

République Algérienne Démocratique et Populaire.
Ministère de l'Enseignement Supérieur et la Recherche Scientifique.
Faculté des Sciences et Sciences Appliquées.
Département de Génie Civil

Mémoire de fin d'étude

Présenté par



ZAIDI Youguarta

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER

Filière : HYDRAULIQUE.

Spécialité : RESSOURCES HYDRAULIQUES.

Evaluation des performances de traitement de
l'eau de surface dans le barrage de Koudiet
Acerdoune (**W. Bouira**).

Soutenu le / /2024

TAIB Lyes

Maître de conférences

UAMO, Bouira

Président.

**DJAFER KHODJA
Hakim**

Maître de conférences

UAMO, Bouira

Examineur.

METAICHE Mehdi

Professeur

UAMO, Bouira

Encadreur.

Année universitaire 2023/2024

Remerciements

Tout d'abord je tiens à remercier Dieu de m'avoir donné la force et le courage de mener à bien ce modeste travail.

Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance au Professeur METAICHE Mehdi et Madame LOUADJ Malika la cheffe de service de laboratoire de l'unité de production KOUDIAT ACERDOUNE, encadreurs de ce mémoire.

Je les remercie de m'avoir encadré, orienté, aidé et conseillé.

J'adresse mes sincères remerciements à tous mes professeurs et examinateurs, et sans oublier mes chers parents, mon frère et ma sœur pour leurs encouragements.

Enfin je remercie mes amis et mes collègues qui ont toujours été là pour moi à travers leur soutien inconditionnel et leurs encouragements.

Dédicaces

Je dédie ce travail à ma famille qui m'a doté d'une bonne éducation digne de ce nom, son amour a fait de moi ce que je suis aujourd'hui. Je dédie ce travail plus particulièrement à mon père pour le gout qu'il a suscité en moi de par sa rigueur, et à ma mère à qui je voue une profonde gratitude pour son éternel amour, à mon frère et à ma sœur qui m'ont toujours soutenu et encouragé durant ces années d'étude.

Résumé :

L'eau de barrage de KOUDIAT ACERDOUNE est une eau de surface est menacée à tous types de pollution, qui nous pousse à évaluer l'efficacité de sa station de traitement, dans cette optique nous examinerons les principaux paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'eau brute de ce barrage ainsi que l'eau traitée pendant les mois de mars, avril, mai 2024 puis nous comparerons nos résultats aux normes de potabilité.

Selon les résultats, l'eau brute présente une douceur et une minéralisation moyenne, niveaux de turbidité sont bas, le pH présente une légère alcalinité, forte présence de bactéries de coliformes, de germes et de colibacilles.

Les paramètres physico-chimiques, organolytiques et bactériologiques après traitement se situent aux niveaux des normes de potabilité en Algérie, ce qui démontre que la station fonctionne correctement et efficacement.

المخلص

نوعية المياه القادمة من سد كودية أسردون معرضة لكل أنواع التلوثات المختلفة، مما يدفعنا إلى تقييم فعالية محطة المعالجة الخاصة به، ومع أخذ ذلك في الاعتبار سنقوم بدراسة المعلمات الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية الرئيسية للمياه الخام من هذا السد وكذلك المياه المعالجة خلال أشهر مارس، إبريل، مايو 2024 ثم سنقوم بمقارنة نتائجنا بمعايير الشرب.

وفقا للنتائج، فإن المياه الخام تتميز بالنعومة والتمعدن المتوسط، ومستويات التعكر منخفضة، ودرجة الحموضة تظهر قاعدية طفيفة، ووجود البكتيريا القولونية والجراثيم والعصيات القولونية.

إن المعلمات الفيزيائية والكيميائية والعضوية والبكتريولوجية بعد المعالجة تكون عند مستويات معايير الشرب في الجزائر، مما يدل على أن المحطة تعمل بشكل صحيح وفعال

Abstract:

The quality of water from the Koudiet Acerdoune dam is often mediocre due to various pollutions, which prompts us to evaluate the efficiency of its treatment plant, with this in mind we will examine the main physico-chemical and bacteriological parameters of the raw water from this dam as well as the treated water during the months of March, April, May 2024 and then compare our results with potability standards.

According to the results, the raw water is moderately soft and mineralized, turbidity levels are low, pH is slightly alkaline, and there is a high presence of coliform bacteria, germs and e-coli.

After treatment, physico-chemical, organoleptic and bacteriological parameters are within Algerian drinking water standards, demonstrating that the plant is operating correctly and efficiently.

Liste des matières :

Remerciement.

Dédicaces.

Résumé.

Listes des matières.....	I
Listes des figures.....	II
Listes des tableaux.....	III

INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale :	2
-------------------------------	---

CHAPITRE I : Généralités sur les eaux

I.1 Introduction :.....	4
I.2 Définition de H ₂ O:	4
I.3 Composition de H ₂ O :	4
II.1 -Espèces inorganiques :	4
II-1-1 Constituants majeurs :.....	4
II-1-2 Eléments traces métalliques :.....	5
II-2-Matières organiques :.....	5
II-2-1 Matières organiques dissoutes :	5
II-2-2 Matière organique particulaire :	5
III-Origines et différents types des eaux :	5
IV Cycle de l'eau :	6
IV-1 Définition :.....	6
IV-2 Les étapes du cycle de l'eau :	7
IV-2-1 L'évaporation :	7
IV-2-2 La transpiration :	7
IV-2-3 La condensation :.....	7
IV-2-4 Les précipitations :	7
IV-2-5 Le ruissèlement :	7
IV-2-6 L'infiltration :.....	7
IV-2-7 La circulation souterraine :.....	8
V- Paramètres caractéristiques de la qualité des eaux :	8
V-1 Propriétés organoleptiques :.....	8
V-1-1 La couleur :.....	8

V-1-2 Gout et odeur :	8
V-1-3 Turbidité :	8
V-2 Paramètre physico-chimiques :	9
V-2-1 Température :.....	9
V-2-2 Potentiel d'hydrogène :.....	9
V-2-3 Salinité :	9
V-2-4 Résidus secs à 180°C :.....	9
V-2-5 La dureté ou titre hydrotimétrique :.....	9
V-2-6 Conductivité électrique :.....	10
V-2-7 Alcalinité :	10
V-2-8 Titre alcalimétrique et titre alcalimétrique complet :	10
V-2-9 Les chlorures :.....	10
V-2-10 Autres principaux éléments présents dans l'eau :.....	10
V-3 Paramètres indésirables et toxiques :	10
V-3-1 Fer et manganèse :	10
V-3-2 Métaux lourds :.....	10
V-4 Les normes d'eau potable :	11
V-5 Les paramètres microbiologiques :	12
V-5-1 Les coliformes totaux :	12
V-5-2 Les coliformes fécaux :.....	12
V-5-3 Les streptocoques fécaux :.....	12
V-6 Les paramètres concernant les pesticides et les produits apparentés :.....	12
VI- Conclusion :	12

CHAPITRE II : Présentation du lieu d'étude.

I- Présentation du barrage Koudiet acerdoune :	14
I-1 Description :	14
I-2 Climatologie de la région :	14
II-Présentation de la station de traitement Koudiet acerdoune :	17
II-1 Capacité de la station :	18
IV- Distribution :.....	19
V- Conclusion :	20

CHAPITRE III : Les procédés de traitement des eaux de barrage.

I-Introduction :	22
II- Principe de fonctionnement et différents ouvrages de la station de traitement:.....	23

II-1 Ouvrage d'entrée d'eau brute :	24
II-1-1 Principes généraux de fonctionnement	24
II-2 Chambre de dissipation :	24
II-3 Cascade d'aération :	25
II-3 Chambre de mélange :	25
III- La clarification :	28
III-1 Principe de fonctionnement :	28
III-2 Les étapes de procédés de clarification :	29
III-2-1 1ère étape :la coagulation :	29
III-2-2 deuxième étape :la floculation :	30
III-2-3 troisième étape : la décantation :	31
III-2-3-1 Principe de fonctionnement :	32
III-2-3-2 Capacité de traitement :	32
III-2-3-3 L'extraction et la récirculation des boues :	34
III-3 4ème étape : la post-coagulation:	34
IV- La filtration :	34
IV-1 Les types de filtres :	35
IV-2 Principe général de fonctionnement :	35
IV-3 Le lit filtrant :	37
IV-4 Dalle en béton et buselurs :	37
IV-5 Dimensionnement des filtres :	38
IV-6 Le colmatage des filtres à sable :	40
IV-7 Le lavage de filtre :	40
IV-8 Le cycle de lavage :	41
V- Stockage d'eau traitée :	41
V-1 La post-chloration :	42
V-2 Configuration générale des ouvrages et des vannes murales :	42
VI- Conclusion :	43

CHAPITRE IV : Matériels et méthodes.

I- Introduction :	45
II- L'analyse des paramètres physico-chimique :	45
II-1 Le jar test :	45
II-2 Analyse partielle :	48
Définition :	48

II-2-1 Potentiel d'hydrogène :	48
II-2-2 La turbidité :	49
II-2-3 La conductivité et la température :	50
II-2-4 Le chlore résiduel :	52
II-3 Dosage de la demande en chlore :	52
II-4 Analyse volumétrique :	55
II-4-1 Titre d'alcalinité complète :	55
II-4-2 La dureté totale :	57
II-4-3 Dosage de Ca^{2+} :	60
II-4-4 Dosage des chlorures :	61
II-5 Les paramètres de pollution :	63
II-5-1 Oxydabilité au permanganate de potassium en milieu acide :	64
II-5-2 Détermination des matières en suspension :	65
II-5-3 Le résidu sec :	67
II-5-4 Dosage des ions nitrites :	71
II-5-5 Dosage de l'ammonium :	72
II-5-6 Dosage de phosphate :	73
II-5-7 Dosage d'aluminium :	74
II-6 Dosage de Fer :	76
II-7 Dosage des sulfates :	77
II-8 Dosages des nitrates :	78
III- Les analyses bactériologiques :	79
Définition :	79
III-1 Recherche et dénombrement des coliformes totaux et des Escherichia coli :	79
III-2 Recherche et dénombrement des spores des bactéries Anaérobies sulfito-réducteurs méthode par incorporation sur gélose :	81
III-3 Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux :	83
IV- Conclusion :	84

CHAPITRE V : Diagnostique des résultats.

I-Introduction :	86
II Validation des analyses :	86
II-1 La balance ionique :	86
II-2 Analyse 1 :	87
II-2-1 Interprétation des résultats des analyses des eaux brutes effectuée le 03/03/2024 :.....	87
II-2-2 Interprétation des résultats des analyses des eaux traitées effectuée le 03/03/2024 :....	88

II-3 analyse 2.....	89
II-3-1 Interprétation des résultats des analyses des eaux brutes effectuées le 04/04/2024 :	89
II-3-2 Interprétation des résultats des analyses des eaux traitées effectuées le 04/04/2024 : ..	90
II-3 Analyse 3.....	91
II-3-1 Interprétations des résultats des analyses des eaux brutes effectuées le 07/05/2024 :...	91
II-3-2 Interprétation des résultats des analyses des eaux traitées effectuées le 07/05/2024: ...	92
III- Interprétation de graphes:	93
III-1 Potentiel d'hydrogène :.....	93
III-2 Température :	94
III-3 Turbidité :.....	94
III-4 Conductivité électrique :.....	96
III-5 Titre d'alcalinité complète :	98
III-6 Dureté totale :.....	99
III-7 Calcium :.....	101
III-8 Magnésium :.....	102
III-9 Les chlorures :.....	103
III-10 Bicarbonates :.....	104
III-11 Matière organique :.....	105
III-12 Résidu sec à 105°C :.....	105
III-13 Matières en suspension :.....	106
III-14 Nitrite :.....	107
III-15 Ammonium :.....	107
III-16 Nitrate :	107
III-17 Phosphate :.....	109
III-18 Sulfates :.....	110
III-19 Aluminium :.....	110
III-20 Sodium :.....	111
III-21 Potassium:.....	112
IV- Conclusion :.....	112

Conclusion générale.

Listes des figures :

CHAPITRE I

Figure I 1:Le cycle de l'eau.....	6
Figure I 2: Changement de l'état de l'eau à l'atmosphère.....	7
Figure I 3: Echelle de pH	9
Figure I 4: Echelle de dureté.....	10

CHAPITRE II

Figure II 1: Photo satellitaire de barrage KOUDIAT ACERDOUNE.....	14
Figure II 2: Photo de la retenue du barrage KOUDIAT ACERDOUNE.	16
Figure II 3: Carte de délimitation de la retenue de barrage KOUDIAT ACERDOUNE- wilaya de Bouira.....	16
Figure II.4 : Digue et le plan d'eau de barrage KOUDIAT ACERDOUNE.....	16
Figure II 5: Carte géographique de localisation de la station de traitement KOUDIAT ACERDOUNE.	17
Figure II 6: Photo satellitaire de la station de traitement KOUDIAT ACERDOUNE.....	17
Figure II 7: Plan en 2D de la station de traitement KOUDIAT ACERDOUNE	19

CHAPITRE III

Figure III 1:Schéma représentant le process général d'une station de traitement.....	23
Figure III 2: Schéma représentant un ouvrage d'entrée d'eau brute.	25
Figure III-3: Equipements et instruments impliqués à l'ouvrage d'entrée.....	26
Figure III- 4: Les sondes et les transmetteurs impliqués sur l'ouvrage d'entré.	27
Figure III 5: Schéma général de principe de clarification.	29
Figure III 6: Moteur agitateur zone de coagulation	30
Figure III 7: Moteur agitateur et chambre de mélange zone de floculation.	31
Figure III 8: Moteur et tête de l'agitateur de décantation et le racleur avec les lames.	33
Figure III 9: L'ouvrage de décantation lamellaire.	33
Figure III 10: Tailles des particules et types des filtration demandés.....	35
Figure III 11: L'ouvrage de filtration sur sable (2cellules/ AQUAZUR V).....	36
Figure III-12: Schéma représentant le principe de filtration sur sable.....	36
Figure III 13: Schéma de dalle en béton et buselurs.....	37
Figure III 14: Schéma général de filtration sur sable.	39

Figure III 15: Le filtre en lavage à l'eau et l'air.....	41
Figure III 16: Schéma représentant la filière de stockage d'eau traitée.	42
Figure III 17: Plan en AutoCAD d'ouvrage et des vannes murales de réservoir d'eau traitée. .	43
Figure IV 1: Un flocculateur.....	45
Figure IV 2: Simulation de jar-test au niveau de laboratoire par un flocculateur.	47
Figure IV 3: Un pH-mètre.....	49
Figure IV 4: Un turbidimètre.....	50
Figure IV-5: Un conductimètre.....	51
Figure IV-6: Titration pour la préparation de solution en chlore concentrée.....	53
Figure IV 7:Simulation de la demande en chlore par 10 flacons de 1L au niveau de laboratoire.....	54
Figure IV 8: Obtenir la valeur de pH avant la titration par le HCL	56
Figure IV 9: La valeur de pH après la titration par HCl	56
Figure IV 10: Virage coloré vers le rose après l'ajout du noir ériochrome.	58
Figure IV-11: Virage coloré vers le bleu après la titration par l'EDTA (dosage de TH).....	59
Figure IV-12: Virage coloré vers le rose après l'ajout de murexide.....	60
Figure IV-13: Titration par l'EDTA (Dosage de Ca^{2+})	61
Figure IV 14: Virage coloré vers le jaune par l'ajout de chromate de potassium.....	62
Figure IV 15: Image représentant la titration par $AgNO_3$ (dosage des chlorures).	62
Figure IV-16: Les fioles des échantillons et l'ébullition par la plaque chauffante (expérience de MO).	64
Figure IV 17: Virage coloré vers le rose pâle après la titration par $KMnO_4$	64
Figure IV 18: Etuve de séchage et disque de filtration en fibre verre.	66
CHAPITRE V:	
Figure V- 1: Variation de pH avant et après le traitement.....	93
Figure V- 2: Variation de température avant et après le traitement	94
Figure V- 3: Variation de turbidité avant et pendant et après le traitement.....	95
Figure V- 4: Variation de conductivité avant ,pendant et après le traitement.....	97
Figure V- 5: Variation de titre d'alcalinité complète avant et après le traitement.	98
Figure V- 6: Variation de dureté avant et après le traitement.....	99
Figure V- 7: Variation de calcium avant et après le traitement.....	101

Figure V- 8: Variation de magnésium avant et après le traitement.	102
Figure V- 9: Variation des chlorures avant et après le traitement.	103
Figure V- 10: Variation des bicarbonates avant et après le traitement.	104
Figure V- 11: Variation des matières organiques avant et après le traitement.	105
Figure V- 12: Variation des RS à 105°C avant et après le traitement.	106
Figure V- 13: Variation des matières en suspension avant et après le traitement.	106
Figure V- 14: Variation de nitrite avant et après le traitement.	107
Figure V- 15: Variation d'ammonium avant et après le traitement	108
Figure V- 16: Variation des nitrates avant et après le traitement.....	109
Figure V- 17: Cycle azoté	109
Figure V- 18: Variation de phosphate avant et après le traitement.	110
Figure V- 19: Variation des sulfates avant et après le traitement.	110
Figure V- 20: Variation d'aluminium avant et après le traitement.	111
Figure V- 21: Variation de sodium avant et après le traitement.	112
Figure V- 22: Variation de potassium avant et après le traitement	112

Liste des tableaux :

CHAPITRE II:

Tableau I- 1: La norme algérienne des eaux potables.....	11
Tableau I- 2: Les caractéristiques de barrage.....	15

CHAPITRE IV:

Tableau IV- 1: Résultats de test de jar-test.....	48
Tableau IV- 2: La comparaison de TAC entre l'eau brute et l'eau traitée (29/02/2024)	57
Tableau IV- 3: La comparaison de TH entre l'eau brute et l'eau traitée (29/02/2024).	59

CHAPITRE V:

Tableau V- 1: L'analyse complète des eaux brutes et traitées effectuée le 03/03/2024.	87
Tableau V- 2: La balance ionique des eaux brutes (03/03/2024).....	87
Tableau V- 3: La balance ionique des eaux traitées (03/03/2024).....	88
Tableau V- 4: Les titres des eaux (03/03/2024).....	88
Tableau V- 5: L'analyse complète des eaux brutes et traitées (effectue 04/04/2024).....	89
Tableau V- 6: La balance ionique des eaux brutes (04/04/2024).	89
Tableau V- 7: La balance ionique des eaux traitées (04/04/2024).	90
Tableau V- 8: Les titres des eaux (04/04/2024).	90
Tableau V- 9: L'analyse complète des eaux brutes et traitées effectuée le 07/05/2024.	91
Tableau V- 10: La balance ionique des eaux brutes (07/05/2024)	91
Tableau V- 11: La balance ionique des eaux traitées (07/05/2024).	92
Tableau V- 12: Les titres des eaux (07/05/2024).	92
Tableau V- 13: Variation de la turbidité avant et après le traitement pendant la période d'étude.....	95
Tableau V- 14: La variation de CE avant et après le traitement.	97

List des abréviations :

UPKA : Unité de production Koudiat Acerdoune.
H₂O : L'eau.
OMS : Organisation mondiale de la santé.
T° : Température.
T : Le temps.
MES : Matières en suspension.
RS : Résidu sec.
MO : Matières organiques.
Ca²⁺ : Calcium.
Mg²⁺ : Magnésium.
pH : Potentiel hydrogène.
CE : Conductivité électrique.
O₂ : L'oxygène.
NTU : Néphélométrie Turbidity Unit.
CO₂ : Le dioxyde de carbone.
Fe : Fer.
BCR: Béton compacté en rouleau.
DPD : diéthyl-p-phénylènediamine
SO₄⁽⁻²⁾ : Sulfates.
Cl₂ : Chlore gazeux.
Cl⁻ : Chlorures.
K₂CrO₄ : Chromate de potassium.
AgNO₃ : Nitrate d'argent.
TH : Dureté totale.
TA : Titre d'alcalimétrique.
TAC : Titre d'alcalimétrique complet.
CO₃ : Carbonate.
OH⁻ : L'ion hydroxyde.
NO₂⁻ : Nitrite.
NH₄⁺ : Ammonium.
EB : Eau brute.
ET : Eau traitée.
ED: Eau décantée.
EF: Eau filtrée.
NO₃⁻ : Nitrite.
PO₄³⁻ : Phosphates.
Na⁺ : Potassium.
K⁺ : Sodium.
HCO₃⁻ : Bicarbonates.
Mn²⁺ : Manganèse.
Al³⁺ : Aluminium.
EDTA : Acide éthylène-Diamine-Tétra-Acétique.
NaOH : Hydroxyde de sodium.
CAP : Charbon actif en poudre.
AEP : Alimentation en eau potable.
HCl : Acide chlorhydrique.
H₂SO₄ : Acide sulfuriques.
DBO : Demande biologique en oxygène.
UV : Ultra-violet.
IB : La balance ionique.

