau traitée et l'eau minérale sont presque égales et dans les normes.

V.3.1.2.2 Potentiel Hydrogène (pH)

C'est l'un des paramètres les plus importants pour la qualité de l'eau. Il caractérise un grand nombre d'équilibre physico-chimique et dépend des facteurs multiples, dont l'origine de l'eau [25].

La figure suivante représente l'histogramme des valeurs du potentiel Hydrogène. Les eaux minérales, l'eau traitée et les normes :

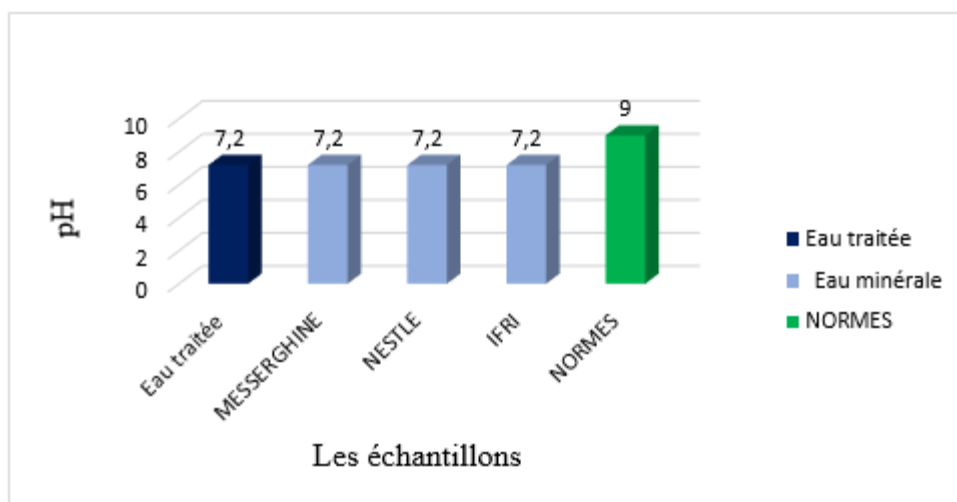


Figure.V.10 l'histogramme les valeurs de potentiel Hydrogène

On observe que le ph des deux types d'eau analysée est légèrement neutre et ne dépasse pas les normes algériennes (ph 6.5 - 8.5), donc on conclut que la qualité de ces eaux est acceptable.

V.3.1.2.3 Conductivité

La conductivité est directement proportionnelle à la quantité de solides (les sels minéraux) dissous dans l'eau. Ainsi, plus la concentration en solide dissout sera importante, plus la conductivité sera élevée. Celle-ci varie également en fonction de la température, puisque cette dernière modifie la viscosité de l'eau [54].

La figure suivante représente l'histogramme les valeurs de la Conductivité en ($\mu\text{S}/\text{cm}$) de nos échantillons.

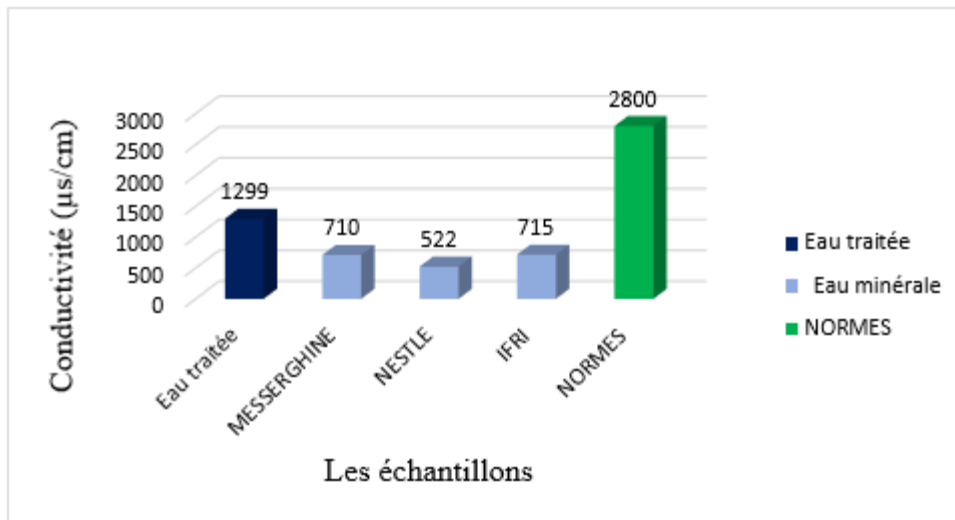


Figure.V.11 l'histogramme les valeurs de la Conductivité des échantillons

D'après les résultats obtenus on remarque que la conductivité maximale des eaux minérales examinées (715 µs/cm) est inférieure à celle de l'eau traitée (1299 µs/cm), donc on constate que les deux types d'eau sont conformes à la norme algérienne qui ne doit pas dépasser 2800 µs/cm.

V.3.1.2.4 Dureté Totale (TH)

La dureté totale d'une eau est produite par les sels de calcium et de magnésium qu'elle contient. On distingue : une dureté carbonatée qui correspond à la teneur en carbonates et bicarbonates de Ca et Mg et une dureté non carbonatée produite par les autres sels. Elle résulte principalement du contact des eaux souterraines avec les formations rocheuses : le calcium dérive de l'attaque du CO₂ dissout par les roches calcaires ou de la dissolution sous forme de sulfate dans le gypse. La dureté d'une eau naturelle dépend de la structure géologique des sols traversés.

La figure suivante représente l'histogramme les valeurs de la dureté totale en F° de nos échantillons.

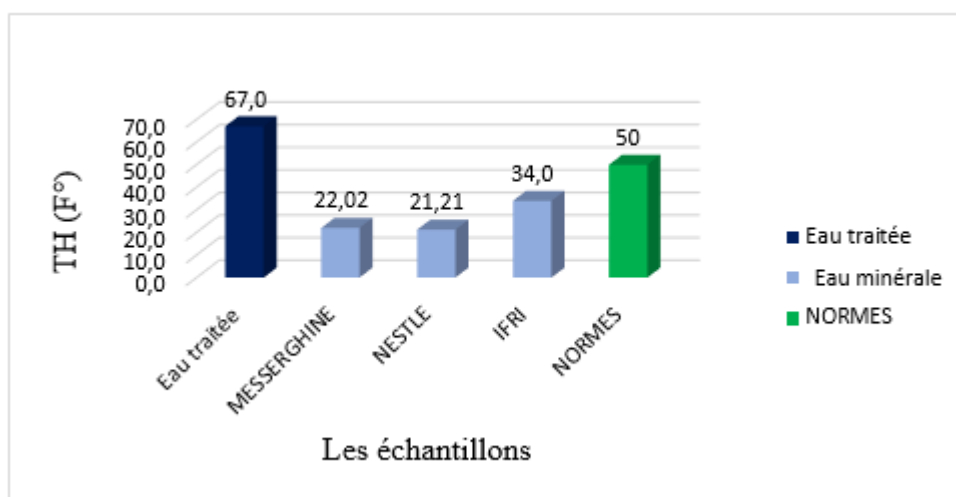


Figure.V.12 L'histogramme les valeurs de la dureté totale

D'après la figure (V.12), les résultats observés de TH pour les eaux minérales naturelles sont compris entre 22.02 et 34°F. Par conséquent, les valeurs de TH obtenues sont conformes à la norme algérienne.