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale :

Etant donné que l'eau est primordiale à la vie, l'homme se trouve confronté à des problèmes cruciaux qui sont en relation avec sa demande permanente en eau.

Pour garantir une eau potable nous devons procéder à l'évaluation des performances de son traitement.

Les eaux de surface sont souvent soumises aux facteurs de contamination tels que les déchets urbains, industriels et agricoles, et sans oublier les agents pathogènes qui sont en général des micro-organismes animaux ou végétaux et de là il est urgent de mettre en œuvre des systèmes de traitement efficace pour éliminer ces contaminants afin de fournir une eau saine et potable pour la consommation humaine.

Ces dernières années un autre facteur préoccupant menace la planète, il s'agit de la sécheresse. Chaque étape exige des analyses approfondies depuis l'entrée de l'eau brute à la sortie de l'eau traitée, ces traitements approfondis éliminent tout ce qui est produits chimiques, organiques et micro-organismes pathogènes:

- La réduction des contaminants tels que les matières en suspension, les produits chimiques et organiques et les micro-organismes pathogènes

- La mesure de la turbidité, du pH ainsi que d'autres caractéristiques physico-chimiques de l'eau traitée.

Pour garantir la conformité aux normes réglementaires de l'eau, il est nécessaire de procéder à une surveillance continue avec des tests réguliers, l'état et ses annexes de gestion jouent un rôle important dans la surveillance de cette évaluation.

Pour que les traitements soient efficaces au niveau des stations, les analyses doivent être rigoureuses et bien effectuées et cela assure la sécurité et la propreté de l'eau.

CHAPITRE I :

Généralités sur les

eaux

CHAPITRE I : Généralités sur les eaux

I.1 Introduction :

L'eau c'est la vie, aujourd'hui en effet les besoins en eau dans notre vie quotidienne et dans le développement industriel et agricole sont de plus en plus importants.

L'eau est considérée comme étant une ressource essentielle et indispensable à la vie humaine, c'est pourquoi le droit pour chaque être humain de disposer de l'eau pour son usage personnel et domestique en qualité suffisante et de qualité acceptable a été reconnu comme droit fondamental par les nations unies en 2002.

L'eau est capitale pour notre organisme, elle apporte les aliments nécessaires à notre corps. Elle intervient dans le maintien constant de notre température corporelle et participe d'une manière efficace au rejet des déchets.

Nous devons veiller à sa bonne gestion qui s'articule autour de certains points qui sont :

- La fourniture d'eau potable dans les villes, villages, campagnes et même à des extension péri-urbaines telles que les bidonvilles.
- Procéder à l'assainissement et au traitement des eaux usées qui sont des conditions nécessaires pour prévenir les maladies d'origine hydrique.
- Procéder à la prévention des pollutions d'origine domestique, agricole ou industrielle.
- Veiller à l'approvisionnement en eau pour les industries et pour l'agriculture qui fournissent les énergies et les aliments nécessaires aux populations.
- Maintenir les activités aquatiques tels que le transport fluvial important pour la pêche professionnel, baignade et pêche de loisir.

I.2 Définition de l'eau:

L'eau est une substance chimique souvent liquide mais peut être solide ou gazeuse dans certains cas, elle est inodore, incolore, insipide, sa formule chimique est H_2O et c'est un excellent solvant [1].

I.3 Composition de H_2O :

Si elle est de formule chimique H_2O dans la nature sa composition chimique varie d'une région à l'autre comme elle varie d'une saison à l'autre, sa composition dépend de plusieurs paramètres comme la solubilité des sels minéraux constituant le type du sol dans lequel elle s'y trouve ($MgCO_3$, $CaCO_3$, $CaSO_4$, $NaCl$).

II.1 -Espèces inorganiques :

II-1-1 Constituants majeurs :

Sont essentiellement des sels minéraux tels que :

- Carbonates de sodium (Na_2CO_3)
- Bicarbonates de sodium ($NaHCO_3$)
- Sulfates de fer ($FeSO_4$).
- Silicates de magnésium (Mg_2SiO_4).

CHAPITRE I : Généralités sur les eaux

-Chlorures de sodium (NaCl).

II-1-2 Eléments traces métalliques :

Rarement présents dans l'eau mais sont apportés par les divers rejets. La dose dangereuse est difficile à fixer, la toxicité est surtout d'origine cumulative.

Les principaux métaux lourds sont : argent, cadmium, cuivre, mercure, nickel, plomb, zinc.....etc.

II-2-Matières organiques :

II-2-1 Matières organiques dissoutes :

Dans les systèmes aquatiques, les matières organiques sont très abondantes, leurs teneurs diffèrent de la profondeur et du type de l'eau ; la concentration de l'eau de mer de surface est plus élevée que la concentration de l'eau en profondeur. Elles proviennent de la transformation des déchets végétaux et animaux.

Le carbone organique participe d'une manière importante dans le cycle du carbone et de la chaîne alimentaire et il intervient dans les échanges gazeux des êtres vivants par le biais de la photosynthèse et de la respiration.

II-2-2 Matières organiques particulières :

La plupart d'elles sont d'origine biologique, ce sont des matières en émulsion ou en suspension les plus petites matières qui les composent sont en général des bactéries et des débris organiques et inorganiques fins [2].

III-Origines et différents types des eaux :

Selon le mode de gisement, les origines principales de l'eau sont :

-Les eaux superficielles (les eaux des mers, des océans, des lacs, des étangs et des oueds)

-Les eaux souterraines (telles que les eaux des nappes).

Et selon la composition et l'origine nous distinguons :

- Les eaux potables
- Les eaux naturelles.
- Les eaux douces.
- Les eaux dures.
- Les eaux potables.
- Les eaux marais.
- Les eaux saumâtres.
- Les eaux salées.
- Les eaux souterraines.

IV Cycle de l'eau :

IV-1 Définition :

Le cycle de l'eau représente une circulation continue de ses molécules dans l'hydrosphère. Le soleil fait évaporer l'eau de la surface de la terre en petites gouttelettes, dans l'air elles se regroupent pour former des nuages et au contact de l'air froid elles se transforment en pluie, une fois sur le sol cette eau forme les sources, les rivières, les fleuves et les nappes phréatiques, pour recommencer sans fin le même voyage [4].

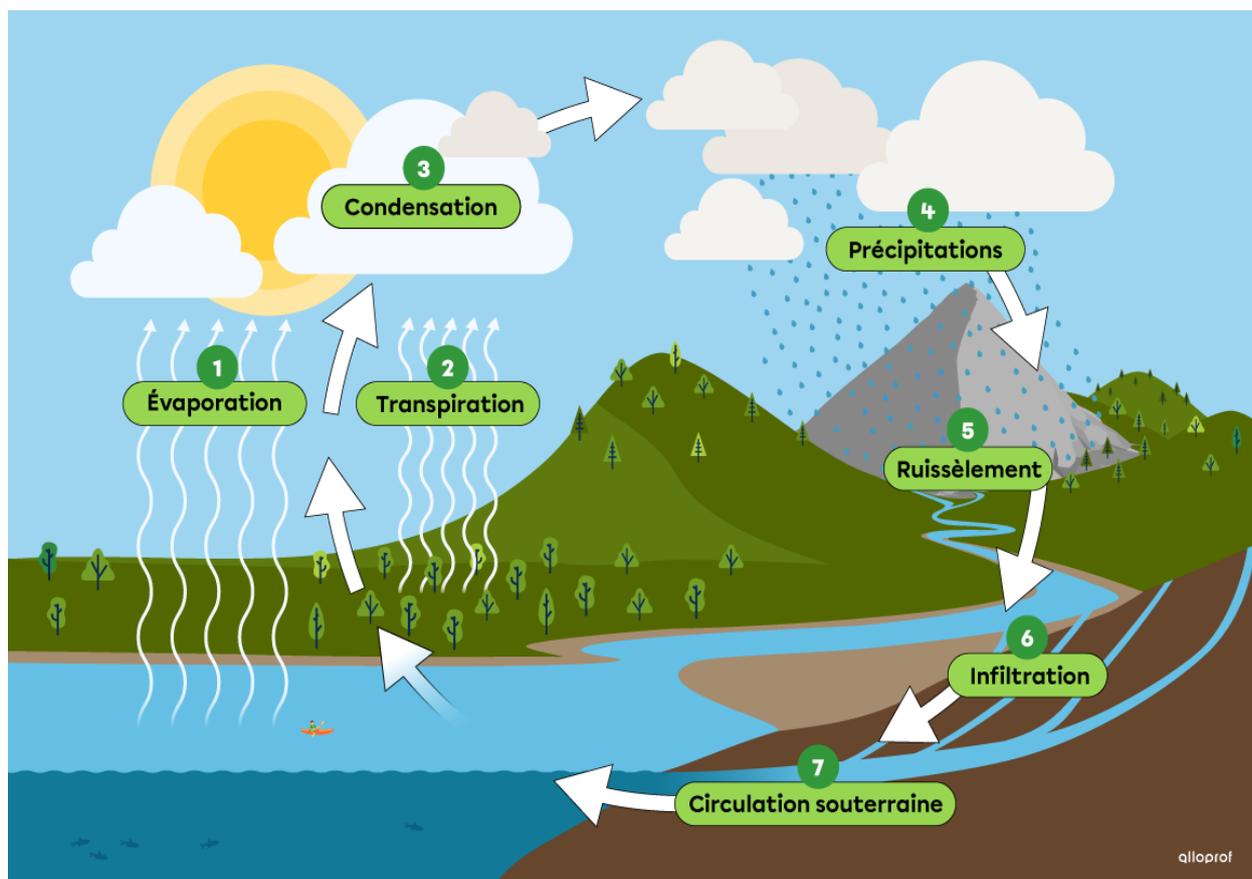


Figure I 1:Le cycle de l'eau.

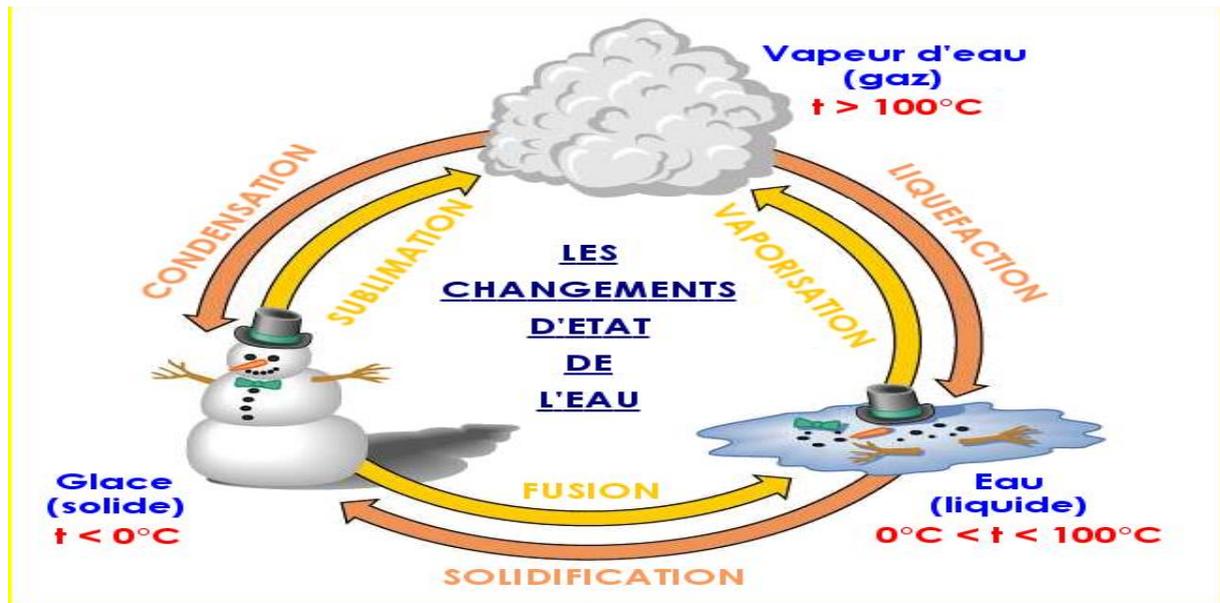


Figure I 2: Changement de l'état de l'eau à l'atmosphère.

IV-2 Les étapes du cycle de l'eau :

IV-2-1 L'évaporation :

Passage de l'état liquide à l'état gazeux sous l'effet de la chaleur.

IV-2-2 La transpiration :

C'est l'évacuation de l'eau sous forme de gaz à partir des végétaux et des animaux (plus importante chez les végétaux).

IV-2-3 La condensation :

Transformation de l'état gazeux à l'état liquide ou à l'état solide dans l'atmosphère.

IV-2-4 Les précipitations :

C'est l'apport d'eau liquide ou solide au sol en provenance des nuages.

IV-2-5 Le ruissèlement :

Le ruissèlement est l'écoulement de l'eau liquide à la surface du sol.

IV-2-6 L'infiltration :

L'infiltration est le processus par lequel l'eau liquide pénètre dans le sol.

IV-2-7 La circulation souterraine :

La circulation souterraine est le déplacement de l'eau sous la surface de la terre.

[04]

V- Paramètres caractéristiques de la qualité des eaux :

L'objectif de l'étude de la qualité de l'eau est de saisir les propriétés chimiques, physiques et biologiques d'un échantillon d'eau pour évaluer sa sécurité pour la consommation, la nage ou le soutien d'un écosystème.

Certains critères essentiels (incolore, inodore, insipide...etc.) sont appréciés par le consommateur pour déterminer la qualité de l'eau potable. Ces critères ne sont pas généralisés car l'Organisation mondiale de la santé a établi des normes internationales pour l'eau de consommation.

V-1 Propriétés organoleptiques :

V-1-1 La couleur :

La clarté et l'incolorité de l'eau sont les premiers indices de problèmes de qualité. Dans les milieux naturels, la teinte de l'eau peut varier considérablement, avec des quantités plus légères qui semblent incolores et plus profondes au fur et à mesure que l'échantillon s'épaissit en raison des interactions avec la lumière et les molécules d'eau.

V-1-2 Gout et odeur :

Les eaux potables doivent avoir un gout et un odeur désagréables.

Le gout et l'odeur sont purement subjectifs.

V-1-3 Turbidité :

C'est la concentration des particules en suspension qui la trouble, la mesure de la turbidité est le NTU (turbidité céphalométrique) [5].

CHAPITRE I : Généralités sur les eaux

V-2 Paramètres physico-chimiques :

V-2-1 Température :

La température rafraichissante ne doit pas dépasser 15°C.

Au-dessus de cette température : il y a croissance d'algues et de micro-organismes et en se décomposant, ils provoquent des goûts et des odeurs désagréables et ces croissances entraînent une augmentation de couleur et de la turbidité.

V-2-2 Potentiel d'hydrogène :

Activités des ions H^+ dans une eau :

- pH = 7 (neutre)
- pH < 7 (acide)
- pH > 7 (basique)

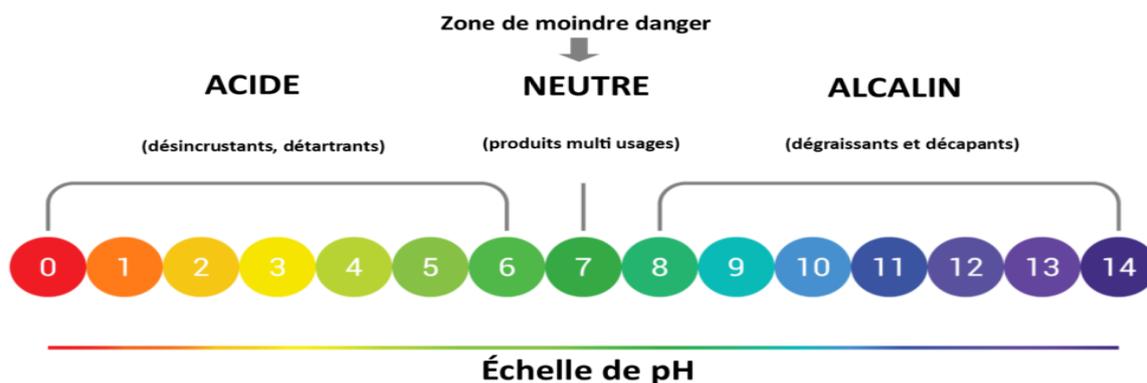


Figure I 3: Echelle de pH

V-2-3 Salinité :

La salinité est exprimée en mg/l, elle correspond à la somme des cations et des anions présents dans l'eau.

V-2-4 Résidus secs à 180°C :

Ils sont obtenus après l'évaporation, ils représentent les matières dissoutes ou en suspension d'une eau.

V-2-5 La dureté ou titre hydrotimétrique :

Une eau est dite dure lorsque son titre hydrotimétrique (TH) mesure le calcium et magnésium dans l'eau, il est supérieur à 50°F (1°F : degré français correspond à 10 mg de calcaire par litre).

$$1^{\circ}F = 10\text{mgCaCO}_3/\text{l.}$$

CHAPITRE I : Généralités sur les eaux

Par opposition une eau est dite douce lorsqu'elle contient peu de calcaire.

<i>0 à 10°F</i> <i>Eau très douce</i>	<i>10°F à 30°F</i> <i>Eau douce</i>	<i>30°F à 50°F</i> <i>Eau plutôt dure</i>	<i>+ de 50°F</i> <i>Eau dure</i>
--	--	--	-------------------------------------

Figure I 4: Echelle de dureté.

V-2-6 Conductivité électrique :

Liée à la teneur des sels minéraux dissous, elle est exprimée en ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

V-2-7 Alcalinité :

Elle correspond à la présence des carbonates et les hydroxydes.

V-2-8 Titre alcalimétrique et titre alcalimétrique complet :

Le TA permet de déterminer la concentration en hydroxydes et seulement la moitié de celle en carbonates.

Le TAC détermine de la concentration en hydrogénocarbonates.

V-2-9 Les chlorures :

Ses teneurs sont liées à la nature des terrains traversés. La norme pour l'eau potable est une teneur en « chlore libre résiduel limité » à 0.1 mg/litre d'eau.

V-2-10 Autres principaux éléments présents dans l'eau :

En plus du chlorure présent dans l'eau, elle contient aussi d'autres éléments chimiques cations et anions [6].

V-3 Paramètres indésirables et toxiques :

V-3-1 Fer et manganèse :

La plupart des eaux les renferment et sont souvent associés, ce qui entraîne des résultats similaires : formation de dépôts, odeur désagréable et prolifération bactérienne bénéfique pour l'organisme, mais ils ne doivent pas dépasser certaines concentrations.

V-3-2 Métaux lourds :

Les principaux métaux lourds sont : (argent, cuivre, plomb, zinc.....etc.)

Rares dans les eaux, apportés par des rejets différents. La toxicité est d'origine cumulative.

CHAPITRE I : Généralités sur les eaux

V-4 Les normes d'eau potable :

Dans ce tableau suivant, les normes d'eau potable appliquées en Algérie en comparant avec celle de l'OMS :

Tableau I- 1: La norme algérienne des eaux potables.