En outre, le résultat obtenu de TH pour l'eau traitée par la station de Sidi Lahdjel est 67 °F très élevé par rapport à l'eau minérale ; on constate que ces valeurs dépassent la norme. Ceci peut s'expliquer par le passage et le contact de ces eaux avec les roches de dolomitiques par conséquent l'augmentation de ces eaux par les carbonates de calcium et de magnésium.

Selon, la variation de la dureté est indiquée dans le tableau ci-après :

Tableau V. 16 : classification des eaux en fonction de leur dureté.

Type de l'eau	TH
Eau douce	Entre 5°F et 20°F
Eau dure	Entre 20°F et 35°F
Eau très dure	>35°F

D'après nos résultats et selon le tableau (V.16), on peut classer l'eau minérale naturelle comme une eau dure, et l'eau du robinet comme une eau très dure.

V.3.1.2.5 Calcium

Le calcium est un élément très répandu dans la nature particulièrement retrouvé dans les eaux qui ont traversé des roches calcaires. Avec le magnésium, il est responsable de la dureté de l'eau [55].

La figure suivante représente L'histogramme les valeurs de calcium en mg/l de nos échantillons.

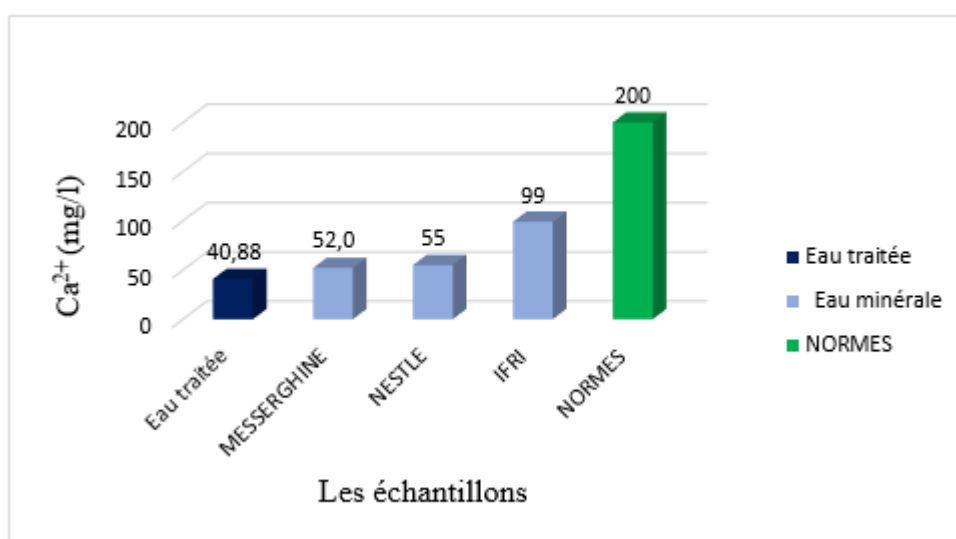


Figure.V.13 L'histogramme les valeurs de calcium

A partir de la figure (V.13), on remarque que les valeurs de calcium des eaux étudiées sont inférieures à la norme Algérienne.

D'après les résultats, on peut classer les deux types d'eaux comme des eaux calciques car elles présentent des teneurs importantes en calcium. Ce métal alcalino-terreux est aussi fréquent dans les roches sédimentaires. Il peut provenir également des formations gypsifères qui sont facilement solubles

V.3.1.2.6 Magnésium

L'ion magnésium constitue un élément significatif de la dureté de l'eau, sa teneur dépend de la composition des roches sédimentaires rencontrés (calcaires dolomitiques, dolomies du jurassique ou du trias moyen) [25].

Le magnésium est un minéral important pour la santé car il stimule environ 300 processus enzymatiques. Il favorise la fixation du calcium sur les os. Indiquée également en cas de stress et de fatigue. L'eau magnésienne contribue au bon fonctionnement des cellules.

La figure ci-dessous représente l'histogramme des valeurs de magnésium en mg/l de l'eau minérale, l'eau de traitée et la norme.

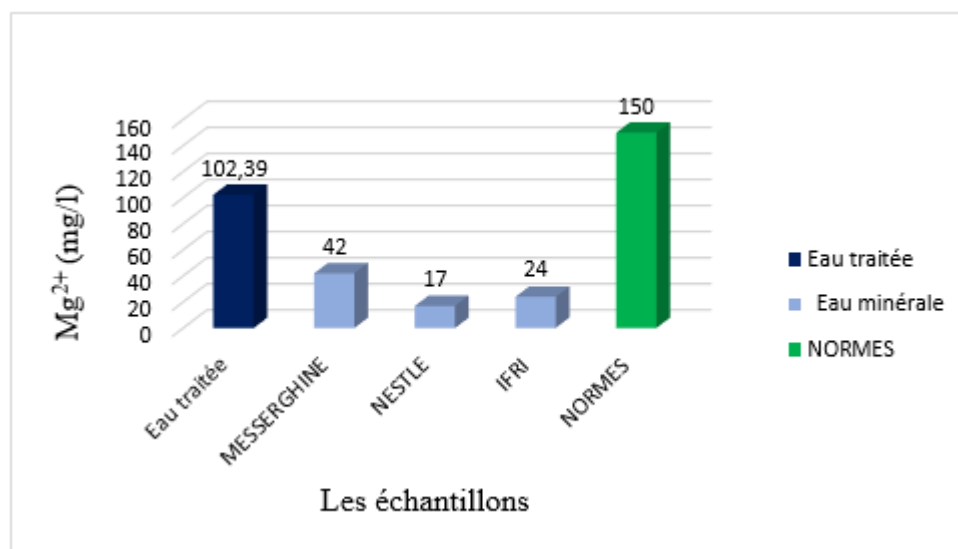


Figure.V.14 L'histogramme des valeurs de magnésium

D'après les résultats obtenus on remarque que le magnésium maximal des eaux minérales examinées (42 mg/l) est inférieur à celle d'eau traitée (102.39 mg/l), donc on constate que les valeurs enregistrées pour les deux types d'eaux étudiées sont conformes et peuvent être considérées comme des eaux magnésiennes.

V.3.1.2.7 Les bicarbonates

Les concentrations en bicarbonates dans les eaux naturelles sont en relation directe avec le pH de l'eau, la température, la concentration en CO₂ dissout et la nature lithologique du sol. Les bicarbonates dans les eaux (gazeuses) facilitent la digestion et calment les brûlures d'estomac grâce aux propriétés antiacides du bicarbonate de sodium. De ce fait, elles sont bonnes pour les sportifs pour lutter contre l'acidité produite par le muscle lors de l'effort [57].

La figure ci-dessous représente l'histogramme des valeurs de bicarbonates en mg/l de l'eau minérale, l'eau traitée et la norme.

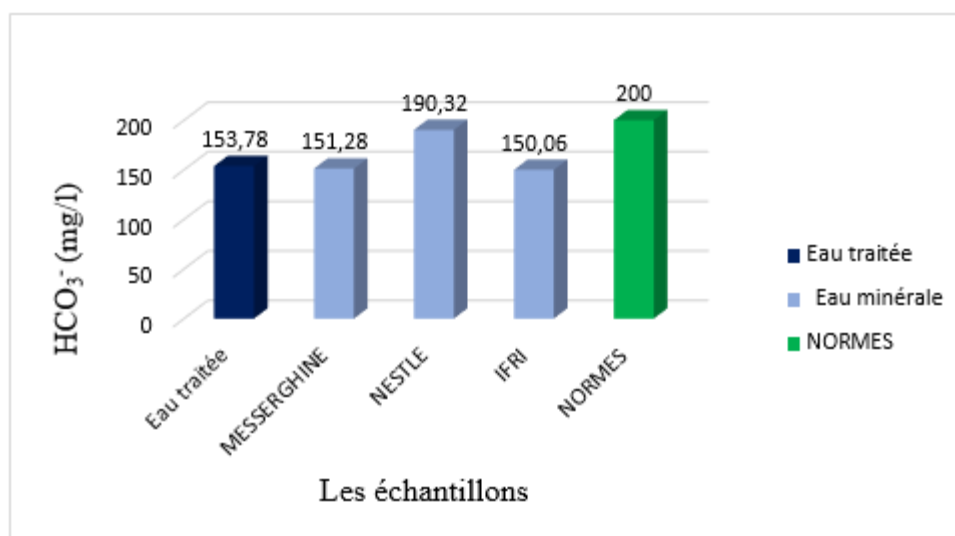


Figure.V.15 L'histogramme les valeurs de bicarbonates

A partir de la figure (V.15), on remarque que les bicarbonates dans l'eau minérale naturelle et l'eau traitée sont très proches et elles sont comprises entre 150 et 190.3 mg/ces deux types d'eaux peuvent être considérés comme des eaux bicarbonatées, et la source de bicarbonate dans l'eau est due à la dissolution des minéraux carbonatés.

V.3.1.2.8 Chlorures

Les chlorures sont très répandus dans la nature. Leur teneur dans les eaux est très variable et liée principalement à la nature des terrains traversés [57]. Ils participent à l'équilibre hydrique des cellules et entrent également dans la composition des sucs gastriques.

L'eau à faible teneur en Chlorure stimule la sécrétion gastrique. Elle peut avoir une action de protection du foie des composants toxiques Les vomissements et les diarrhées répétées font perdre à l'organisme son chlore et provoquent ainsi des crampes musculaires et une grande fatigue [56].

La figure ci-dessous représente l'histogramme des valeurs de chlorure en mg/l de l'eau minérale, l'eau traitée et la norme.

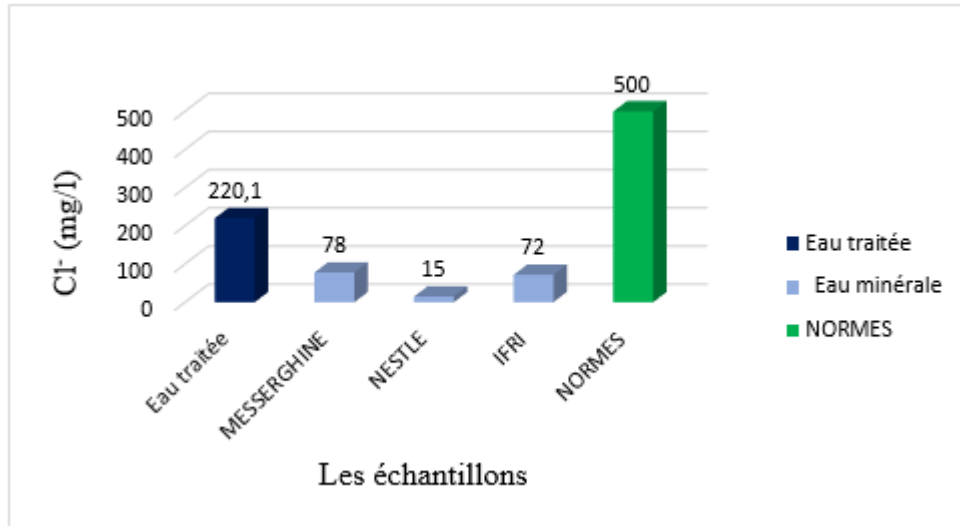


Figure.V.16 L’histogramme les valeurs de chlorure

D’après les résultats obtenus on remarque que l’eau traitée de station de sidi lahdjel est supérieure aux eaux minérales (220 mg/l), les échantillons (messerghine, Nestlé et ifri) sont compris entre (15 mg/l – 78 mg/l). En général la teneur en chlorures dans les eaux étudiées reste conforme à la norme de potabilité. La teneur élevée du chlorure dans l’eau traitée est l’origine de l’eau de barrage.

V.3.1.2.9 Nitrite (NO₂⁻)

La figure ci-dessous représente l’histogramme les valeurs de Nitrite en mg/l de l’eau minérale, l’eau de traitée et la norme.