Paramètres	Unités	Normes algérienne	Normes OMS
pH	/	6.5-8.4	6.5-9.2
Température	C°	25	25
Conductivité	µs/cm	2800	/
Résidus sec à 180°C	mg/l	2000	1500
Turbidité	NTU	5	2
Dureté total	mg/l	500	500
Calcium	mg/l	200	/
Magnésium	mg/l	150	150
Sodium	mg/l	200	/
Potassium	mg/l	20	/
Sulfate	mg/l	400	250
Chlorure	mg/l	500	250
Nitrate	mg/l	50	50
Nitrite	mg/l	0.1	0.1
Aluminium	mg/l	0.2	0.2
Phosphate	mg/l	0.5	0.5
Ammonium	mg/l	0.5	/
Matière organique	mg/l	3	/
Métaux lourds	mg/l	0.3	/
Fer	mg/l	0.3	0.3
Manganèse	mg/l	0.5	0.1

V-5 Les paramètres microbiologiques :

Sont des paramètres qui ont pour but la recherche, la détermination et même le dénombrement des microorganismes vivants. (Bactéries, virus, parasites responsables des épidémies) Voici quelques-uns des paramètres bactériologiques couramment mesurés dans l'eau :

V-5-1 Les coliformes totaux :

Sont des bactéries intestinales présentes chez les humains et les animaux. Leur présence contamine l'eau et ce sont des indicateurs de pollution fécale causant des maladies hydriques.

V-5-2 Les coliformes fécaux :

Représentées par les bactéries E. coli, font parties d'un sous-groupe des coliformes totaux

V-5-3 Les streptocoques fécaux :

En général Les streptocoques fécaux ne sont pas très dangereux pour la santé de plus ils meurent assez rapidement dans le milieu naturel et sont de ce fait plus difficiles à détecter que d'autres organismes également présents en grand nombre dans l'intestin.

La présence de ces bactéries dans l'eau indique que la contamination est d'origine fécale, dans ces cas on doit interdire la consommation de l'eau ou bien effectuer des traitements pour rendre l'eau potable.

V-6 Les paramètres concernant les pesticides et les produits apparentés :

La contamination de ces paramètres est souvent liée à l'utilisation de produits à la lutte contre les parasites, les insectes et les herbicides. A titre préventif pour la santé, Leur présence dans l'eau doit être très limitée, car à forte dose, ils sont responsables de beaucoup de maladies (cancers, infertilité masculine...etc.) [9].

VI- Conclusion :

L'eau brute (des rivières, fleuves, nappes souterraines ou obtenue à partir de l'eau de pluie) doit subir plusieurs traitements afin d'obtenir de l'eau potable. Ces traitements se font au niveau des usines privées et publiques ou dans une simple habitation à titre privé pour une consommation personnelle. Disposer d'une eau potable 24h/24 à domicile nécessite de multiples étapes pour l'acheminer et garantir sa qualité. Ce confort de vie exige un réel savoir-faire et utilise des technologies très avancées qui sont : -Captage -Dégrillage - Tamisage-Floculation-décantation -Filtration : (réalisée sur des matériaux classiques tel que sable, charbon actif) -Désinfection (chloration) -Stockage (l'eau traitée est stockée dans des réservoirs puis distribuer pour la consommation humaine).

CHAPITRE II :

Présentation du lieu d'étude

CHAPITRE II : Présentation du lieu d'étude

I- Présentation du barrage Koudiet acerdoune :

Koudiet Acerdoune est un barrage de poids situé sur l'oued Isser, sur la commune de Maala, dans la wilaya de Bouira en Algérie. Le barrage se situe à l'extrémité d'un bassin versant de 2790 km² de superficie.

La construction du barrage de Koudiet Acerdoune a été réalisée entre 2002 et 2008 par la société française Razel-Bec. Il est le deuxième plus grand barrage en Algérie, après celui de Beni Haroun (wilaya de Mila), avec une capacité de 640 millions de m³. En février 2010, un système d'alimentation en eau a été mis en service officiellement.

Le barrage présente une grande complexité en raison du terrain sur lequel il est construit, qui est très sensible aux glissements et aux ravinements. Les plans de construction étaient si compliqués qu'il a fallu utiliser la modélisation 3D pour aider le personnel sur place à les comprendre. Une autre particularité de ce barrage impressionnant est qu'il a été réalisé en « béton compacté au rouleau ». Ce matériau offre l'avantage d'être extrêmement robuste, durable et respectueux de l'environnement [10].

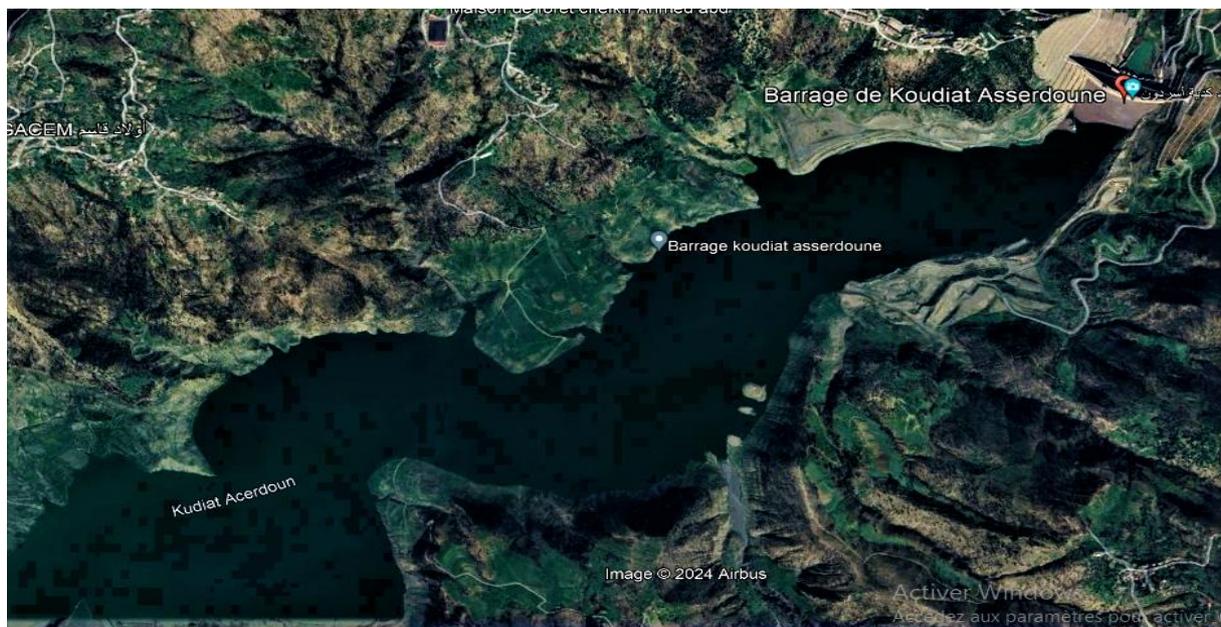


Figure II 1: Photo satellitaire de barrage KOUDIAT ACERDOUNE.

I-1 Description :

Le barrage de KOUDIAT ACERDOUNE est construit en béton, sa hauteur est de 121 mètres, sa longueur est de 425 mètres de crête et l'épaisseur de la crête atteint les 8 mètres.

I-2 Climatologie de la région :

On qualifie le climat de Lakhdaria de tempéré chaud.

L'hiver à Lakhdaria est marqué par une pluviométrie beaucoup plus élevée que l'été.

CHAPITRE II : Présentation du lieu d'étude

La température moyenne annuelle à Lakhdaria est de 17°C. En moyenne, il tombe en moyenne 711 mm de pluie chaque année.

Tableau I- 2: Les caractéristiques de barrage

Géographique

Pays	Algérie
Wilaya	Bouira
Commune	Maala
Cours d'eau	Oued Isser

Objectifs et impacts

Vocation	Potable et irrigation
Propriétaire	Agence national des barrages et transport
Date de début des travaux	2002
Date de fin des travaux	2008
Date de mise en service	2009

Barrage

Type	En poids
Hauteur	121 m
Longueur en crête	492 m
Epaisseur en crête	8 m
Epaisseur à la base	102 m

Le réservoir

Volume	640 millions m ³
Longueur	3 Km
Alimentation en eau	170 millions m ³ /an
La surface du plan d'eau	2074 Ha

CHAPITRE II : Présentation du lieu d'étude



Figure II 2: Photo de la retenue du barrage KOUDIAT ACERDOUNE.

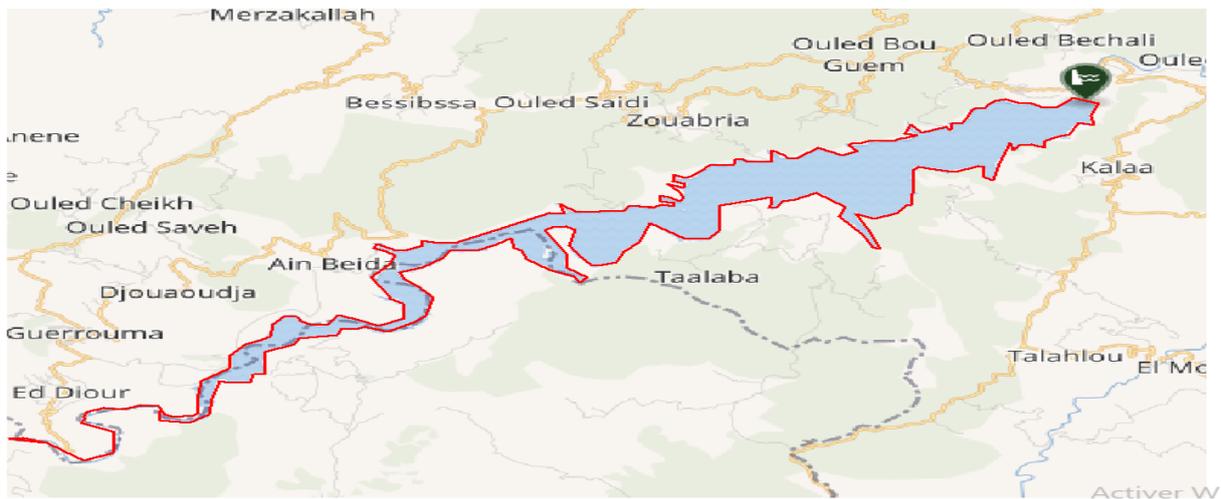


Figure II 3: Carte de délimitation de la retenue de barrage KOUDIAT ACERDOUNE- wilaya de Bouira.



Figure II.4 : Digue et le plan d'eau de barrage KOUDIAT ACERDOUNE.

CHAPITRE II : Présentation du lieu d'étude

II-Présentation de la station de traitement Koudiet acerdoune :

Le système hydraulique de koudiet acerdoune est un projet structurant majeur, destiné à l'alimentation en eau potable, opérationnel depuis mars 2010.

La station de traitement KOUDIAT ACERDOUNE produisant de l'eau potable est située au niveau de la commune de Djabahia (W. de Bouira), elle se situe à 17 Km du barrage qui l'alimente par une conduite de 1800 mm et atteignant une longueur d'environ 15 Km.



Figure II 5: Carte géographique de localisation de la station de traitement KOUDIAT ACERDOUNE.

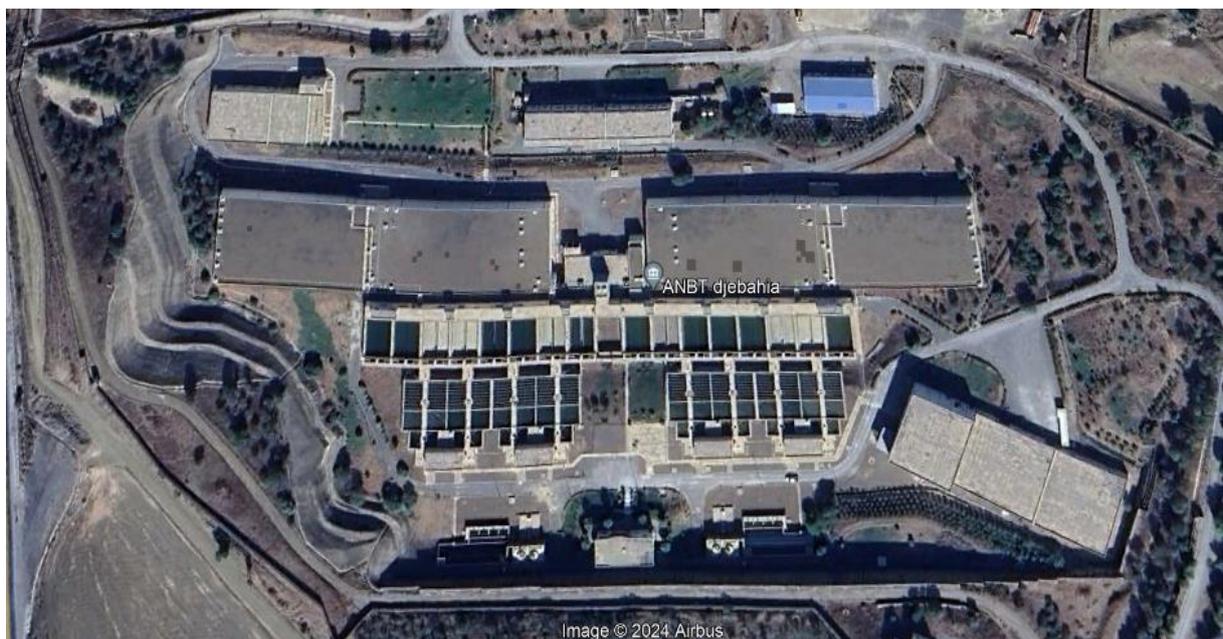


Figure II 6: Photo satellitaire de la station de traitement KOUDIAT ACERDOUNE.

CHAPITRE II : Présentation du lieu d'étude

II-1 Capacité de la station :

La capacité maximale de la station de traitement d'eau de Koudiat acerdoune est de 17300 m³/h qui correspond à un travail journalier de 346000 m³/20h.

La station contient 2 filières identiques indépendantes opérant en parallèle, chaque filière est dotée d'un ensemble d'ouvrages qu'on décrira brièvement ci-après:

A) - Ouvrage d'entrée :

La station reçoit un débit d'eau brute maximale horaire de **8650 m³/h/filière**.

Filière1 $Q_1=8650 \text{ m}^3/\text{h}$.

Filière2 $Q_2=8650 \text{ m}^3/\text{h}$.

Station $Q_t = 17300 \text{ m}^3/\text{h}$.

B) - 4 Clarificateurs (Coagulation, floculation, décantation) de type DESENDEG :

Les clarificateurs du 1ère filière : **A1, B1, C1, D1**.

Les clarificateurs du 2ème filière : **A2, B2, C2, D2**.

C) -8 filtres à sable de type AQUAZUR V :

Le débit unitaire par filtre est de **1059.6 m³/h**.

Les filtres de 1ère filière : **A1, B1, C1, D1, G1, E1, F1, H1**.

Les filtres de 2ème filière : **A2, B2, C2, D2, G2, E2, F2, H2**.

D) – 2 Réservoirs de stockage d'eau traitée :

La station est équipée de 2 réservoirs, chaque réservoir a une capacité de **26000 m³**.
Donc la capacité de stockage totale d'eau traitée de la station est de

$V \text{ (eau traitée)} = 52000 \text{ m}^3$.



Figure II 7: Plan en 2D de la station de traitement KOUDIAT ACERDOUNE

IV- Distribution :

Le système hydraulique koudiet acerdoune a satisfait en eau près d'un million et demi d'habitants des wilayas du centre du pays. Mis en service depuis 2010, il alimente huit communes du sud-ouest et du nord-ouest de la wilaya de Bouira.

CHAPITRE II : Présentation du lieu d'étude

Ce barrage est classé le deuxième plus grand d'Algérie avec une capacité de 640 millions de mètres cubes. Le système se répartit en 3 grands axes de distribution, il alimente environ 1,5 millions d'habitants des 4 wilayas (Bouira, Tizi Ouzou, Médéa, M'sila).

-Le premier transfert se situant sur l'axe Lakhdaria, Dra El Mizane, Boghni et Ouadhia d'une longueur de 34 km alimente une population d'environ 320 000 habitants.

-Le deuxième transfert se situant sur l'axe de Ain-Bessam, Ain-Lahdjar, Ain- Aloui, Sour el-Ghouzlane et Raouraoua (Bouira), Sidi- Aissa, Ain-Lahdjal (M'sila) d'une longueur de 34 km, alimente environ 320000 habitants bénéficiant d'un transfert linéaire de 4,5km.

-Le troisième transfert comprenant les centres urbains situés sur les axes Koudiet Acerdoune, Tablat, Seriet, Guelb Lakbir, El Azzazia, Béni Slimane, El Omaria, Sidi Naamane, Berrouaghia, Ksar el Boukhari et Bouguezoul qui est d'une longueur de 194km, alimente pas moins de 750 000 habitants.

V- Conclusion :

L'objectif de ce chapitre est de présenter la source d'eau brute (barrage Koudiat acerdoune), sa description, sa capacité et sa climatologie ainsi que la présentation de la station de traitement de Koudiat acerdoune (UPKA), sa localisation géographique et sa capacité de production et de stockage d'eau traitée.

CHAPITRE III :

Les procédés de traitement des eaux de barrage

CHAPITRE III : Les procédés de traitement des eaux de barrage

I-Introduction :

Le traitement des eaux de surface issues de diverses sources (rivières, lacs et autres réservoirs) est essentiel pour :

- fournir de l'eau potable propre à la consommation humaine et à d'autres usages.
- préserver l'environnement ; en éliminant toute pollution et contamination.

Dans cette introduction, nous mettrons en évidence les méthodes principales de traitement des eaux de surface tout en introduisant :

- leur importance.
- leurs buts.
- leurs approches.

1/ leur importance: Les communautés bénéficient d'une eau potable grâce au traitement des eaux de surface, ce qui permet de soutenir l'agriculture, l'industrie, les écosystèmes aquatiques et la navigation. Cependant, elle est souvent contaminée par différents polluants tels que les produits chimiques, les micro-organismes pathogènes et les nutriments. La gestion des eaux superficielles a l'objectif est de garantir la protection de la santé publique, la préservation de l'environnement et la durabilité des ressources en eau.

2/ leur buts : Il s'agit de retirer ou de diminuer les substances contaminants présentes dans l'eau afin de la rendre conforme aux normes de qualité, tout en diminuant les matières en suspension, en éliminant les micro-organismes pathogènes, en désinfectant, en neutralisant les produits chimiques toxiques, en réduisant la turbidité et en améliorant la clarté et le goût de l'eau.

3/ Les procédés principaux de traitement : englobent plusieurs étapes fréquemment combinées, telles que le prétraitement, la coagulation-floculation, la décantation, la filtration, la désinfection et le post-traitement. Chaque étape a pour objectif d'éliminer différents types de contaminants.

En ce qui concerne les techniques de désinfection, leur objectif principal est de supprimer les micro-organismes et de diminuer le risque de maladies hydriques. Les méthodes les plus courantes incluent l'utilisation du chlore, de l'ozone, des UV et des chloramines.

En résumé, afin d'assurer la qualité de l'eau potable et de préserver les écosystèmes aquatiques et l'environnement, ces méthodes de traitement des eaux de surface jouent un rôle essentiel dans la préservation de la santé commune.

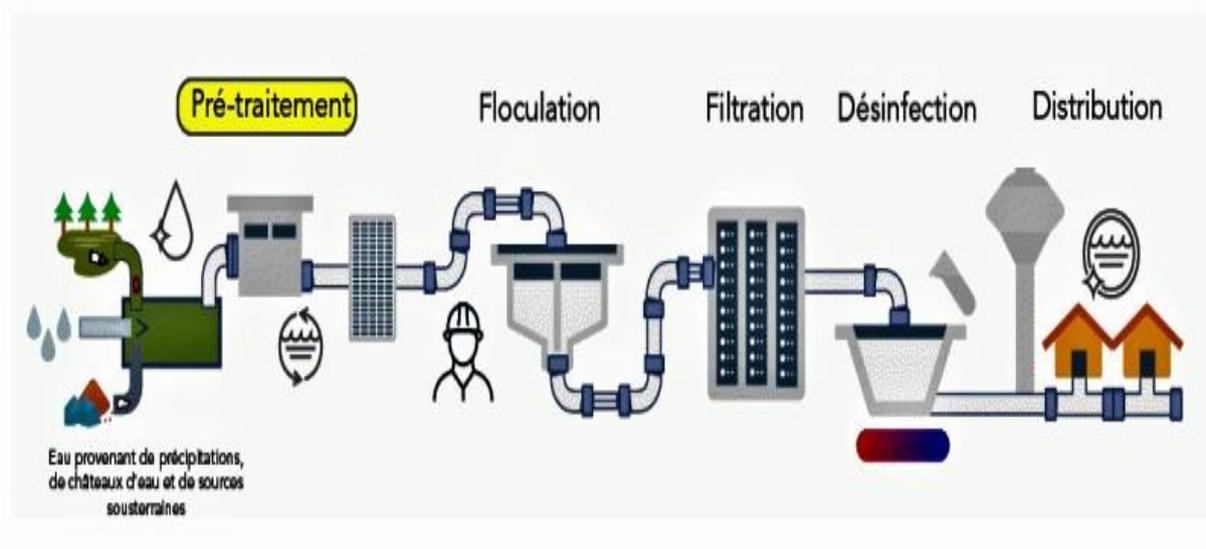


Figure III 1:Schéma représentant le process général d'une station de traitement

II- Principe de fonctionnement et différents ouvrages de la station de traitement:

L'unité de production de l'eau potable UPKA, se situant à Djabahia est dotée de 2 filières lamellaires de traitement des eaux potables, le débit est réparti sur certains ouvrages dans le but d'améliorer le bon fonctionnement de la station.