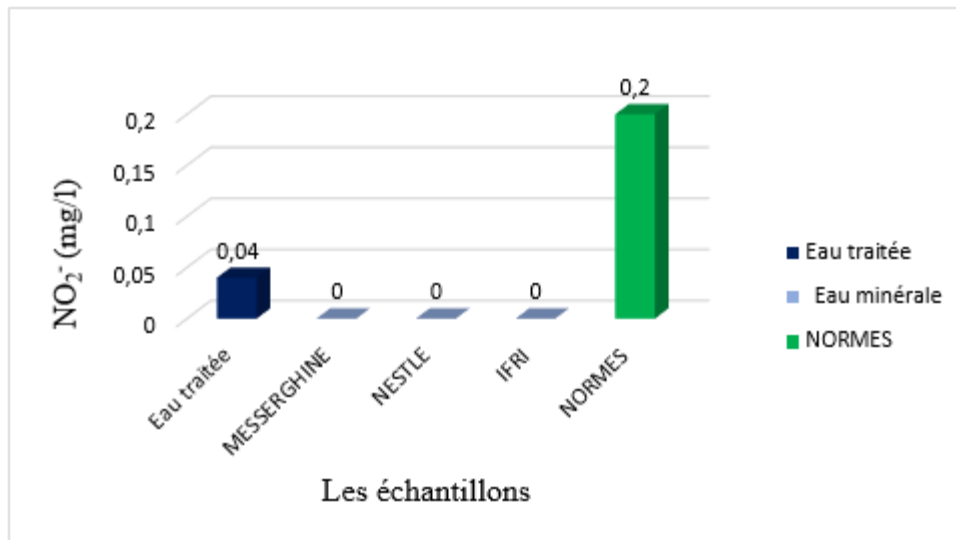


Figure.V.17 L'histogramme les valeurs de Nitrite

Les nitrites sont les indicateurs de la pollution. Elles proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammonium soit d'une réduction des nitrates. Les normes algériennes indiquent une valeur maximale de 0.2 mg/L. Ces dernières sont nulles pour les eaux minérales étudiées et la valeur de nitrite pour l'eau traitée étudiée est 0.04mg/L ce qui répond aux normes Algérienne.

V.3.1.2.10 Les Nitrates(NO_3^-)

La figure ci-dessous représente l'histogramme les valeurs des Nitrates en mg/l de l'eau minérale, l'eau de traitée et la norme.

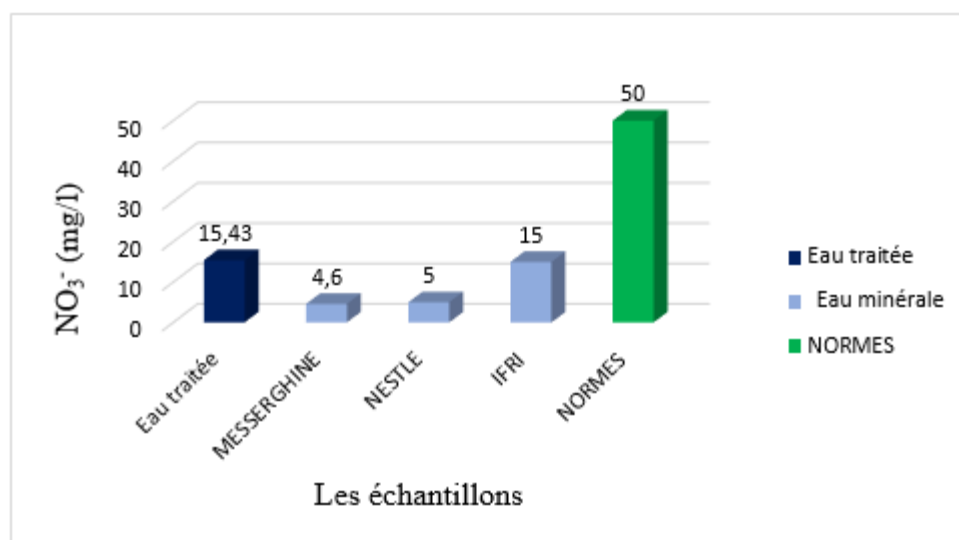


Figure.V.18 L’histogramme les valeurs des Nitrates

La concentration en nitrate dans les eaux souterraines est normalement basse, mais peut atteindre des niveaux élevés en raison de l’écoulement agricole, l’écoulement de décharge d’ordures, ou de contamination avec les déchets des animaux ou des humains.

Pour l’eau étudiée, les valeurs des nitrates obtenus sont inférieures à la norme Algérienne ($NA \geq 50 \text{ mg/l}$). De ce fait, les eaux étudiées ne sont pas sujette à un risque de pollution par les nitrates.

V.3.1.2.11 phosphate

La présence de phosphate dans les eaux est liée aux caractéristiques des terrains traversés et à la décomposition de la matière organique. Des teneurs supérieures à $0,5 \text{ mg/l}$ doivent constituer un indice de pollution.

Les phosphates contenus dans les eaux de surface soutes nappes peuvent être d’origine naturelle. Mais à l’heure actuelle leur présence dans les eaux est essentiellement du eaux rejets industriels, domestiques ou agricoles.

La figure ci-dessous représente l’histogramme les valeurs de phosphate en mg/l d nos échantillons.

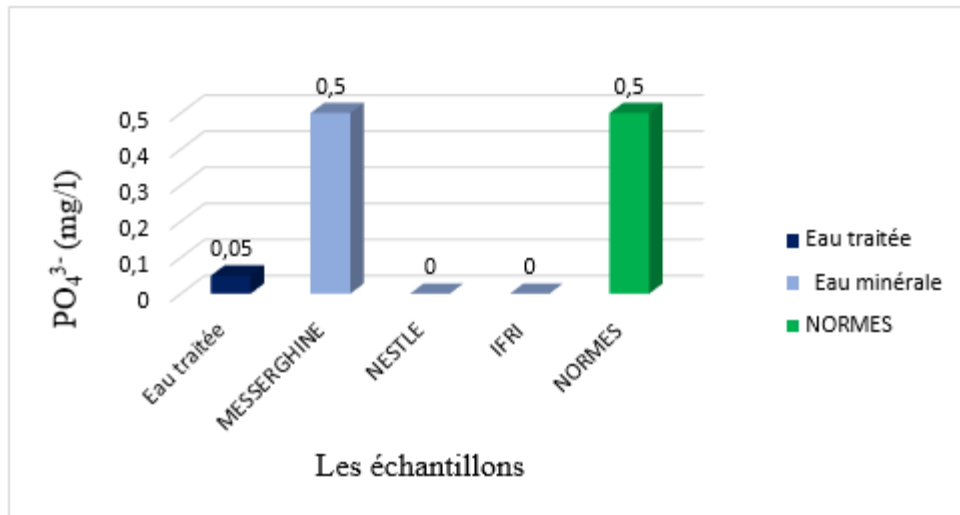


Figure.V.19 les valeurs de phosphate des échantillons

D'après les résultats obtenus on remarque que le phosphate de l'eau minérale messeghine est très élevée par rapport d'eau traitée par la station de SIDI LAHDJEL on constate que ces valeurs ne dépassent pas la norme. Ce dernier est presque nul pour les eaux ifri et nestlé.

V.3.1.2.12 Matière en suspension

La figure ci-dessous représentent L'histogramme les valeurs de MES en mg/l de nos échantillons.

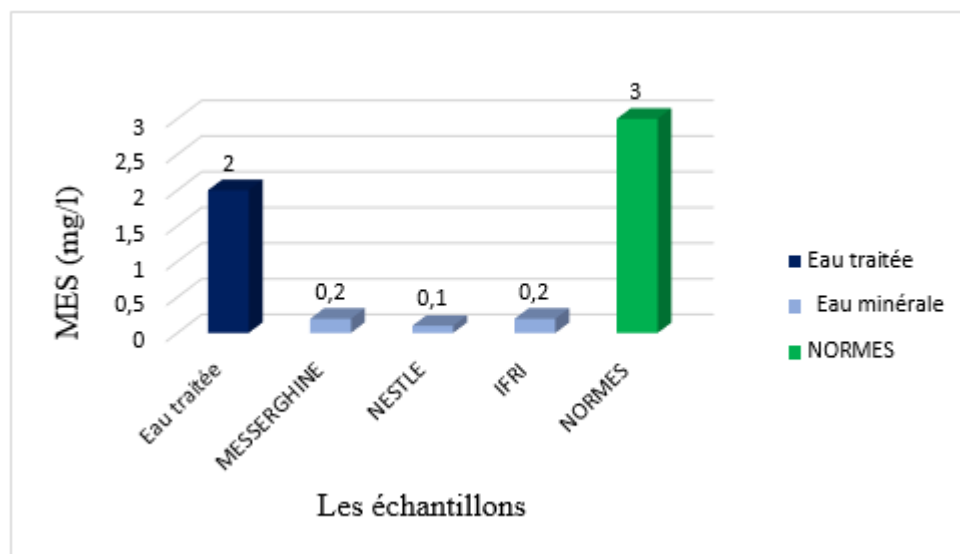


Figure.V.20 les valeurs de la MES de l'eau minérale et l'eau traitée

D'après ce graphe on remarque que les MES des eaux minérales sont presque égaux et inférieure à celle d'eau traitée. Donc on constate que les deux types d'eau sont conformes à la norme algérienne qui ne doit pas dépasser 3mg/l.

V.3.1.2.13 Résidu sec

Cet élément correspond au taux de minéraux recueillis après évaporation de 1 litre d'eau soumis à 180°C [59].

La figure suivante représente l'histogramme les valeurs de Résidu sec (mg/l) des eaux minérales, l'eau traitée et les normes.

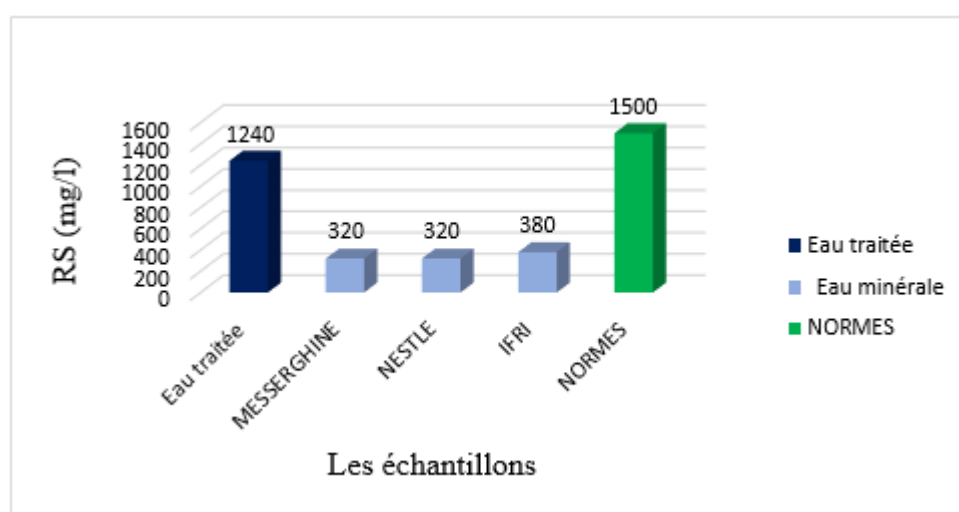


Figure.V.21 l'histogrammeles valeurs de Résidu sec des échantillons

D'après les résultats obtenus on remarque que le résidu sec des eaux minérales examinées presque égaux et inférieure à celle d'eau traitée de sidi lahdjel, donc on constate que les deux types d'eau sont conformes à la norme algérienne qui ne doit pas dépasser 1500mg/l.

V.3.1.3 Résultats et interprétations de l'analyse d'autres paramètres

V.3.1.3.1Titre alcalimétrique (TA)

Tableau V.17 Teneur en TA (mg/l de CaCO₃) des eaux minérales et l'eau traitée

Les échantillons	Eau traité	messerghine	Nestlé	Ifri	Norme
TA	0	0	0	0	/

Le titre alcalimétrique TA est nul (absent) pour tous les échantillons analysés, car le pH est inférieur à 8,3 d'où l'absence des bases fortes (carbonates, les alcalins libres) qui caractérise les eaux naturelles et potables.

V.3.1.3.2 Le titre alcalimétrique complet (TAC)

La figure suivante représente l'historgramme les valeurs de Le titre alcalimétrique complet (TAC) en F° des eaux minérales, l'eau traitée et les normes.