Chaque filière se compose comme suit :

- L'arrivée d'eau brute à la station avec la mesure de débit et la dissipation par la brise de charge.
- L'aération de l'eau brute par une cascade.
- Le mélange hydraulique de réactifs avec :
 - ❖ Addition de chlore pour l'étape de pré-chloration au niveau de la cascade d'aération
 - ❖ Permanganate de potassium
 - ❖ Acide sulfurique et soude caustique pour la correction du pH d'eau brute à l'entrée de la station.
 - ❖ Charbon actif en poudre (CAP) pour l'absorption des goûts et des odeurs de l'eau de barrage.
- Répartition du débit vers chaque décanteur Densadeg avec addition :
 - ❖ De sulfate d'alumine dans la chambre de mélange à l'entrée de chaque décanteur avec une agitation rapide (la coagulation).
 - ❖ Le polymère au bassin de floculation (comme un floculant) avec une agitation lente (pour éviter les cassures de la chaîne des floes).
- Clarificateurs dans 4 décanteurs lamellaires pour la floculation et la décantation des matières coagulées.

CHAPITRE III : Les procédés de traitement des eaux de barrage

- La post-coagulation avec l'injection de sulfate d'alumine par un mélangeur mécanique à la sortie de chaque décanteur pour la neutralisation du polymère résiduel.
- La filtration sur 8 filtres à sable gravitaires type AQUAZUR V à débit et à niveau constant.
- Le stockage de l'eau filtrée dans un réservoir, précédé d'une cuve de contact pour une désinfection finale au chlore (post-chloration).

II-1 Ouvrage d'entrée d'eau brute :

La station de traitement reçoit son eau brute d'alimentation du barrage Koudiet Acerdoune par une canalisation de DN 1800 qui se divise par la suite en deux canalisations de DN1000 par filière.

Cet ouvrage a un débit horaire de l'ordre de **8650 m³/h/filière** donc le débit horaire total est de 17300 m³/h.

L'ouvrage d'entrée comprend une chambre d'arrivée, une cascade d'aération, une chambre de mélange et une chambre de répartition.

L'injection de chlore se fait à l'amont du débitmètre de la canalisation d'amenée d'eau brute.

II-1-1 Principes généraux de fonctionnement

L'unité de production est équipée de 2 robinets brise charge au niveau d'ouvrage d'entrée, chaque robinet est équipé d'un débit mètre pour déterminer le débit d'eau entrant à la station.

Les robinets à disque ont pour objectif de ralentir la pression des eaux brutes à l'entrée de la station.

II-2 Chambre de dissipation :

La chambre d'arrivée possède un volume de 300 m³, elle assure un temps de rétention de 60 secondes au débit d'eau brute maximal de 17 300 m³/h.

Le mélange des réactifs injectés est effectué dans les trois déversoirs vers la répartition.

Pour dévier le débit excédentaire, un trop-plein est prévu après la cascade.

Des instruments installés au niveau de l'ouvrage d'entrée mesurent en permanence certains caractéristiques de l'eau brute. En utilisant des instruments installés au niveau d'ouvrage d'entrée :

- ❖ Un pH-mètre pour mesurer le pH
- ❖ Un conductimètre pour mesurer la conductivité en $\mu\text{S}/\text{cm}$.
- ❖ Un turbidimètre pour mesurer la turbidité en NTU.

II-3 Cascade d'aération :

Une cascade d'aération est installée à l'aval de la chambre d'entrée, est une méthode de traitement de l'eau qui utilise un processus d'aération pour augmenter le taux d'oxygène dissous dans l'eau. Cette technique est largement utilisée dans certaines applications de traitement de l'eau potable pour favoriser la décomposition des matières organiques, la réduction des odeurs et la stimulation de la croissance des micro-organismes bénéfiques.

Le but de cette oxygénation est :

- Pour augmenter la teneur en oxygène jusqu'à 70 % de la saturation
- Pour éliminer l'odeur et la saveur indésirables,
- Pour réduire ou même éliminer les teneurs en bioxyde de carbone,
- Pour réduire ou même éliminer les teneurs en sulfure d'hydrogène, pour oxyder le fer.

L'injection d'acide sulfurique, de chaux, de permanganate de potassium et de charbon actif en poudre s'effectue à l'aval des cascades d'aération à l'entrée du canal de liaison avec l'ouvrage de répartition.

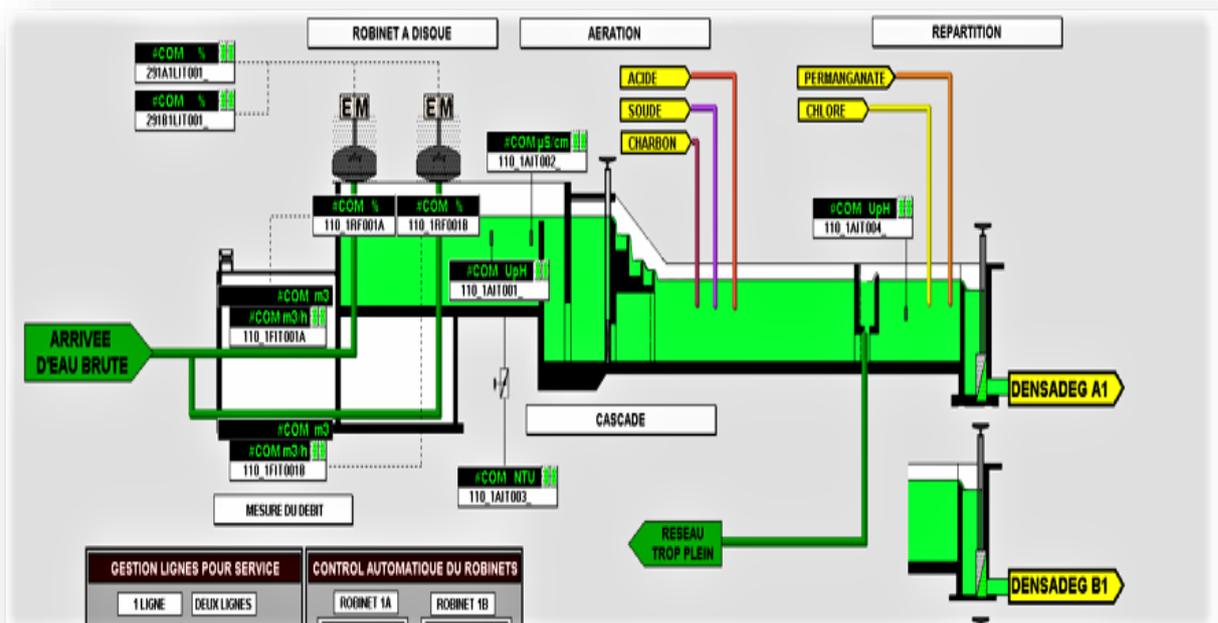


Figure III 2: Schéma représentant un ouvrage d'entrée d'eau brute.

II-3 Chambre de mélange :

Le mélange est assuré par la turbulence créée par la cascade et par l'augmentation de vitesse dans le canal de liaison.

Ensuite, l'eau pure traverse la chambre de mélange. Cet ouvrage garantit une durée de contact adéquate afin de garantir un mélange homogène des réactifs.

CHAPITRE III : Les procédés de traitement des eaux de barrage

Les réactifs remplissent les fonctions suivantes :

- Permanganate de potassium : contrôler la charge biologique.
- Charbon actif en poudre (CAP) : contrôle du goût et des odeurs.
- Acide sulfurique: correction du pH pour optimiser la coagulation (eau brute basique).
- Soude caustique: correction du pH (eau brute acide).
- Chlore : pré-chloration par l'injection de Cl_2 pour la désinfection des eaux brutes.



Figure III-3: Equipements et instruments impliqués à l'ouvrage d'entrée.

CHAPITRE III : Les procédés de traitement des eaux de barrage

Tableau III-1: Position des instruments sur la figure III-3

Indice	Description
A	Transmetteur de pH-chambre de dissipation.
B	Transmetteur de conductivité-chambre de dissipation.
C	Sonde de pH-chambre de dissipation.
D	Sonde de conductivité-chambre de dissipation.



Figure III- 4: Les sondes et les transmetteurs impliqués sur l'ouvrage d'entrée.

Tableau III 2: Position des sondes et transmetteurs sur la figure III-4

Indice	Description
E	Transmetteur de pH après cascade d'aération
F	Transmetteur de turbidité après cascade d'aération
G	Sonde de pH après cascade d'aération
H	Sonde de turbidité après cascade d'aération

Capacité de traitement :

Les ouvrages sont dimensionnés pour les débits suivants par file de traitement :

Eau brute (débit moyen sur 20h) = 138 540 m³/j.

Eau brute (débit max sur 20h) = 173 000 m³/j.

Eau traitée (débit moyen sur 20 h) = 132 860 m³/j.

Eau traitée (débit max sur 20h) = 166 080 m³/j.

[11]

III- La clarification :

L'objectif principal de la clarification de l'eau est d'éliminer divers contaminants en suspension, matières organiques et particules présentes dans l'eau. Voici une sélection des éléments clés que la clarification permet de supprimer :

Le terme "**matières en suspension**" désigne les particules solides ou colloïdales qui se trouvent dans l'eau, comme le sable, l'argile, la boue, la rouille, le limon.... L'élimination des matières en suspension permet de diminuer la turbidité de l'eau grâce à la clarification.

Il s'agit de **substances organiques** issues de débris végétaux, d'algues, de micro-organismes morts, de matières animales, et ainsi de suite. L'élimination d'une partie de ces matières organiques par la clarification permet de diminuer la demande biochimique en oxygène de l'eau (DBO).

Les colloïdes sont des particules fines qui peuvent rester en suspension dans l'eau et ne peuvent pas être éliminées simplement par filtration. L'utilisation de la clarification permet de coaguler et de flocculer ces colloïdes afin de faciliter leur élimination par sédimentation ou flux.

Même si l'objectif principal de la clarification n'est pas d'éliminer les micro-organismes, elle peut contribuer à diminuer leur concentration en éliminant une partie des matières organiques qui leur servent de nourriture et de substrat.

III-1 Principe de fonctionnement :

La station de traitement KOUDIAT ACERDOUNE dispose de 8 lignes identiques de décanteurs lamellaires de types Densadeg :

1ère filière : A1 B1 C1 D1

2ème filière : A2 B2 C2 D2.

Pour assurer non seulement la clarification de l'eau brute par capture de MES, mais aussi pour une élimination efficace des matières organiques (et des éventuels pics d'algues) et en accord avec des Prescriptions Spéciales, la décantation lamellaire à recirculation de boues a été choisie.

CHAPITRE III : Les procédés de traitement des eaux de barrage

Le contrôle et la répartition du débit vers les décanteurs sont réalisés par des déversoirs rectangulaires depuis le canal de répartition en sortie de la cascade.

La chambre de répartition est composée de quatre compartiments (1compartiment/décanteur).

Les décanteurs sont alimentés par des conduites de DN1000. Le débit est réparti de manière équitable grâce à des déversoirs situés à la sortie de la cascade sur les décanteurs qui sont en service. Les vannes murales manuelles offrent la possibilité d'isoler entièrement un ou plusieurs modules de décantation.

Si l'un des composants du module de décantation est arrêté, le débit est également réparti entre les clarificateurs restants par le biais des déversoirs.

III-2 Les étapes de procédés de clarification :

Les 4 étapes de clarification dont dispose cette station :

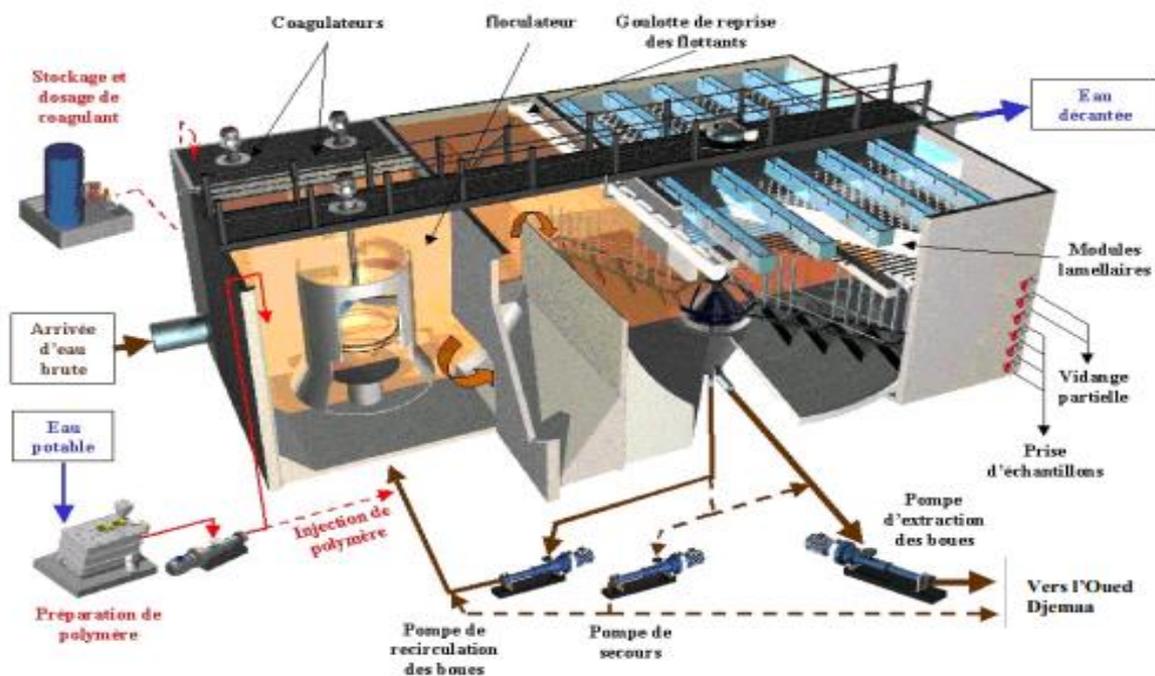


Figure III 5: Schéma général de principe de clarification.

III-2-1 1ère étape : la coagulation :

La coagulation se résume en une étape de déstabilisation des particules colloïdales chargées négativement suite à un ajout d'un coagulant chargé positivement. Cette étape s'effectue dans une chambre de mélange dotée d'un agitateur à vitesse rapide.

Le coagulant est injecté automatiquement par rapport au débit d'eau à l'entrée de la chambre de mélange par des pompes doseuses.

CHAPITRE III : Les procédés de traitement des eaux de barrage

Le sulfate d'aluminium ($AL_2(SO_4)_3$) est largement utilisé comme coagulant dans le traitement de l'eau potable, il favorise l'agglomération des particules en suspension présentes dans l'eau, facilitant ainsi leur élimination par sédimentation ou filtration. Il est efficace pour éliminer les matières en suspension, les colloïdes, les micro-organismes et d'autres contaminants.



Figure III 6: Moteur agitateur zone de coagulation

Le volume unitaire de chaque cuve de mélange est de 70 m^3 . Ce volume correspond à un temps de rétention de 120 secondes environ à un débit d'eau brute maximale de $8650 \text{ m}^3/\text{h}$.

III-2-2 deuxième étape : la floculation :

On introduit l'eau préalablement coagulée à la base d'un réacteur agité et on injecte le floculant sous la turbine afin d'améliorer le mélange. Il est composé de deux chambres en série dans le réacteur.

- Une salle de floculation rapide avec un agitateur à hélice qui garantit un brassage homogène du réacteur en fournissant l'énergie requise. Le mélange optimal du polymère injecté est ainsi obtenu à ce stade.
- Une chambre de floculation lente (pour prévenir les cassures de la chaîne de coagulation) est utilisée dans un réacteur piston. Dans cette zone, on peut obtenir des flocons de grande taille, denses et très homogènes. La floculation favorise l'assemblage des particules colloïdales, qui ont perdu leur potentiel de répulsion électrochimique, en micro flocons, puis en flocons volumineux et décantables.

De cette manière, la densification du floc offre la possibilité d'atteindre la zone de décantation à des vitesses élevées.



Figure III 7: Moteur agitateur et chambre de mélange zone de floculation.

III-2-3 troisième étape : la décantation :

Définition :

La décantation est un processus crucial pour la purification de l'eau. Elle élimine efficacement les impuretés comme les sédiments et les débris organiques. Et cette action améliore la qualité de l'eau et prévient la contamination. Parmi les 3 modes de séparation solides/liquides/gaz, la décantation est la plus simple et la moins onéreuse. Il est donc dommage de s'en passer puisque la décantation assure une eau saine et sûre.

Les types des décanteurs:

Il existe plusieurs types de décanteurs utilisés dans le traitement de l'eau pour la séparation de MES et la clarification de l'eau :

- Décanteur lamellaire.
- Décanteur à flux horizontal.
- Décanteur à flux vertical.
- Décanteur à haut rendement.
- Décanteur centrifuge.
- Décanteur gravitaire.

Le type des décanteurs de l'unité de production KOUDIAT ACERDOUNE (UPKA) sont des décanteurs lamellaires.

CHAPITRE III : Les procédés de traitement des eaux de barrage

III-2-3-1 Principe de fonctionnement :

Chaque filière de traitement est composée de 4 décanteurs de type lamellaire appelé Densadeg, chaque décanteur contient un racleur ayant un mouvement circulaire, le pourtour du fond est incliné vers le centre créant une section cylindro-conique de façon à ce que le racleur balaye tout le contenu du fond du bassin.

Dans le décanteur, les eaux flocculées sont introduites par une large zone d'alimentation, ce qui empêche la rupture des floccs et la formation de remous, permettant ainsi la décantation de la majorité des matières en suspension dans cette zone.

Ensuite les modules lamellaires, situés au-dessus de la zone précédente, éliminent le floc résiduel. A l'intérieur du module lamellaire, l'eau circule à contre-courant du flux des boues qui s'écoulent graviterement vers la zone de décantation. L'eau clarifier remonte à travers les lamelles.

L'eau décantée est reprise par une série de goulottes en inox et quitte l'ouvrage à travers le canal d'eau traitée vers les batteries de filtration sur sable à l'aide d'un déversoir et une vanne murale pour diviser le débit sur les filtres qui sont en service.

III-2-3-2 Capacité de traitement :

Débit d'eau à traiter.....	8 650 m ³ /h
Nombre de décanteurs.....	4
Débit à traiter par appareil	2 163 m ³ /h
Débit maximum hydraulique.....	2 883 m ³ /h (avec 3 décanteurs en service)
Surface unitaire de décantation.....	169 m ²
Vitesse sur la surface projetée.....	12,8 m ³ /m ² /h (4 décanteurs en service)

Les caractéristiques des lamelles sont les suivantes :

Matériau.....	Polystyrène
Longueur.....	750 mm
Espacement.....	50 mm
Inclinaison.....	60°
Nettoyage.....	À l'eau par vidange partielle.



Figure III 8: Moteur et tête de l'agitateur de décantation et le racleur avec les lames.



Figure III 9: L'ouvrage de décantation lamellaire.

III-2-3-3 L'extraction et la recirculation des boues :

L'extraction et la recirculation de boues sont réalisées au moyen de pompes.

Chaque ouvrage est muni d'un système indépendant de commande d'extraction et de recirculation des boues.

Le système permet de régler manuellement les débits d'extraction et de recirculation.

Les conduites à boues sont munies de raccords de nettoyage aux endroits appropriés.

Des dispositifs sont prévus pour le nettoyage à l'eau de toutes les conduites à boues.