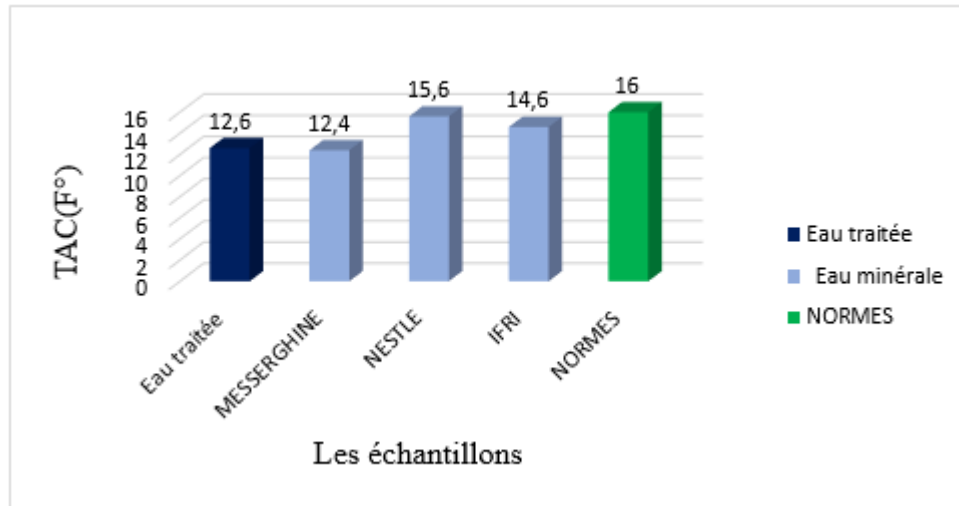


Figure.V.22 l'historgramme des Teneur en TAC des échantillons

D'après la figure. (V.22), les résultats obtenus de TAC pour les eaux minérales naturelles (messerghine, nestlé et IFRI) sont compris entre 12 et 15,6 F°. Par ailleurs, le résultat obtenu de TAC pour l'eau traitée par station de Sidi Lahdjel est 12,6 F°. On constate que les teneurs en titre alcalimétrique complet des deux eaux sont très proches.

D'après la littérature, pour une eau dont le pH est inférieur à 8,3, la valeur du TAC correspond à la concentration des ions bicarbonates, la connaissance de cette valeur est essentielle pour l'étude de l'agressivité d'une eau puisqu'elle dépend de l'équilibre calco carbonique.

Conclusion

Générale

Notre stage qui a été effectué à la station de traitement d'eau potable « Sidi Lahdjel » nous a permis d'une part d'exploiter les notions scientifiques que nous avons acquises durant notre formation universitaire, et d'autre part de nous familiariser avec le monde professionnel.

En effet, le thème que nous avons traité dans ce mémoire est une étude comparative entre deux coagulants : chlorure ferrique et le sulfate d'alumine, du fait le procédé coagulation floculation a été bien explicité vu l'intérêt qu'elle représente dans ce dernier et on a comparé l'eau minérale avec l'eau traitée par la station de SIDI LAHDJEL.

Afin de déterminer le meilleur coagulant et sa dose optimale à injecter dans l'eau brute et les bonnes conditions du milieu, nous avons effectué deux essais avec les deux coagulants dans l'eau et on a travaillé aussi sur la détermination de la dose optimale de ces deux réactifs, qui nous aider à déterminer le meilleur coagulant.

Le procédé de coagulation-floculation avec l'utilisation de coagulant chlorure-ferrique réalise un bon rendement d'élimination de la turbidité que le sulfate d'alumine mais le fer apporte cependant des désagréments d'ordre esthétique et organoleptique en effet. Le fer donne aussi un goût métallique à l'eau rendant désagréable sa consommation, à dose élevée induit souvent une coloration rouille (jaune ou marron) de l'eau traitée due au résidu de fer et cela peut constituer un risque potentiel pour la santé humaine. Il peut aussi être à l'origine de corrosion des canalisations dû au développement des micro-organismes.

On utilise le chlorure ferrique beaucoup plus dans le traitement des eaux résiduaires urbaines ou industrielles, par contre le sulfate on l'utilise dans le traitement des eaux de surface.

L'étude a aussi révélé que les doses du coagulant déduites à partir de la méthode du Jar-test donnent une fois utilisées de bons résultats étant donné que l'eau traitée est dans les normes de potabilisation.

Au terme de notre étude, qui a porté sur les différentes analyses au niveau du laboratoire, nous pouvons conclure, d'après les résultats obtenus concernant la qualité organoleptiques tels que la couleur, le goût et l'odeur, et du point de vue physico-chimiques tels que le pH, la conductivité, TAC, TH, TA, Ca^{2+} , chlorures, magnésium, nitrates, nitrites, calcium et les bicarbonates, que la composition de l'eau traitée est voisine de celle de l'eau minérale. Par ailleurs, ces eaux sont conformes aux normes algériennes, sauf pour la dureté de l'eau traitée qui dépasse la norme algérienne.

A partir de ces résultats, on considère que l'eau minérale naturelle est une eau de minéralisation importante et l'eau de robinet alimentée par le barrage de SIDI LAHDJEL est une eau de minéralisation excessive.

L'eau minérale est une eau de très bonne qualité et apte à la consommation humaine, elle est bonne pour les sportifs pour lutter contre l'acidité produite par le muscle lors de l'effort, elle a une quantité forte en calcium qui joue un rôle essentiel dans la croissance osseuse, la contraction musculaire et la minéralisation des dents, sa très grande pureté fait que cette eau convient parfaitement pour la préparation des biberons ainsi que pour les femmes enceintes.

En outre, l'eau traitée la station de sidi ladjel est prouvée quelle est de bonne qualité et comestible sans risque au même titre qu'une eau minérale.

A partir de ces résultats, on considère que l'eau minérale est une eau de minéralisation importante et l'eau traitée par le barrage de SIDI LAHDJEL est une eau de minéralisation excessive. Les deux types d'eaux sont bicarbonatés, calciques et magnésiennes, représentent de très faibles teneurs en nitrates et nitrites.