La boue la plus dense se décante au fond du bassin et le racleur la balaye vers le centre pour la dégager vers le milieu naturel (vers oued Djemaa).

La boue la moins dense est riche en sulfate d'alumine ($Al_2(SO_4)_3$) et en polymère, est recyclée au niveau de l'amenée de l'eau à traiter dans le réacteur de floculation. Afin de récupérer le sulfate d'alumine et le polymère pour les utiliser une autre fois.

III-3 4ème étape : la post-coagulation :

A la sortie de chaque décanteur, l'eau décantée passe au travers d'un mélangeur rapide. Le temps de rétention de l'eau dans la cuve de 16 m^3 est de 30 secondes environ au débit maximum.

On injectera dans ce mélangeur du sulfate d'alumine. Le but de cette injection est de neutraliser le polymère résiduel de l'eau ce qui permet de ne pas diminuer la durée de cycle de production des filtres situés en aval.

Chaque mélangeur sera équipé d'un agitateur permettant un mélange homogène du sulfate d'alumine.

IV- La filtration :

Vient juste après la décantation. Elle permet de piéger les matières en suspension qui n'ont pas été éliminées lors des étapes précédentes. Elle est réalisée soit sur une couche de sable soit à travers des membranes de filtration.

La plus utilisée dans les stations de traitement est la filtration sur sable dite « Lit filtrant ».

Le filtre joue 2 rôles :

- Retient les matières en suspension par filtration.
- Constitue un support bactérien permettant un traitement biologique (consommation des paramètres de pollution par les bactéries).

[11].

CHAPITRE III : Les procédés de traitement des eaux de barrage

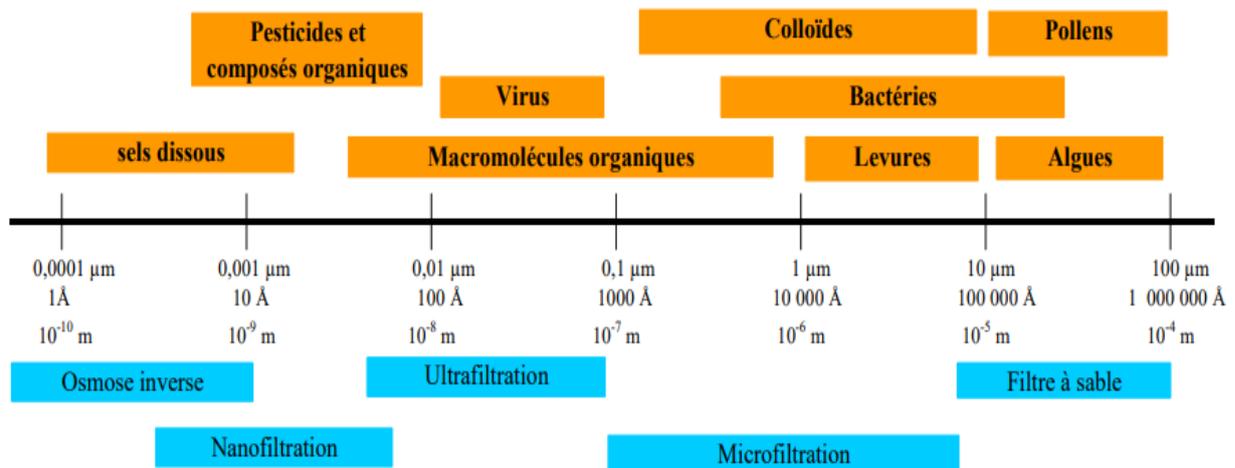


Figure III 10: Tailles des particules et types des filtration demandés.

IV-1 Les types de filtres :

- Les filtres à sable rapides : $V = (0.08 \text{ à } 4 \text{ m/h})$.
- Les filtres à sable lents : $V = (5 \text{ à } 10 \text{ m/h})$.
- Les filtres sous pression.
- Les filtres à terre de diatomées.

IV-2 Principe général de fonctionnement :

La station est équipée de 16 filtres à sable de type AQUAZUR V, chaque filière contient 8 filtres :

- ❖ 1ère filière : A1 B1 C1 D1 E1 F1 G1 H1.
- ❖ 2ère filière : A2 B2 C2 D2 E2 F2 G2 H2.

Un canal d'eau décanté assure une répartition vers les 16 filtres de la station.

Un déversoir permet une répartition équitable des débits entre les filtres en service.

L'eau est filtrée gravitamment par 16 filtres en traversant une couche de sable de granulométrie homogène.

L'eau à filtrer traverse un lit filtrant de sable (épaisseur=1.5m).

L'eau filtrée est collectée dans un canal par des buselurs traversant une dalle plancher en béton, cette eau est dirigée vers les cuves de contact en chlore.

Les vannes régulatrices de débits gardent un niveau constant au-dessus du filtre, puis l'eau est dirigée vers un réservoir de stockage par une étape de désinfection finale.

CHAPITRE III : Les procédés de traitement des eaux de barrage



Figure III 11: L'ouvrage de filtration sur sable (2cellules/ AQUAZUR V)

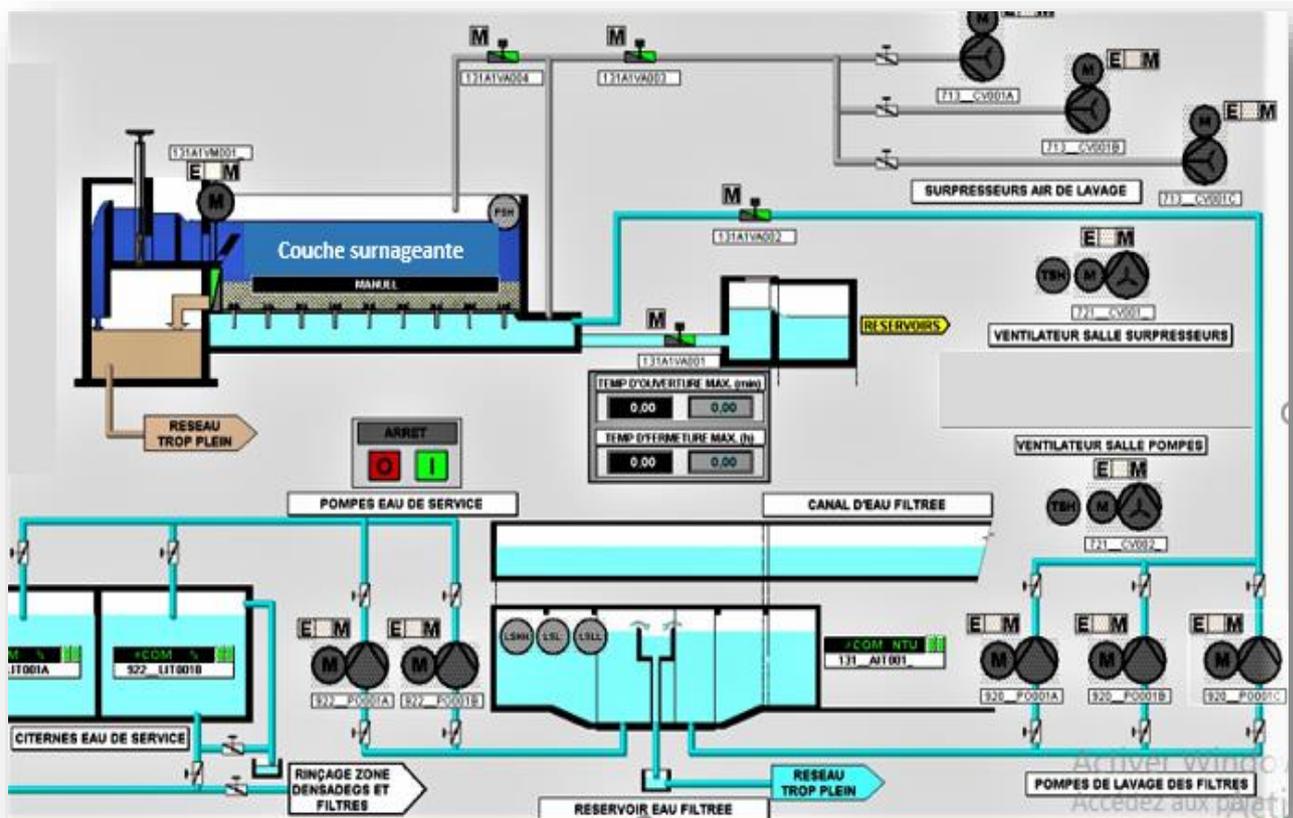


Figure III-12: Schéma représentant le principe de filtration sur sable.

CHAPITRE III : Les procédés de traitement des eaux de barrage

IV-3 Le lit filtrant :

Le lit filtrant est une composante essentielle des filtres à sable utilisés pour le traitement et l'épuration des eaux, en assurant la filtration des matières en suspension et la clarification de l'eau.

Il se compose généralement de plusieurs couches de différents matériaux filtrants, le sable étant le principal.

Les caractéristiques de lit filtrant de l'unité de production de KOUDIAT ACERDOUNE :

- ❖ Type de matériau : sable
- ❖ Un lit filtrant homogène (Un lit filtrant uniforme avec un seul matériau et le diamètre et l'épaisseur sont constants).
- ❖ Diamètres des particules de sable $d_p=0.95$ mm.
- ❖ Epaisseur de lit $e=1.5$ m.
- ❖ Coefficient d'uniformité $C_u < 1.5$.

IV-4 Dalle en béton et buselurs :

Une dalle en béton assure le support du gravier et du sable. Une série régulière de buselurs appliqués sur les raccords coulés dans le béton facilite le déplacement des fluides :

Eau filtrée descendant pendant la filtration.

- ❖ Air et eau de lavage à contre-courant pendant le nettoyage.

Le schéma ci-dessous montre le fonctionnement des buselurs lors de la phase de lavage air+eau :

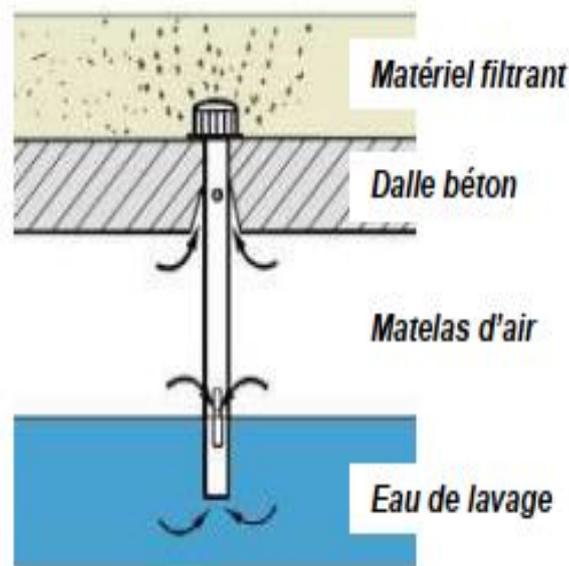


Figure III 13: Schéma de dalle en béton et buselurs.

IV-5 Dimensionnement des filtres :

Les principales caractéristiques sont les suivantes pour une file de traitement:

- Débit d'eau à traiter.....8477 m³/h
- Nombre de filtres.....8
- Nombre de cellules.....2.
- Largueur..... 2×5 m.
- Longueur..... 16.3 m.

➤ **Donc la surface de chaque filtre :**

$$S = L \times B$$

-L= longueur (m).

-B= largeur (m).

$$\text{Donc } S = L \times B$$

$$S = 2 \times 5 \times 16,3 = 163 \text{ m}^2$$

➤ **Le débit unitaire par filtre :**

$$Q_{\text{uni}} = \frac{Q_t}{N_f}$$

-Q_{uni} : débit unitaire par filtre.

-Q_t : débit total de filtration= 8477 m³/h.

-N_f : nombre de filtres = 8filtres.

$$\text{Donc : } Q_{\text{uni}} = \frac{8477}{8} = 1059.625 \text{ m}^3.$$

➤ **La vitesse de filtration :**

D'après la loi de continuité

$$V = \frac{Q_{\text{uni}}}{S}$$

-V : la vitesse de filtration (m/h).

-Q_{uni} : débit unitaire (m³/h).

-S : surface de filtre (m²).

$$\text{Donc : } V = \frac{1059,625}{163} = 6.5 \text{ m/h}$$

- Taille effective.....0.95 mm.
- Coefficient d'uniformité.....<1.5.
- Epaisseur de la couche filtrante1.5 m.
- Hauteur surnageant d'eau.....1.2m.

CHAPITRE III : Les procédés de traitement des eaux de barrage

Pour déterminer la perméabilité de filtre, on utilise la loi de DARCY :

$$V = K \times I$$

-V : vitesse de filtration (m/h).

-I : la pente..... $I = \frac{H_{sn}+e}{e}$

-K : la perméabilité de filtre (m/h)..... $K = \frac{V}{I}$

-H_{sn} : la hauteur surnageant (m).

-e : épaisseur de lit filtrant (m).

• Pour déterminer la pente : $I = (1.2+1.5) / 1.5 = 1.8$.

• Pour déterminer la perméabilité:..... $K = \frac{6.5}{1.8} = 3.61 \left(\frac{m}{h}\right)$

La perméabilité de filtration est de : $K=3.61 \text{ m/h} = 3.61/3600 = 0.001 \text{ m/s}$.

[13]

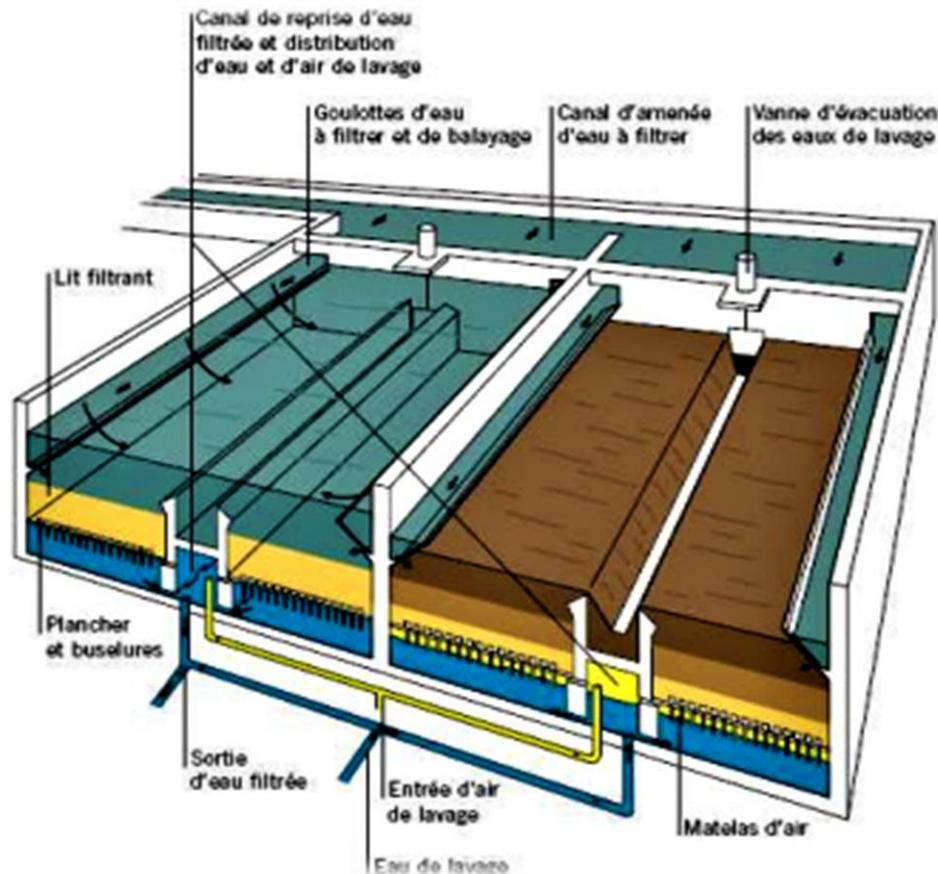


Figure III 14: Schéma général de filtration sur sable.

IV-6 Le colmatage des filtres à sable :

Un problème fréquent dans les installations de traitement de l'eau où ces filtres sont employés est le colmatage des filtres à sable.

L'accumulation de particules en suspension, de matières organiques, de colloïdes et d'autres contaminants à la surface et à l'intérieur du lit de sable entraîne le colmatage, ce qui diminue l'efficacité du filtre à sable et augmente la résistance à l'écoulement de l'eau à travers le filtre.

Le colmatage des filtres à sable peut avoir plusieurs conséquences indésirables sur le fonctionnement des systèmes de traitement de l'eau. Voici quelques-unes des conséquences les plus courantes du colmatage des filtres à sable :

- Augmentation de la perte de charge.
- Diminution de la capacité de filtration.
- Diminution de la vitesse de filtration.
- Diminution de la qualité d'eau filtrée.
- Augmentation de temps de filtration (dépassé le temps demandé).

IV-7 Le lavage de filtre :

La mesure continue de la perte de charge au travers du filtre permet d'évaluer le niveau de son colmatage. Après l'apparition du colmatage du filtre, une demande de lavage est émise automatiquement pour nettoyer le filtre, une injection d'air et d'eau est effectuée à contre-courant.

- L'eau de lavage ou eau de service est fournie par des pompes (deux en marche et une en secours). Dédiées à partir du réservoir d'eau filtrée avec un débit de 2445 m³/h. L'eau de lavage, chargée, collectée et dirigée vers l'oued Djemaa.
- Air de lavage est fourni par des surpresseurs avec un débit d'air de 8965 m³/h. Les groupes de production d'air comprimé fonctionnent de manière autonome. Ils assurent une réserve d'air comprimé de 7,5 à 8,5 bars. La pression est réduite à 6,5 bars dans le réseau. Une alarme est générée si la pression descend en dessous de 4 bars.

Les éléments piégés par le sable sont éliminés par un courant d'eau de service.

Grâce à l'air, la couche de sable se fluidise et se brasse. Un matelas d'air est créé sous le sol afin de répartir l'air de manière homogène sur tous les buselurs.

CHAPITRE III : Les procédés de traitement des eaux de barrage

IV-8 Le cycle de lavage :

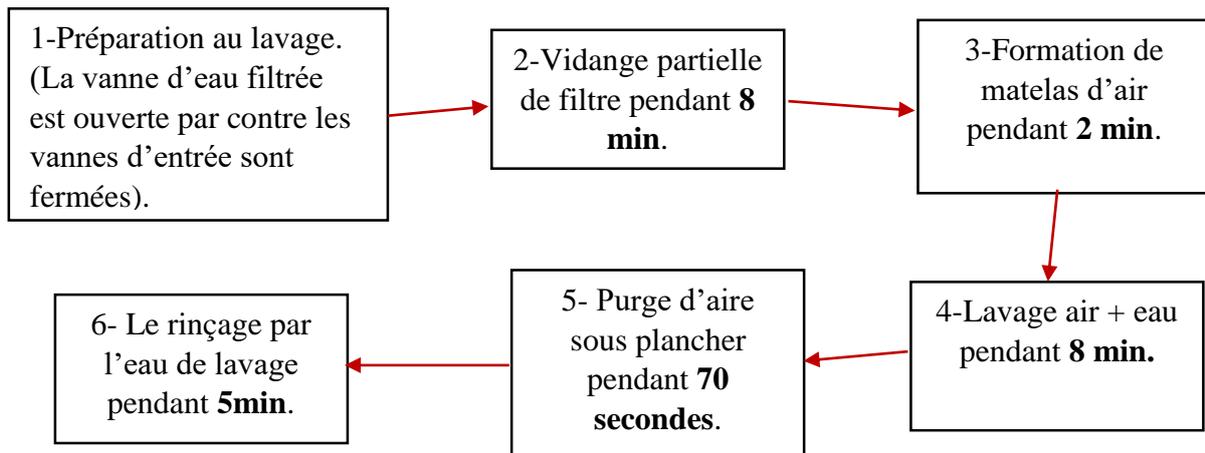


Figure III 15: Le filtre en lavage à l'eau et l'air

V- Stockage d'eau traitée :

Après l'étape de filtration, l'eau doit être stockée dans des réservoirs d'eau traitée.

Une fois la filtration terminée, il est nécessaire de stocker l'eau dans des réservoirs d'eau traitée.

La station est équipée de deux réservoirs d'eau traitée de 26000 m³ chacun, chacun étant construit avec une cuve de contact et deux compartiments dotés chacun d'une vanne d'isolement manuelle, des vidanges et des transmetteurs de niveau d'eau.

La bêche d'eau de lavage et les cuves de contact sont alimentées par un canal commun avec de l'eau filtrée. Une fois que le chlore a été injecté (la post-chloration), l'eau du canal d'eau filtrée de chaque filière est dirigée vers les cuves de contact. La sortie de l'eau traitée des cuves de contact est effectuée vers les réservoirs d'eau traitée, qui contiennent 2x13 000 m³ par file, avant d'être répartie.

CHAPITRE III : Les procédés de traitement des eaux de barrage

V-1 La post-chloration :

La post-chloration fait référence à l'ajout de chlore ou de composés chlorés à l'eau traitée après qu'elle ait été filtrée et clarifiée dans le processus de traitement de l'eau. Cette pratique est couramment utilisée dans les installations de traitement de l'eau pour garantir la désinfection continue de l'eau et prévenir la croissance de micro-organismes pathogènes dans le réseau de distribution. La post-chloration se fait par l'injection de chlore sous forme gazeux (CL₂).

En amont des cuves de contact, le chlore est injecté en mélange avec l'eau traitée au point d'injection. Pour chaque filière, l'eau chlorée se déverse dans une chambre d'entrée. Les cuves de contact se trouvent dans les chambres d'entrée.

Pour que l'action du chlore soit optimale, il est nécessaire d'avoir un réservoir de contact qui permet :

- Un laps de temps adéquat de contact
- La première dose de chlore est appliquée dans la zone où le nombre d'organismes à éliminer est le plus élevé.
- Une circulation uniforme, sans zones mortes ni court-circuit.

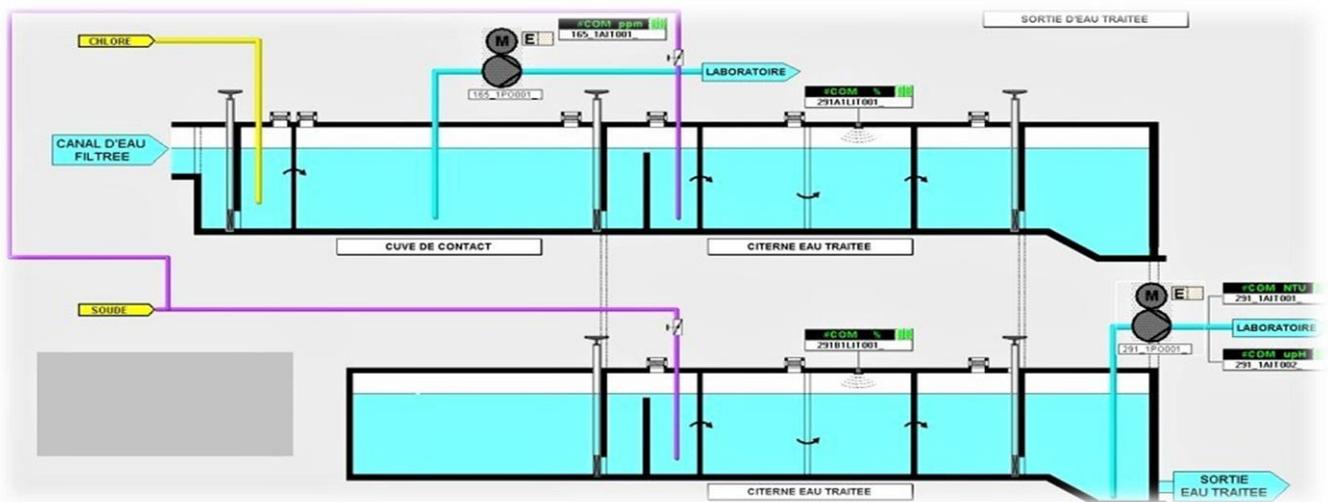


Figure III 16: Schéma représentant la filière de stockage d'eau traitée.

V-2 Configuration générale des ouvrages et des vannes murales :

Pour chaque filière, l'eau filtrée est admise dans une chambre de vanne. L'alimentation de la bêche d'eau de lavage est prise depuis cette chambre de vanne.

Chaque chambre de vanne communique avec une cuve de contact.

L'eau passe ensuite de chaque cuve de contact vers les réservoirs d'eau traitée de chaque filière par déversement au-dessus d'un seuil.

CHAPITRE III : Les procédés de traitement des eaux de barrage

L'eau sortant de chaque réservoir est admise dans une chambre de sortie commune.

L'isolement de chaque compartiment, ainsi que les vidanges, sont permis par des vannes manuelles murales.

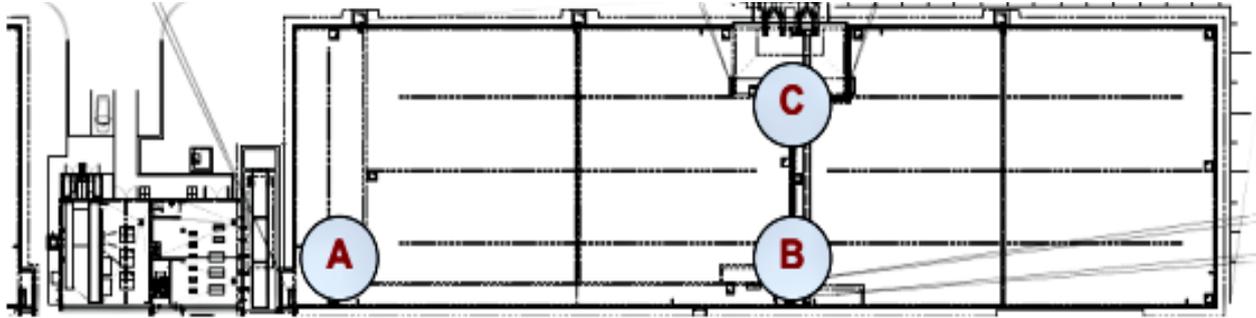


Figure III 17: Plan en AutoCAD d'ouvrage et des vannes murales de réservoir d'eau traitée.

Indice	Description
A	Vannes d'isolement en entrée des cuves de contact.
B	Vannes d'isolement de l'entrée d'eau traitée des citernes.
C	Vannes d'isolement de sortie d'eau traitée à citernes.

Tableau III 3: Position des vannes sur la figure III-17

VI- Conclusion :

En conclusion, ce chapitre ci-dessus met en évidence l'importance des différentes étapes et techniques utilisées pour garantir la qualité de l'eau potable et son adéquation aux normes sanitaires. Des méthodes telles que la clarification, la filtration sur sable, la chloration, le rétro-lavage des filtres, et d'autres procédés sont essentiels pour éliminer les contaminants, assurer la désinfection, et assurer une eau claire pendant le traitement.

Cependant, des défis tels que le colmatage des filtres à sable nécessite une gestion efficace pour assurer la performance continue des installations de traitement de l'eau.

La post-chloration joue un rôle important dans le traitement de l'eau afin de se prémunir des maladies hydriques et dans la protection de l'environnement.

En combinant ces différents procédés de manière appropriée et en surveillant attentivement la qualité de l'eau traitée, il est possible d'assurer un approvisionnement en eau potable sûre et fiable pour les communautés.

CHAPITRE IV :

Matériels et méthodes

CHAPITRE IV : Matériels et méthodes

I- Introduction :

L'analyse des eaux est essentielle pour l'évaluation de sa qualité et de sa composition. Le mode opératoire se résume à un prélèvement, à un traitement, à une analyse et à une interprétation des échantillons.

Les paramètres à analyser dépendent de l'utilisation prévue de l'eau et des réglementations environnementales en vigueur. Ils peuvent inclure des paramètres physico-chimiques, ainsi que des paramètres microbiologiques et les paramètres organolytiques et un contrôle continue est effectué au niveau de l'unité.

II- L'analyse des paramètres physico-chimique :

II-1 Le jar test :

Définition :

Jar-test (ou test coagulation floculation) c'est la simulation provisoire de l'étape coagulation floculation qui s'effectue au sein de laboratoire de traitement des eaux à fin d'obtenir :

- Un dosage optimal de coagulant.
- Un dosage optimal de floculant.
- Une vitesse d'agitation à la norme.
- Une bonne décantation des floes volumineux.

Ce test est généralement réalisé en laboratoire et implique l'utilisation d'échantillons d'eau à traiter pour déterminer la meilleure combinaison de produits chimiques à utiliser dans la clarification.



Figure IV 1: Un flocculateur.

CHAPITRE IV : Matériels et méthodes

Principe :

Pour déterminer le dosage optimal du coagulant, on injecte d'une façon croissante le coagulant dans des béchers identiques (même volume et même qualité d'échantillons). A la fin on choisit le bécher renfermant la meilleure décantation tout en confirmant les normes ayant trait aux analyses.

La même méthode est appliquée pour obtenir le dosage optimal du floculant.

➤ **Matériel utilisé :**

- Un pH-mètre.
- Un turbidimètre.
- Un spectrophotomètre.
- Un conductimètre.
- Des fioles ou des béchers de 1000ml (1L).
- Un flocculateur de laboratoire de 6 béchers.
- Des pipettes graduées.

➤ **Les réactifs utilisés :**

- Coagulant : Sulfate d'alumine $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18 \text{H}_2\text{O}$.
- Floculant : Solution de poly électrolyte de concentration de 50mg/l.

➤ **Mode opératoire :**

Pour déterminer la dose optimale de coagulant :

- Utiliser le HCl pour nettoyer les verreries
- Mettre les flocculateurs dans un endroit protégé du soleil, vibration ...etc.
- Déterminer les valeurs des paramètres (pH, T° , conductivité, turbidité, couleur) de l'eau brute avant l'opération de jar test.
- Agiter l'échantillon prélevé et remplir chaque bécher de flocculateur par 1 litre d'eau à tester.
- Ajouter le coagulant dans chaque bécher de flocculateur d'une façon croissante à l'aide d'une pipette graduée.
- Débuter l'agitation avec une vitesse de 180 tours/min. Il est essentiel que les pales et leur vitesse de rotation soient les mêmes dans tous les béchers.
- Déclencher le chronomètre ($t=0$).

CHAPITRE IV : Matériels et méthodes



Figure IV 2: Simulation de jar-test au niveau de laboratoire par un floculateur.

-Ajouter une concentration constante de floculant dans chaque bécher de floculateur.

-   la fin de 3 minutes d'agitation rapide, il est recommandé de diminuer la vitesse d'agitation des pales à 40 tours/min (agitation lente). Quoiqu'il en soit, il est important que la durée de l'agitation ne dépasse pas 20 minutes.

- Après 20 minutes, relever les pales des agitateurs (avec précaution afin de ne pas briser les floccs formés).

-Il est recommandé d'attendre 45 minutes pour la décantation, ce temps doit ˆtre adéquat pour assurer une bonne décantation des floccs.

-Homogénéiser (mélanger manuellement) chaque échantillon d'eau et procéder aux analyses suivantes selon les objectifs du traitement :

- Température
- pH.
- Turbidité.
- Conductivité.
- Taux de matières organiques.
- Couleur.

Essai de jar test (effectué le 14/03/2024) :

Caractéristique de l'eau brute :

- Turbidité : 71,1 NTU
- Couleur : 354 Ptco.
- pH : 7,70.
- Conductivité : 567 $\mu\text{S}/\text{cm}$.
- T : 13,2 $^\circ\text{C}$.

CHAPITRE IV : Matériels et méthodes

Tableau IV- 1: Résultats de test de jar-test

N° de bécher	01	02	03	04	05	06
Coagulant utilisé	Sulfate d'alumine					
Dose de coagulant mg/l	10	15	20	25	30	35
Floculant utilisé	Poly-�lectrolyse					
Dose de floculant mg/l	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Turbidité après décantation	8.5	4.42	2.33	1.73	1.18	1.17
pH	7.50	7.48	7.44	7.40	7.35	7.32
Couleur apparente	71	39	20	10	7	13

Interprétations des résultats :

D'après les résultats de simulation de jar-test, nous constatons que le dosage optimal de coagulant qui est de 30 mg/l dans le bécher n 5 nous a donné des résultats satisfaisants des paramètres suivants : turbidité (1,8 NTU), pH (7.35), couleur apparente (7 Ptc).

II-2 Analyse partielle :

Définition :

L'analyse partielle des eaux fait référence à une série de tests et d'analyses effectuées sur un échantillon d'eau afin d'évaluer certains paramètres spécifiques.

Ces analyses sont souvent réalisées afin de contrôler la qualité de l'eau. L'analyse partielle est un ensemble de tests qui mesurent les paramètres (pH, CE, turbidité... etc.)   l'aide d'instruments spécifiques.

II-2-1 Potentiel d'hydrogène :

➤ Principe :

On mesure le pH en comparant la différence de potentiel entre une électrode en verre et une électrode de référence (calomel-KCl saturé) dans une même solution.

➤ Matériels utilisé :

- pH mètre de paillasse.
- Electrode.
- un agitateur magnétique, barreaux magnétiques.
- B cher.

CHAPITRE IV : Matériels et méthodes



Figure IV 3: Un pH-mètre.

➤ Réactifs utilisés :

- Eau distillée
- Solution tampon à pH 4.01 (à 0.02N à 25°C).
- Solution tampon à pH 7.00 pour le contrôle de qualité (à 0.02N à 25°C).
- Solution tampon à pH 10 (à 0.02N à 25°C).
- Solution KCl à 3mol/l.

➤ Partie expérimentale :

- Etalonnage de pH mètre se fait selon l'instruction de travail du pH mètre concerné
- l'électrode doit être resté dans une solution KCl à 3mol/l.
- Puis placer l'électrode dans une solution tampon à un pH 7.00 pour le contrôle de qualité de pH mètre à l'aide d'une agitation par un agitateur et des barreaux magnétiques.
- Attendre que la mesure se stabilise.
- Puis, ré-étalonner le pH-mètre de la même manière par les solutions tampon à pH 4.00 puis à pH 10.

Mesure de pH:

Après l'étalonnage le pH-mètre.
L'électrode de l'appareil est placée dans un bécher contenant de l'eau à analyser (échantillon).

La lecture se fait après la stabilité de la valeur affichée.

II-2-2 La turbidité :

➤ Le principe :

L'eau est turbide par des substances non dissoutes telles que le limon, l'argile, l'algue, les grains de silice, les micro-flocs, etc.

CHAPITRE IV : Matériels et méthodes

➤ Matériel utilisé :

- Un turbidimètre optique et électronique HACH modèle 2100N.
- Une cuve stérile.



Figure IV 4: Un turbidimètre.

➤ Partie expérimentale :

- En cas de conservation au froid des échantillons, il est nécessaire de les laisser revenir à température ambiante avant de procéder à la mesure.
- Eviter tout contact entre l'échantillon d'eau et l'air. L'échantillon doit être bien homogénéisé.
- Pour obtenir la valeur de la turbidité de l'échantillon, on doit remplir la cuve stérile par l'échantillon.
- Puis, essuyer la cuve et déposer la dans la chambre de turbidimètre.
- Effectuer la mesure afficher sur le turbidimètre.

➤ Mesure et calcul :

On exprime les résultats en NTU (Néphélogométrie Turbidity Units).

II-2-3 La conductivité et la température :

➤ Principe de température :

L'analyse des eaux nécessite une mesure de la température de l'eau sur le site de prélèvement de l'échantillon, car elle a un impact sur la solubilité du gaz et la vitesse de réaction de l'eau.

CHAPITRE IV : Matériels et méthodes

➤ Principe de conductivité :

La conductivité électrique d'une eau représente la quantité de courant électrique émis par les ions présents dans cette substance. La quantité, la nature des ions, la température et la viscosité de la solution déterminent cette dépendance.

➤ Matériels utilisés :

- conductimètre HACH senSion 7.
- Electrode de conductivité.
- Becher de 50ml.
- Agitateur magnétique, barreaux magnétiques.



Figure IV-5: Un conductimètre.

➤ Partie expérimentale :

- Rincer l'électrode de conductivité dans un bécher rempli à l'eau distillée pour l'étalonnage de l'équipement.
- Puis pour déterminer la valeur de la conductivité et de la température.
- Il faut plonger l'électrode dans un bécher rempli à l'eau à analyser à l'aide d'une agitation par agitateur et des barreaux magnétiques.
- Attendre jusqu'à la stabilisation de la valeur affichée sur l'écran de conductimètre.
- La valeur donnée de la température est exprimée en °C et de la conductivité est exprimée en $\mu\text{S/cm}$.

CHAPITRE IV : Matériels et méthodes

II-2-4 Le chlore résiduel :

➤ **Principe :**

Le titrage de chlore résiduel est une méthode utilisée pour mesurer la concentration de chlore libre ou total dans l'eau. Le titrage du chlore résiduel est une technique courante utilisée dans le contrôle de la qualité de l'eau potable pour s'assurer du niveau approprié de la désinfection et de sécurité microbiologique.

➤ **Matériels utilisés**

-Un chloro-mètre.

➤ **Réactifs utilisés :**

-DPD1

➤ **Mode opératoire :**

-Prendre 10 ml d'eau à analyser dans une cuve de chloro-mètre.

-Injecter un comprimé de réactif DPD1, puis agiter la solution.

-Faire la lecture en utilisant un chloro-mètre.

II-3 Dosage de la demande en chlore :

➤ **Principe :**

Lorsque l'on traite un volume d'eau, on ajoute une dose de chlore au temps $t=0$ afin de déterminer la concentration en chlore libre résiduel, puis on détermine en fonction du dosage le taux de chlore injecté.

➤ **Matériel utilisé :**

-Une fiole de 100 ml.

-Des pipettes graduées (2ml, 10ml, 20ml).

-Une poire.

-Un agitateur magnétique.

-Des flacons en verre brun, de 1 litres.

-Des bécchers en plastique

➤ **Réactifs utilisés :**

-Bicarbonate de sodium.

-Empois d'amidon.

-La solution KI (Iodure de potassium).

-DPD1.

-DPD4.

CHAPITRE IV : Matériels et méthodes

➤ Mode opératoire :

Pour préparer une solution concentrée de chlore :

- Prendre 10 ml de l'échantillon d'eau de Javel.
- Compléter jusqu'à 100ml par l'eau distillée.
- Agiter la solution.
- Ajouter 2ml d'empois d'amidon.
- Puis à la fin, titrer par la solution KI jusqu'à obtenir un virage coloré bleu.
- Puis noter la valeur V_1 (volume de la solution titrante KI).



Figure IV-6: Titration pour la préparation de solution en chlore concentrée.

➤ Application (effectuée le 23/04/2024) :

Pour déterminer la concentration de chlore on utilise l'équation suivante :

Dans notre exemple si $V_1 = 6.5$ ml.

$$C \text{ (degré)} = V_1 \times 1.12 = 6.5 \times 1.12 = 7.28^\circ\text{C}$$

Puis pour la transféré en g/l.

$$C \text{ (g/l)} = C \text{ (degré)} \times 3.17.$$

$$C \text{ (g/l)} = 23 \text{ g/l.}$$

CHAPITRE IV : Matériels et méthodes

Pour la dilution de solution de chlore concentrée en 1g/l

$$23\text{g} \text{-----} 1000 \text{ ml}$$

$$1\text{g} \text{-----} X$$

$$X = 1 * 1000 / 23 \quad X = 43.47 \text{ ml.}$$

➤ **Le mode opératoire de la demande en chlore :**

- Prendre 10 flacons en verre brun et les bien rincer avec l'eau à distillée.
- Dans chaque flacon de 1 litre on introduit 1l d'eau à analyser.
- Ajouter ensuite des doses croissantes de chlore de concentration de 1g/l.
- Fermer le flacon et agiter immédiatement pour homogénéiser la solution.
- L'agitation ne doit pas être trop violente afin d'éviter le dégazage de chlore.
- Mise à l'abri de la lumière des flacons et travail à température ambiante.



Figure IV 7: Simulation de la demande en chlore par 10 flacons de 1L au niveau de laboratoire.

- Laisser 1.30h avec une agitation douce chaque 20 minutes.
- Pour déterminer la concentration de chlore libre en ajoutant le DPD1 et le chlore total en ajoutant DPD4.
- Faire la lecture de chlore soit le chlore résiduel ou total par un spectrophotomètre de chaque flacon.