Références

Bibliographiques

- [1] **Algéo (Alger Géophysique) (1997)**. Etude Géophysique Dans La Plaine De Guelma. Rapport Interne, 28 p.
- [2] **BOEGLIN Jean-Claude**. Propriétés des eaux naturelles. Technique de l'ingénieur, traité environnement, G1 110.
- [3] **CHERIFI MOUNA ; 2013** : décontamination électrocinétique d'une boue d'eau potable contenant de l'aluminium. Thèse présentée en vue de l'obtention du diplôme de doctorat en science spécialité chimie analytique. Université Badji Mokhtar.
- [4] **MEGHZILI B**. Suivi de la qualité des eaux de la station de traitement Hammadi- krouma (Skikda). Essais d'optimisation. Thèse de magister université de Biskra, 2002.
- [5] **DEGREMONT, 2005**, mémento technique de l'eau. Tome 1, 10eme édition, ed tec et doc. p878
- [6] **KETTAB.A** : Alimentation en eau potable de la ville de Médéa, Compagnie Européenne de traitement des eaux.
- [7] **Organisation mondiale de la Santé (OMS). (2017)**. Directives de qualité pour l'eau de boisson .4e édition
- [8] **MICHARDG. (2002)**. Chimie des eaux naturelles. Principes de géochimie des eaux.
Edition Publi sud. 565 p.
- [9] **SCHRIVER-MAZZUOLIL. (2012)**. La gestion durable de l'eau : ressources, qualité, organisation. Dunod, Paris. ISBN978-2-10-055026-5 (HY.151).
- [10] **ASSOULINES. Et ASSOULINEJ. (2007)**. Géopolitique de l'Eau : Nature et Enjeux. Edition Studyrama Perspectives.
- [11] **CHOISNEL E. (1999)**. Le cycle de l'eau ; in : « L'eau : milieu naturel et maîtrise, Tome 1 ». INRA, Paris. ISSN : 1250-5218 ISBN : 2-7380-0854-2 Tome1 - 2-7380-0855-0(HY. 47/T1).
- [12] **ATTEIAO. (2005)**. Chimie et pollutions Des eaux souterraines. Editions Tec Doc Lavoisier, Paris.
- [13] **CLAUDE C. ,2010**. Les traitements de l'eau, procédés physicochimiques et biologiques cours et problèmes résolus. Ellipse édition. P/10.11.

- [14] **CHAUSSADEJ. I.ROVELJ. M., MOUCHETP., ANDRIAMIRADOI., MARCHAND D., LESOILLE M., BAIG S., MAZONIE P., BOURDILOT J.C., BONNOLYE V., HESSE C., HAURBY A., MOLES J., NICL R ET SANZ M.A. (2005).** Mémento technique de l'eau dégerment. Tome I. 10^{ème} édition, Lavoisier Tec DOC. Paris.
- [15] **VILAGINESR. (2003).** Eau, environnement et santé publique : introduction à l'hydrologie. 2^{ème} Ed, Lavoisier, Paris.ISBN2-7430-0604-8 (HY.43).
- [16] **BOURGOIS C.M ET LEVAU J.L :** techniques d'analyses et de contrôles dans les industries agro-alimentaires, 2eme édition Lavoisier- tec. Et doc, 1980.
- [17] **BOEGLIN Jean-Claude.** Propriétés des eaux naturelles. Technique de l'ingénieur, traité environnement, G1 110.
- [18] **DJEMMAL S. (2008-2009),** Les Ressources en Eau et L'environnement, l'effet de la sebkha sur la qualité des eaux Souterraines dans la partie sud-est de Sétif Cas du Guidjal, Université de Constantine, Algérie.
- [19] **DEGREMONT.** Mémento technique de l'eau, Technique et documentation, tome 1, 1989, P : 5, 24,25.
- [20] **CARDOT Claude.** Génie de l'environnement : les traitements de l'eau. Paris, 1999, P : 9
- [21] **C.R.A.A.G. (Centre de Recherches Astronomiques et Géophysiques Algérien) (2004).** Etude Géophysique Par Gravimétrie De La Région D'Oued Zénati, Guelma. Rapport Interne. 42 p.
- [22] **EMSALEM R. (1986).** Climatologie Générale. Edition. I.P.E.N.A.G. Tome 1. 198p.
- [23] **BOUZIANI M. (2000),** L'eau de la pénurie aux maladies, Editions IBNKHALDOUN, Algérie.
- [24] **BLIEFRT Claus. PERRAUD Robert.** Chimie de l'environnement : air, eau, sols, déchets. p : 271,290, 291.
- [25] **RODIERJ., LEGUBEB., MERLETN. Et BRUNETR. (2009).** L'analyse d'eau. 9^{ème} Ed, Dunod, Paris.ISBN978-2-10-054179-9

- [26] **FRANCK Rej sek.** Analyse des eaux aspects réglementaires et techniques, lycée de borda
- [27] **DAJOZ R. (2000).** Précis D'Ecologie : Cours Et Exercices Résolus.7 ième édition. Dunod, Paris. 613p.
- [28] **KIRATIB. et BRAHMIA N. (2006).** Impact Des Eaux D'irrigation Sur Les Eaux Souterraines De La Plaine Alluviale De Guelma. Mémoire D'Ingéniorat En Hydrogéologie, Université Badji Mokhtar. Annaba. 113 p.
- [29] **Dégréement,** « Mémento technique de l'eau », Première édition, (1952)
- [30] **A. Dupont,** Hydrologie-captage et traitement des eaux, HYDRAULIQUE, Tome 1, Ed 5, Paris (1981).
- [31] **H. TARDATH et J.P. BEAUDRY,** « chimie des eaux, les griffons d'argile », (1984).
- [32] **Henri Roque,** « Fondement théorique du traitement chimique des eaux » vol. I et II, technique et documentation, Lavoisier, Paris (1990).
- [33] **H. OUAHRANI,** « Suivie de la stabilité des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'eau », Université de Bejaia, (2012).
- [34] **FARDELLONE P. (2015).** Calcium, magnésium et eaux minérales naturelles. Cahiers de nutrition et de diététique.
- [35] **WASHINGTON D.C. (2005).** Dietary reference intakes for water, potassium, sodium, chlorite, and sulfate; Food and nutrition board.
- [36] **GUILLERIN A. (2018).** L'eau Minérale Naturelle : propriétés et usages. Diplôme d'Etat de Docteur en pharmacie. Université de Bordeaux Des Sciences Pharmaceutiques Bordeaux ; France.
- [37] **DUPONT C. (2015).** Eaux minérales naturelles et transit intestinal. Cahiers de nutrition et de diététique
- [38] **BATAILLE M., BEAUME S., BERTOCCHIO J.P., CITARDA, S., HANF, W., VRIGNEAUD L. (2016).** Prescription des eaux riches en

- [39] **ACHOUR S., CHABBI F et TBERMACINE A.A. (2017).** Le fer et le manganèse dans les eaux naturelles et procédés d'oxydation chimique. Cas des eaux algériennes, Larhyss Journal,
- [40] **BANNOUD A. H., DARWICH Y. (2006).** Elimination des ions fluorures et manganèses contenus dans les eaux par nano filtration. Désaliénation.
- [41] **hospitalier j. poirier r (2008)** L'eau destinée à la consommation humaine Archives des Maladies Professionnelles et de l'Environnement.
- [42] arrêté du 26 juillet 2000 relatif aux spécifications des eaux de boisson préemballées et aux modalités de leur présentation (JO N°51 du 20 août 2000).
- [43] Journal officielle de la république Algérienne septembre. (2005).
- [44] Commission du Codex Alimentarius. (2007). L'Eau. Première Edition, Rom.
- [45] Taleb, S. (2014). Confrontation des normes Algériennes des eaux potables aux directives de l'organisation mondiale de la santé (OMS).
- [46] **BOUGHAZI Safaa, 2018** : Gestion de la ressource en eau du système hydraulique MAO – MACTA, mémoire en Master Hydraulique, Département d'hydraulique urbaine, Ecole Nationale Supérieure d'Hydraulique- Arbaoui Abdellah, Oran.
- [47] **Valiron F, 1989**, Gestion des Eaux : alimentation en eau-assainissement, édition Presses de l'école Nationale des ponts et chaussées, Paris.
- [48] [5] **Manuel**, Le Processus de la Station de traitement d'eau de Sidi Lahdjel pour l'alimentation en eau potable du couloir Mostaganem-Arzew-Oran.
- [49] formations méthodes d'analyses physico-chimiques. Révision 0 du 29 novembre 2009.
- [50] **MO.DT. LabC.14, 2009** : Dosage de la somme du calcium et magnésium par la méthode titrimétrique à l'EDTA
- [52] **H.Kabouya, 2009** : Méthodes d'analyses physico-chimiques, Formation/laboratoire, Station de traitement des eaux à partir u barrage de Tichy Haf.
- [53] **MO.DT. LabB.61, 2009** : Détermination de la demande en chlore.

[54] DUGUET J.P., BERNAZEAUF., CLERET D., GAIDA., LAPLANCHE A., MOLES J., MONTIEL A., RIOU G. et SIMON P. (2006). Réglementation et Traitement des Eaux Destinées à la Consommation Humaine. 1ere Edition, ASTEE (Association Scientifique et Technique pour l'Environnement). Editions Marketing, Paris. ISBN978-2-7298-5233-7.

[55] Hubert, J., Hubert, C., Jungers, P., Daundo, M., Hartemann, P. (2002). Eaux de boisson et lithiase calcique urinaire idiopathique : Quelles eaux de boisson et quelle cure de diurèse ? N° 12. p692-699

[56] Thomas, F.b. (2014). Les vertus des eaux minérales. Nutrition

[57] Labadi, A.S., Hammache, H. (2016). Etude comparative des eaux minérales et des eaux de sources produites en Algérie. Larhyss Journal, N°28, p319-342.

[58] Zerrouki, A. (2013). Les eaux embouteillées en Algérie. le soir d'Algérien

[59] Aouissi, A., Bouhmdi, M. Contribution à l'étude de la qualité de l'eau de quelques sources et puits dans les communes de Belkebir et Boumahra Ahmed (Wilaya de Guelma, Nord est Algérien).

Annexes

PARAMETRES DE QUALITE DE L'EAU DE CONSOMMATION HUMAINE Tableau 1 :

PARAMETRES AVEC VALEURS LIMITEES

	PARAMETRES	UNITES	VALEURS LIMITEES
1	Aluminium	mg/L	0,2
2	Ammonium	mg/L	0,5
3	Baryum	mg/L	0,7
4	Bore	mg/L	1
5	Fer total	mg/L	0,3
6	Fluorures	mg/L	1,5
7	Manganèse	µg/L	50
8	Nitrates	mg/L	50
9	Nitrites	mg/L	0,2
10	Oxydabilité	mg/L O2	5
11	Phosphore	mg/L	5
12	Acrylamide	µg/L	0,5
13	Antimoine	µg/L	20
14	Argent	µg/L	100
15	Arsenic	µg/L	10
16	Cadmium	µg/L	3
17	Chrome total	µg/L	50
18	Cuivre	mg/L	2
19	Cyanure	µg/L	70
20	Mercure	µg/L	6
21	Nickel	µg/L	70
22	Plomb	µg/L	10
23	Sélénium	µg/L	10
24	Zinc	mg/L	5

Tableau 2 : PARAMETRES AVEC VALEURS INDICATIVES

GROUPE DE PARAMETRES	PARAMETRES	UNITES	VALEURS INDICATIVES
Paramètres organoleptiques	Couleur	mg/l Platine	15
	Turbidité	NTU	5
	Odeur à 12°C	Taux dilution	4
	Saveur à 25°C	Taux dilution	4
Paramètres physico-Chimiques en relation avec la Structure naturelle des eaux	Alcalinité	mg/L en CaCO ₃	500
	Calcium	mg/L en CaCO ₃	200
	Chlorures	mg/L	500
	Concentration en ions Hydrogène	Unité pH	≥6,5 et ≤9
	Conductivité à 20°C	μS/cm	2800
	Dureté	mg/L en CaCO ₃	200
	Potassium	mg/L	12
	Résidu sec	mg/L	1500
	Sodium	mg/L	200
	Sulfates	mg/L	400
	Température	°C	25

Tableau 3 : PREPARATION DES REACTIFS :

Les réactifs	Quantité	Quantité de produit	Les doses
$K_2Cr_2O_7$	50 mL	5 g + ED	10%
Méthyle orange $C_{14}H_{14}N_3NaO_3S$	50 mL	0,25 g+ ED	0,5%
NET	50mL	0,2 g NET + 50 ML éthanol	0,4%
EDTA	1000 mL	3,7EDTA+0.4NaOH	0,04N
$AgNO_3$	500 mL	8,5 g $AgNO_3$	1/10N
H_2SO_4	500 mL	14ml H_2SO_4	1N
Sel de mohr	500 mL	2,5g Sel de mohr +10mL H_2SO_4	N/80
Murixide	/	poudre	/
Solution tampon	500 mL	175mL NH_4OH +12,5mL NH_4Cl	pH = 10
Réactif tampon	1000 mL	82g acétate de sodium+ 10mL acide acétique	1N
Solution acide ascorbique	100mL	1 g + ED	1%
Purpure de Bronocresol	100mL	0,1g + ED	/
Acide acétique	1000mL	57mL + ED	1N
Solution de réserve	100mL	0,6g d'ericromcyanine + ED	pH=2,9
Solution de travail	/	Dilution de 10 fois de solution de réserve	/