CHAPITRE IV : Matériels et méthodes

II-4 Analyse volumétrique :

Définition :

L'analyse volumétrique, également appelée titrage, est une méthode courante en chimie analytique utilisée pour déterminer la concentration d'une substance dans une solution. Cette méthode repose sur la réaction chimique entre la substance à analyser (analyte) et un réactif titrant de concentration connue. Le point final du titrage est détecté à l'aide d'un indicateur coloré ou par d'autres moyens, marquant le moment où la réaction entre l'analyte et le réactif est complète.

Au laboratoire, on applique l'analyse volumétrique pour déterminer 4 titres :

- TAC : titre d'alcalinité complet
- TH : Dureté totale.
- TH_{Ca²⁺} : La dureté calcique.
- Le dosage des chlorures.

II-4-1 Titre d'alcalinité complète :

➤ Principe :

Le titre alcalimétrique complet ou TAC correspond à la concentration des alcalins libres, des carbonates et bicarbonates (HCO₃, CO₃, OH⁻).

➤ Matériel utilisé :

- Eprouvette volumétrique de 100 ml.
- 2 béchers de 100ml.
- une pipette de 25ml.
- un agitateur magnétique.
- un pH-mètre.

➤ Les réactifs utilisés :

- L'acide chlorhydrique (HCl 0.01N).
- Solution méthylorange C₁₄H₁₄N₃NaO₃S.

➤ Expérience :

Pour déterminer le TAC, on prend 2 échantillons :

- 100ml eau brute.
- 100ml eau traitée.
- Puis on détermine le pH de chaque échantillon.
- La condition pour déterminer le TAC, le PH de chaque échantillon doit être compris entre 4.3 et 8.3.

$4.3 < \text{pH} < 8.3$

CHAPITRE IV : Matériels et méthodes

- On ajoute 2 gouttes de solution de méthylorange, on remarque le virage coloré vers le jaune.
- Pour cela on met chaque échantillon dans un agitateur magnétique équipé de 2 sondes connectées avec le PH-mètre pour obtenir la valeur du pH de la solution.



Figure IV 8: Obtenir la valeur de pH avant la titration par le HCL

- On met notre réactif titrant le HCl (0.01N) dans une pipette graduée de 25 ml.
- On commence le titrage par le réactif acide chlorhydrique d'une concentration 0.01N jusqu'à l'obtention d'un pH = 4.3 et un virage coloré vers le vert méthyl.



Figure IV 9: La valeur de pH après la titration par HCl

- Puis on note le volume d'HCl titrant (V_2).

CHAPITRE IV : Matériels et méthodes

➤ Application (effectuée le 29/02/2024):

Puis on effectue l'équation suivante pour déterminer le TAC

$$TAC = (V_2 \times N \times 1000) \times \frac{Mm(HCO_3)}{V}$$

V₂ : Volume de réactif utilisé (HCL).

N : la normale de HCL = 0.01.

Mm (HCO₃) : la masse molaire de bicarbonates. = 61 g/mol.

V = volume de l'échantillon.

Tableau IV- 2: La comparaison de TAC entre l'eau brute et l'eau traitée (29/02/2024)

Eau traitée	Eau brute
V ₂ = 28.8 ml V=100 ml	V ₂ = 30 ml V=100 ml
$TAC = (28,8 \times 0,01 \times 1000) \times \frac{61}{100}$ TAC= 175.68 mg/l (HCO ₃) /1.22 TAC= 144 mg/l (CaCO₃)	$TAC = (30 \times 0.01 \times 1000) \times \frac{61}{100}$ TAC= 183 mg/l (HCO ₃) /1.22 TAC= 150 mg/l (CaCO₃)

Note : Pour transformer le mg(HCO₃) /l vers le mg(CaCO₃) /l on divise par 1.22

II-4-2 La dureté totale :

➤ Principe :

Le titre hydrotimétrique, également connu sous le nom de dureté de l'eau, permet de mesurer la minéralisation de l'eau en considérant les cations calcium et magnésium.

$$TH_t = TH_{Ca} + TH_{Mg}$$

➤ Matériel utilisé :

- 2 béchers de 100ml
- Une pipette graduée de 25ml
- Un agitateur magnétique.

CHAPITRE IV : Matériels et méthodes

➤ Les réactifs utilisés :

-La solution tampon pour un pH=10.

-NET (indicateur coloré noir ériochrome) $C_{20}H_{12}N_3O_7SNa$.

-L'acide d'EDTA $C_{10}H_{16}N_2O_8$.

➤ Expérience :

-On prend 2 échantillons :

-100 ml d'eau brute

-100 ml d'eau traitée

-On ajoute 4ml de la solution tampon pH=10 dans chaque bécher pour stabiliser la valeur de pH de chaque échantillon, donc le pH est constant.

-Puis on ajoute une pincée de NET (indicateur coloré noir ériochrome), on remarque le virage coloré vers le rose.

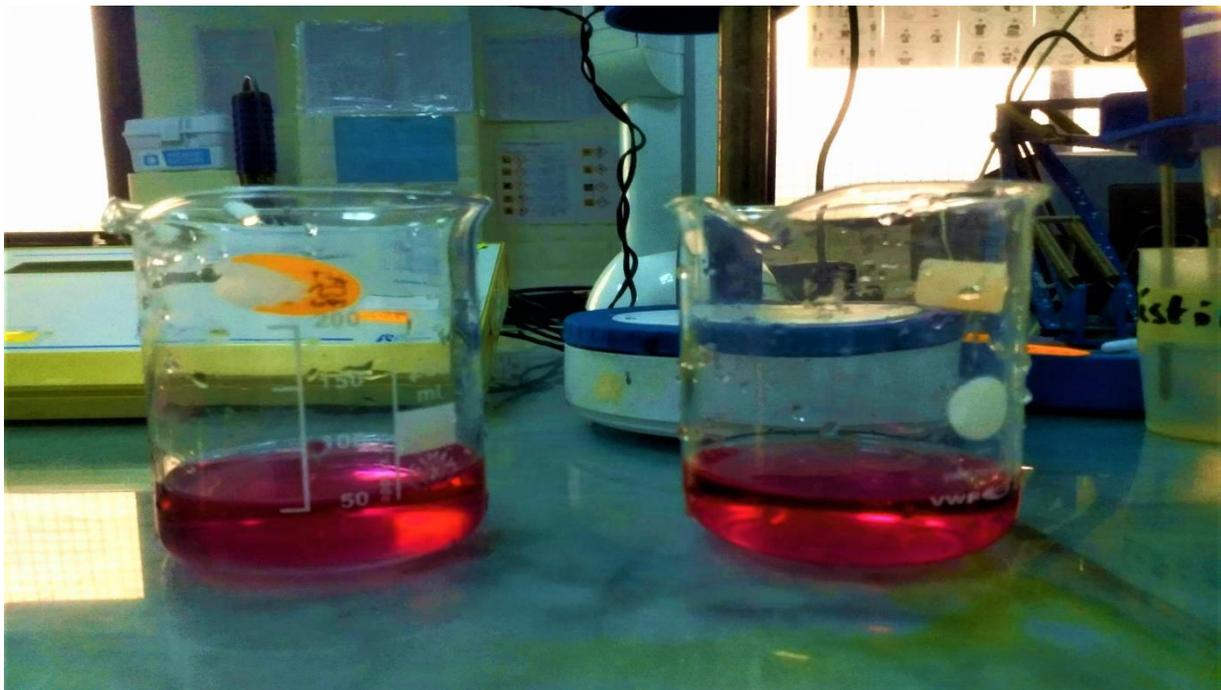


Figure IV 10: Virage coloré vers le rose après l'ajout du noir ériochrome.

-On met notre réactif titrant l'EDTA (dihydrogéoéthylénediaminetétraacétate de sodium) d'une concentration de 0.01 M dans une pipette graduée de 25 ml.

-Puis on commence la titration par l'EDTA à l'aide d'un agitateur magnétique jusqu'au virage coloré vers le **bleu**.

CHAPITRE IV : Matériels et méthodes

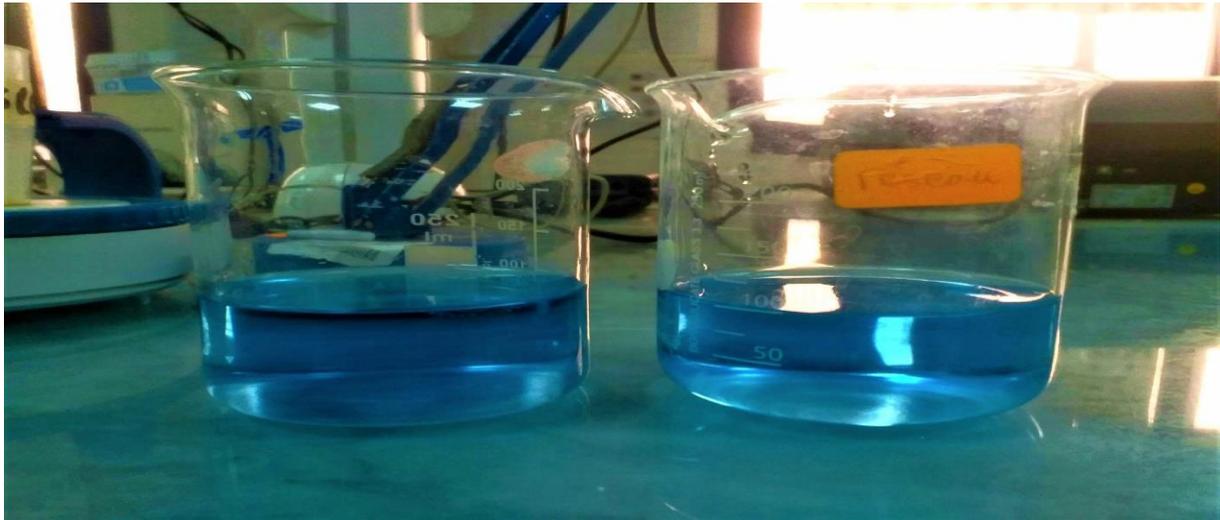


Figure IV-11: Virage coloré vers le bleu après la titration par l'EDTA (dosage de TH).

-Puis on note la valeur de volume de réactif EDTA titrée (V2).

➤ **Application :**

On applique l'équation suivante pour déterminer la valeur de THt :

$$\mathbf{THt = V2 \times 2 \times F \times Fc}$$

V2 : volume du titrant (EDTA) ajouter.

F : facteur de dilution. F=1

Fc : facteur de correction.

Note : La valeur obtenue est en degré français

$$Fc = \text{Volume versé} \frac{EDTA}{12.5}$$

Tableau IV- 3: La comparaison de TH entre l'eau brute et l'eau traitée (29/02/2024).

Eau traitée	Eau brute
V2= 16 ml	V2=16.4ml
Fc= 16/12.5 = 1.28 THt= 16×2×1×1.28 THt= 40.96 °F	Fc= 16.4/12.5= 1.312 THt= 16.4×2×1×1.312 THt= 43.0336 °F

CHAPITRE IV : Matériels et méthodes

II-4-3 Dosage de Ca^{2+} :

➤ Principe :

La concentration du calcium se trouvant dans l'eau représente la dureté calcique.

➤ Matériels

- Flacon erlenmeyer de 100ml.
- Burette de l'EDTA.
- Poire.
- Eprouvette volumétrique (50 ml)
- Pipette volumétrique (2ml).

➤ Réactifs :

- Solution d'EDTA = 0.01 mol/l.
- Solution hydroxyde de sodium (NaOH) à 2N.
- Indicateur colore de Murexide $\text{C}_8\text{H}_8\text{N}_6\text{O}_6$.

➤ Mode opératoire :

- Prendre 100 ml de l'échantillon dans un erlenmeyer de 100ml.
- Ajouter 2 ml de NaOH à 2N pour précipiter le magnésium .
- Ajouter 0.2 g de murexide puis mélanger, on remarque un virage coloré vers le rose.

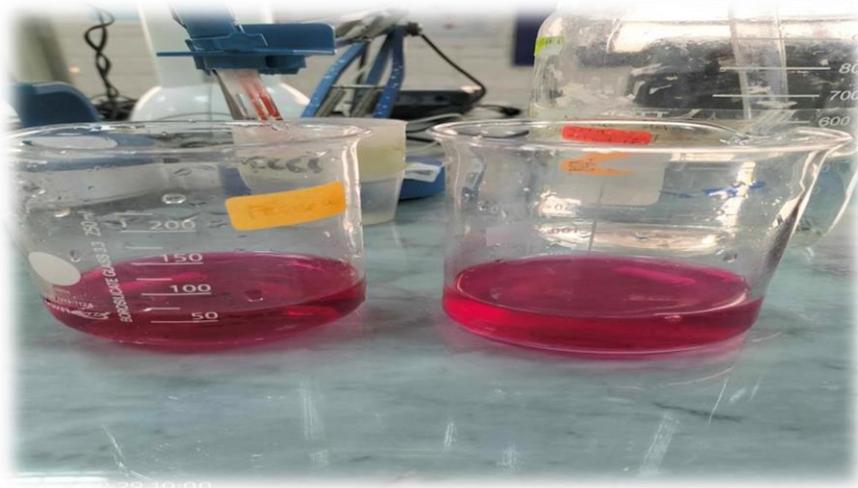


Figure IV-12: Virage coloré vers le rose après l'ajout de murexide.

- Titrer immédiatement avec l'EDTA (verser lentement) jusqu'au virage violet.

CHAPITRE IV : Matériels et méthodes

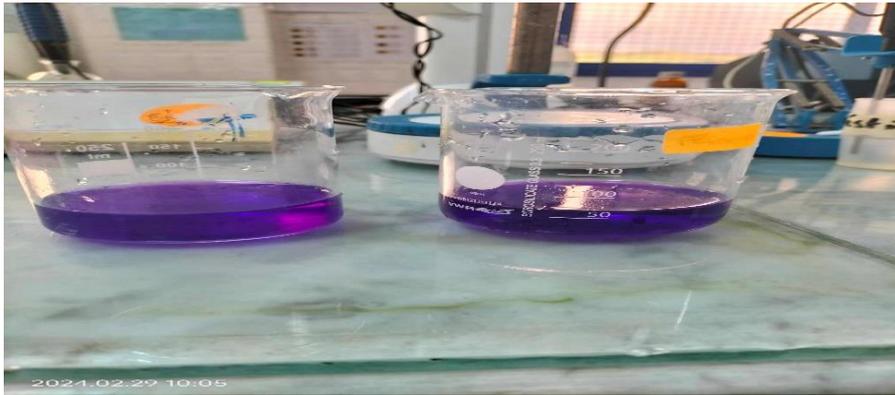


Figure IV-13: Titration par l'EDTA (Dosage de Ca^{2+})

- La couleur ne doit plus changer avec l'ajout d'une goutte supplémentaire de la solution d'EDTA.

-Puis on note la valeur de volume d'EDTA titrant.

➤ **Mesure et calcul du résultat :**

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

$$\text{Ca} = (\text{C}_1 \times \text{V}_1 \times \text{A} / \text{V}_0) \times \text{Fc} \times 1000 \times \text{F}$$

- C_1 : concentration, exprimée en mole par litre, de la solution EDTA, soit 0.01.
- V_0 : est le volume en ml, de la prise d'essai, soit 50ml.
- V_1 : est le volume en ml de la solution d'EDTA utilisé pour le dosage.
- A : est la masse molaire du calcium (40.01g).
- Fc : facteur de correction du titre.

II-4-4 Dosage des chlorures :

Principe

Le dosage des chlorures par la solution de nitrate d'argent doit se faire en milieu neutre (entre 5 et 9.5) pour qu'il y est précipitation.

➤ **Matériels utilisés**

-Eprouvette volumétrique de 100 ml.

Pipette volumétrique de 1 ml.

- Burette volumétrique.

- Une poire.

➤ **Réactifs utilisés :**

-Solution indicateur de chromate de potassium K_2CrO_4 a (10%) ;

-Solution de nitrate d'argent AgNO_3 (0.02 mol/l).

CHAPITRE IV : Matériels et méthodes

➤ Mode opératoire :

- Prendre 100 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 1 ml de la solution de chromate de potassium comme un indicateur coloré (coloration jaunâtre).



Figure IV 14: Virage coloré vers le jaune par l'ajout de chromate de potassium.

- Titrer avec la solution de nitrate d'argent à 0.02 mol/l jusqu'à coloration brun rougeâtre.

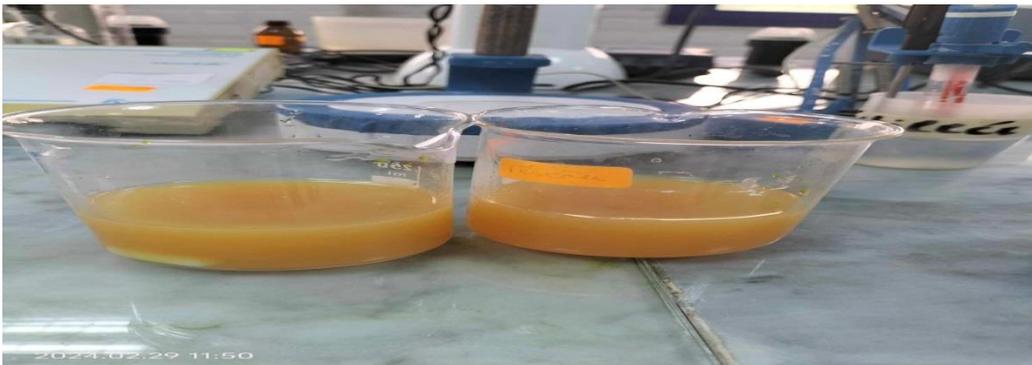


Figure IV 15: Image représentant la titration par AgNO_3 (dosage des chlorures).

- Noter le volume d' AgNO_3 .

➤ Expression des résultats :

La concentration en chlorure P_{Cl} exprimée en milligrammes par litre, est donnée par formule :

$$P_{\text{Cl}} = (V_s - V_b) \times C_f \times / V_a$$

P_{Cl} : est la concentration en mg/l de chlorure.

V_a : est le volume en ml de l'échantillon pour essai (maximum 100 ml, les dilutions doivent être prises en compte).

V_b : est le volume en ml de solution de nitrates d'Argent utilisé pour le titrage de blanc.

V_s : est le volume en ml de solution de nitrates d'Argent utilisé pour le titrage de l'échantillon.

CHAPITRE IV : Matériels et méthodes

C : est la concentration réelle exprimée en moles d'AgNO₃ par litre, de la solution de nitrate d'Argent.

F : est le facteur de conversion $f=35453$ mg/mol.

II-5 Les paramètres de pollution :

Définition :

Les analyses des paramètres de pollution sont des procédures analytiques utilisées pour évaluer la qualité de l'eau, de l'air, du sol ou d'autres milieux environnementaux en détectant et en quantifiant la présence de substances potentiellement polluantes. Ces analyses permettent de surveiller l'impact des activités humaines sur l'environnement et de prendre des mesures pour protéger la santé humaine et les écosystèmes.

II-5-1 Oxydabilité au permanganate de potassium en milieu acide :

➤ Principe:

Il est nécessaire de mesurer, dans un environnement acide, la quantité d'oxygène nécessaire pour réduire le permanganate de potassium par les substances oxydables du milieu aquatique.

➤ Matériels utilisés:

- Plaque chauffante
- Agitateur magnétique.
- Burette graduée.
- Fioles.
- Pipettes.
- bêchers.

➤ Les réactifs:

- Acide sulfurique : H₂SO₄ (C=2mol/l)
- Oxalate de Sodium: Na₂C₂O₄ (C=5 mmol/l)
- Permanganate de potassium : KMnO₄ (C= 2mmol/l).

➤ Expérience:

-On a pris 3 échantillons

- 100 ml d'eau traitée
 - 100 ml d'eau distillée (essai à blanc)
 - 100 ml d'eau de réseau de Lakhdaria
- On transfère par une pipette de 100 ml d'échantillon dans un bécher de 250ml.

CHAPITRE IV : Matériels et méthodes

-Puis on ajoute 20 ml de H_2SO_4 d'une concentration de 2mol/l.

-On place le bécher sur une plaque chauffante et on porte à ébullition.

-On ajoute 20 ml de la solution étalon de KMnO_4 d'une concentration de 2 mmol/l et on démarre le chronomètre et on maintient à ébullition pendant 10min.



Figure IV-16: Les fioles des échantillons et l'ébullition par la plaque chauffante (expérience de MO).

-Après 10min, On ajoute aux échantillons à l'aide d'une pipette de 20ml une solution étalon de l'oxalate de sodium ($\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$) d'une concentration de 5mmol/l et attendre la décoloration de la solution.

-On titre pendant que la solution est encore chaude, avec la solution titrante de permanganate de potassium (2mmol/l) jusqu'à une coloration de rose pâle.



Figure IV 17: Virage coloré vers le rose pâle après la titration par KMnO_4

Remarque : Noter le V_1 (volume de solution titrante).

CHAPITRE IV : Matériels et méthodes

➤ Application :

Pour obtenir la valeur de l'indice de permanganate de potassium, on doit appliquer cette équation :

$$IMn = (V1 - V0) \times \frac{f}{V2}$$

IMn : indice de permanganate

V1 : volume de KMnO₄ consommé dans le dosage.

V2 : volume de KMnO₄ consommé lors de la solution titrante.

V0 : volume de KMnO₄ consommé dans le dosage du blanc.

f : facteur correctif utilisée f=16

➤ Exemple :

On a pris 2 échantillons :

-Eau traitée par la station V1= 0.7 ml

-Eau de réseau de Lakhdaria V1=0.95 ml

Donc on détermine IMn de chaque échantillon :

$$IMn (SP1) = (0.7-0.3) \times 16 / 4.5 = 1.42 \text{ mgO}_2/\text{l.}$$

$$IMn (Lakhdaria) = (0.95-0.3) \times 16 / 4.5 = 2.31 \text{ mgO}_2/\text{l.}$$

II-5-2 Détermination des matières en suspension :

➤ Principe :

Le filtrage de l'eau permet de déterminer le poids des matières retenues par le filtre à l'aide d'une pesée différentielle.

➤ Matériels utilisés :

-Dispositif de filtration sous vide de sous pression.

-Disque filtrant en fibre au verre (0,45mm de porosité et 47mm de diamètre).

-Balance permettant d'effectuer la pesée de la capsule et son contenue à 0.1 mg près.

-Une étuve de séchage.

-Un dessiccateur.

➤ Mode opératoire :

-On lave le disque de filtration par l'eau distillée.

-Puis on le sèche à 105°C dans des cuves de séchage jusqu'à une masse constante.

-On note la valeur m₀ (masse de filtre avant l'utilisation).

CHAPITRE IV : Matériels et méthodes

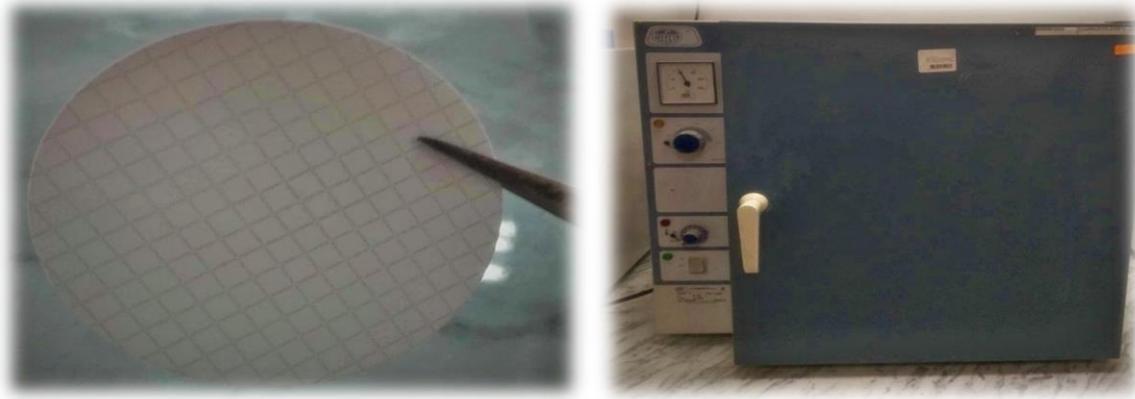


Figure IV 18: Etuve de séchage et disque de filtration en fibre verre.

-Puis on pèse le filtre à 0.1 mg près, après un passage d'un dessiccateur pour enlever l'humidité.

-Mettre en place le disque sur l'équipement de filtration.

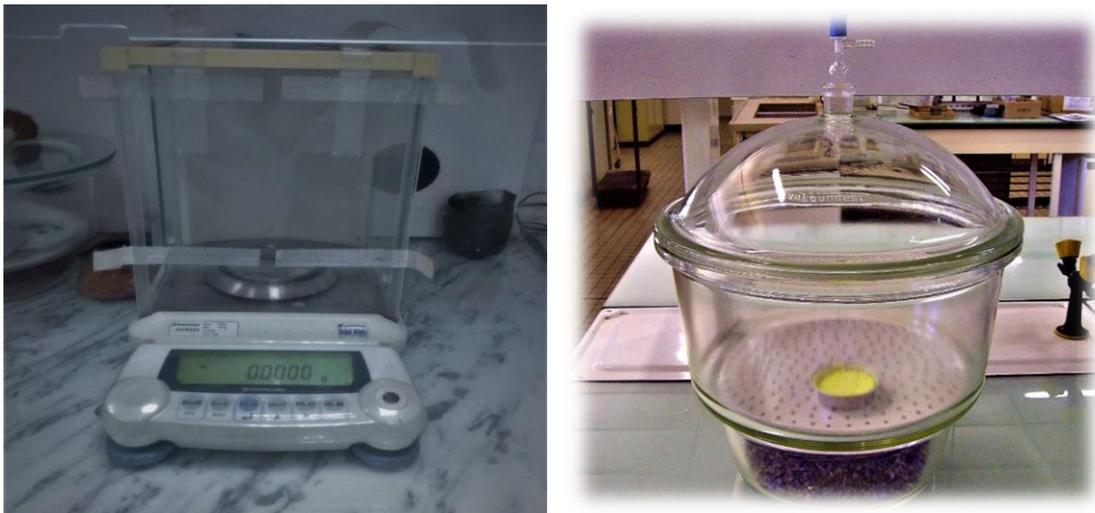


Figure IV-19: Pesée à 0,1 mg près et un dessiccateur (MES).

-On verse l'échantillon sur le filtre ($V=250\text{ml}$), on rince la fiole ayant contenue l'eau à analyser.

-On filtre cette eau de lavage.

CHAPITRE IV : Matériels et méthodes



Figure IV-20: Le dispositif de filtration sous vide de pression.

- On récupéré le filtre.
- On Laisse essorer le filtre, on sèche à 105°C
- On laisse refroidir au dessiccateur pour éliminer l'humidité et on pèse à 0.1 mg près jusqu'à une masse constante.
- Puis on note la valeur de m_1 (la masse de disque de filtration après l'utilisation).

➤ Application :

Pour déterminer la concentration des matières en suspension on utilise l'équation suivante :

$$MES = \frac{(M1 - M0) \times 1000}{V}$$

- M_0 : la masse de filtre avant l'utilisation.
- M_1 : la masse de filtre après l'utilisation.
- V : volume de l'échantillon.

➤ Exemple :

$M_0 = 0.0671g = 67.1 \text{ mg}$ / $M_1 = 0.0694g = 69.4 \text{ mg}$ / $V = 250 \text{ ml} = 0.25 \text{ l}$

$$MES = (69.4 - 67.1 / 250) \times 1000 = 9.2 \text{ mg/l}$$

II-5-3 Le résidu sec :

➤ Principe :

Les résidus secs sont des quantités des minéraux restants après évaporation de toute l'eau.

➤ Matériels utilisés :

- Capsule en verre
- Balance permettant d'effectuer la pesée de la capsule et son contenue à 0.1 mg près.
- Etuve réglable entre 100-105 °C.
- Etuve réglable entre 175-185 °C.

CHAPITRE IV : Matériels et méthodes

-Four réglable à 525°C.

-Un dessiccateur.

➤ **Partie expérimentale :**

La capsule doit être nettoyée à l'aide d'acide chlorhydrique (HCl) puis d'eau distillée.

Elle doit être séchée à l'étuve, puis calcinée dans un four à 525 °C.

Après avoir refroidi jusqu'à une température ambiante, placez-la dans un dessiccateur pendant environ 1/4 d'heure (pour éliminer l'humidité) et pesez-la.

-Indiquer M_0 (la masse totale de la capsule vide).

-La prise d'essai introduite, éventuellement en plusieurs fractions successives, doit être évaporée au bain d'eau bouillante : il est conseillé de ne remplir la capsule que jusqu'à mi-hauteur, vers la fin de l'opération.



Figure IV-21: Pesée à 0,1 mg près.

-Remplir la fiole jaugée qui a été utilisée pour mesurer la prise d'essai avec de l'eau distillée et verser les eaux de lavage dans la capsule.

-Après avoir évaporé l'eau, placez la capsule dans l'étuve, à une température de 100-105 °C, et laissez la capsule y rester pendant une heure.

CHAPITRE IV : Matériels et méthodes



Figure IV-22: Une étuve réglée à 105°C

- **Lorsque l'essai vise à évaluer le résidu sec à une température de 100-105°C :**
 - Réduire la température de la capsule et de son contenu à presque une température ambiante. Ensuite, placez-la dans un dessiccateur pendant environ 1/4 d'heure.
 - Calculer et enregistrer M1 (la masse de la capsule et son contenu après l'étuvage à une température de 100-105°C).
- **Si l'objectif de l'essai est de déterminer le résidu sec à une température de 175-185 °C :**
 - Continuer la dessiccation en plaçant la capsule pendant 2 heures dans l'étuve à une température de 175-185°C.



Figure IV-23: Une étuve réglée à 180°C

-puis, elle est laissée refroidir presque jusqu'à la température ambiante.

CHAPITRE IV : Matériels et méthodes

-Ensuite, elle est placée dans un dessiccateur pendant environ 1/4 d'heure et pesée jusqu'à ce que deux pesées successives ne dépassent pas 0,5 mg.



Figure IV-24: Un dessiccateur de laboratoire de la station.

-Noter M_2 (la masse de la capsule et son contenu après l'étuvage à 175-185 °C).

➤ **Application :**

Pour déterminer la valeur des résidus secs on doit appliquer les équations suivantes :

$$RS (\text{à } 100-105^\circ\text{C}) = \frac{(M_1 - M_0)}{V} \times 100$$

$$RS (\text{à } 175-185^\circ\text{C}) = \frac{M_2 - M_0}{V} \times 100$$

M_0 : la masse de la capsule vide.

M_1 : la masse de la capsule et son contenu après l'étuvage à 100-105°C.

M_2 : la masse de la capsule et son contenu après l'étuvage à 175-185°C.

V : le volume de l'échantillon

➤ **Exemple (08/03/2024) :**

Pour déterminer le RS à 100 à 105°C:

$$M_0 = 47.7795 \text{ g} \quad / \quad M_1 = 47.7835 \text{ g} \quad / \quad V = 100 \text{ ml}$$

$$RS (\text{à } 100-105^\circ\text{C}) = (47.7835 - 47.7795 / 100) \times 1000 = 400$$

Pour déterminer le RS à 175-185°C :

$$M_0 = 51.3520 \text{ g} \quad / \quad M_2 = 51.3554 \text{ g} \quad / \quad V = 100 \text{ ml}$$

$$RS (\text{à } 175-185^\circ\text{C}) = (51.3554 - 51.3520 / 100) \times 1000 = 340$$

CHAPITRE IV : Matériels et méthodes

II-5-4 Dosage des ions nitrites :

➤ Principe :

Les ions nitrites présents dans un échantillon réagissent à un pH de 1,9 avec le réactif amino-4 benzène sulfanamide en présence d'acide ortho phosphorique, formant un sel diazoïque. Ce sel diazoïque se complexifie ensuite, produisant une coloration rose qui est mesurée à l'aide d'un spectrophotomètre à une longueur d'onde de 540 nm.

➤ Matériels utilisés :

-une éprouvette de 50ml.

-une pipette volumétrique de 1ml.

-une fiole jaugée de 50 ml.

-Un spectrophotomètre UV, permettant des mesurages à une longueur d'onde de 540nm, équipé de cuves de 10 mm d'épaisseur.

➤ Réactif utilisé :

-Le réactif amino-4 benzène sulfanamide $C_6H_8N_2O_2S$.

➤ Mode opératoire :

-Dans une série de fioles jaugées de 50ml, introduire à l'aide d'une pipette graduée 40 ml de l'eau à analyser (eau distillée/ eau traitée/ eau brute).

-Ajouter 1ml de réactif coloré amino-4 benzène sulfanamide.

-Compléter par l'eau distillée au contenu de chaque fiole jusqu'à 50 ml.

-laisser 20 mn, remarquer l'apparition de la couleur rose indiquant la présence de NO_2^- .



Figure IV-25: Image représentant le dosage des nitrites (NO_2^-).

-Mesurer l'absorbance de chaque échantillon par un spectrophotomètre à une longueur d'onde de 540nm en (mg/l).

CHAPITRE IV : Matériels et méthodes

II-5-5 Dosage de l'ammonium :

➤ Principe :

L'ammonium est un indicateur de pollution, pour le mesurer on utilise un spectrophotomètre.

➤ Matériels utilisés :

- Eprouvette de 50 ml.
- Pipette volumétrique de 5ml.
- Fiole jaugée de 50ml.
- spectrophotomètre (655 nm).

➤ Réactifs utilisés :

- Réactif coloré.
- Dichloroisocyanurate de sodium $C_3Cl_2N_3NaO_3$.

➤ Mode opératoire :

- Prendre 40ml de chaque échantillon.
- Ajouter ensuite 4ml de réactif coloré (Virage vers le jaune).
- Ajouter 4ml de la solution dichloroisocyanurate de sodium $C_3Cl_2N_3NaO_3$.
- Puis compléter par l'eau distillée jusqu'à 50ml.
- Laisser **60 mn**, attendre le développement de la couleur verte.



Figure IV-26: Image représentant le dosage d'ammonium (le vert).

Le virage couleur vers le vert indique la présence de NH_4^+ dans la solution.

-Effectuer les mesures spectrophotométriques à une longueur d'onde de 655nm.

CHAPITRE IV : Matériels et méthodes

➤ Mesure et calcul du résultat :

Les résultats sont affichés directement par le spectrophotomètre en mg/l de NH_4^+ .



Figure IV-27: Le spectrophotomètre.

II-5-6 Dosage de phosphate :

➤ Principe :

Il s'agit d'une réaction entre les ions orthophosphates et une solution acide contenant des ions molybdate et antimoine, aboutissant à la formation d'un complexe antimonyl-phosphomolybdate.

➤ Matériels utilisés :

- Eprouvette de 50 ml.
- pipettes de 2.5 ml.
- fioles jaugées de 50 ml.
- spectrophotomètre (880nm).

➤ Réactifs utilisés :

- Acide ascorbique ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$).
- Réactif mélange (solution molybdate acide) H_2MoO_4 .

➤ Mode opératoire :

- Introduire 40ml d'échantillon.
- Ensuite ajouter 1 ml de réactif acide ascorbique.
- Puis ajouter 2 ml de réactif mélange (solution molybdate acide),
- Compléter les solutions par l'eau distillée jusqu'à 50 ml.
- Laisser 20mn, remarquer le virage couleur vers le bleu.

CHAPITRE IV : Matériels et méthodes



Figure IV-28: Image représentant le dosage des phosphates (virage vers le bleu).

➤ **Mesure et calcul :**

-Enfin, Mesurer l'absorbance de chaque échantillon par un spectrophotomètre à une longueur d'onde de 880nm en (mg/l).

II-5-7 Dosage d'aluminium :

➤ **Principe :**

Sa présence dans l'eau traitée est attribuée à l'utilisation de sulfate d'alumine comme coagulant, ce qui en fait un élément indésirable. La réaction de l'aluminium avec l'ériochrome cyanine se déroule à un pH de 5,9 en présence d'acétate d'ammonium.

➤ **Matériels utilisés :**

- Une éprouvette de 50 ml.
- une pipette graduée de 10 ml.
- une fiole jaugée de 50 ml.
- Un spectrophotomètre UV-visible concernant pour effectuer des mesures de 535 nm.

➤ **Réactifs utilisés :**

- Thiosulfate de sodium($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) ($c=0.028$).
- Acide ascorbique à 0.01% ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$)
- Acide sulfurique à 0.04N (H_2SO_4).
- Solution tampon pH=6.2.
- Solution fille d'ériochrome cyanine (indicateur coloré) $\text{C}_{23}\text{H}_{15}\text{Na}_3\text{O}_9\text{S}$.

CHAPITRE IV : Matériels et méthodes

➤ Mode opératoire :

- Prendre 25 ml de l'échantillon dans une fiole de 50ml.
- Puis ajouter 0.5ml de thiosulfate de sodium.
- Ensuite ajouter 1ml d'acide ascorbique et 1ml d'acide sulfurique.
- Ajouter 10 ml de solution tampon (pH=6.2).
- A la fin, ajouter 5 ml d'ériochrome cyanine (indicateur coloré) et réajuster les volumes à 50ml avec de l'eau distillée.
- Attendre 15 minutes, remarquer le virage vers le rouge orangé.



Figure IV-29: Image représentant le dosage d'aluminium (le rouge orangé)

➤ Mesure et résultat :

Mesurer l'absorbance de chaque étalon à une longueur d'onde de 540 nm à l'aide un spectrophotomètre en mg/l de Al^{2+} .



Figure IV-30: Un spectrophotomètre pour déterminer la concentration d'aluminium.

CHAPITRE IV : Matériels et méthodes

II-6 Dosage de Fer :

➤ Principe :

Le spectrophotomètre est utilisé pour la mesure de l'absorbance de la suspension de sulfate de baryum à une longueur d'onde de 510 nm.

➤ Matériels utilisés :

- Spectrophotométrie UV-visible concernant pour effectuer des mesurages à 510 nm.
- Eprouvette de 50ml.
- pipette graduée de 2ml.
- Fioles jaugées de 100 ml.

➤ Réactifs utilisés :

- Acide chlorhydrique (HCl). (C=1.12 mg/l).
- Solution de chlorhydrate d'hydroxylamine de 10 mg/l. (NH₂OH, HCl).
- Solution tampon acétate (3.5- 5.5).
- Solution phénantroline 1.10. (C₁₂H₉CIN₂H₂O).

➤ Mode opératoire :

- Il est essentiel de laver toute la verrerie et les flacons de prélèvement avec de l'acide chlorhydrique (HCl) à une concentration de 1,12 mg/l.
- Prélever 50 ml d'eau à étudier.
- Déposer la solution dans une fiole de 100ml, puis ajouter 1ml de la solution d'hydroxylamine chlorhydrate et mélanger attentivement.
- Incorporer 2 ml d'acétate tampon pour obtenir un pH compris entre 3,5 et 5,5.
- Puis, ajouter 2 ml de solution phénantroline et conserver pendant 15 min à l'obscurité.



Figure IV-31: Image représentant le dosage de fer

CHAPITRE IV : Matériels et méthodes

➤ Calcul et résultat :

Les résultats sont affichés directement par le spectrophotomètre en mg/l de Fer.

II-7 Dosage des sulfates :

➤ Principe :

Une solution d'acide chlorhydrique contenant du chlorure de baryum précipite l'ion sulfate, ce qui crée des cristaux de sulfate de baryum de taille homogène. On mesure ensuite l'absorbance de la suspension de sulfate de baryum à l'aide d'un spectrophotomètre.

➤ Matériels utilisés :

- Eprouvette de 50 ml.
- Fioles de 100 ml.
- Pipettes.
- Spectrophotométrie UV-visible à une longueur d'onde de 450 nm.

➤ Réactifs utilisés :

- Acide chlorhydrique HCl 0.1N.
- Solution de chlorure de baryum (BaCl_2) 0.01N.

➤ Mode opératoire :

- Prendre 50ml d'eau à analyser (eau traitée, eau distillée).
- Puis ajouter 1ml de HCl 0.1N.
- Ajouter 2ml de solution de chlorure de baryum (BaCl_2) 0.01N.
- Agiter et laisser au repos pendant 15 min, remarquer le virage coloré vers le blanc charte.
- A la fin, effectuer la lecture par le spectrophotomètre avec une longueur d'onde de 420 nm.

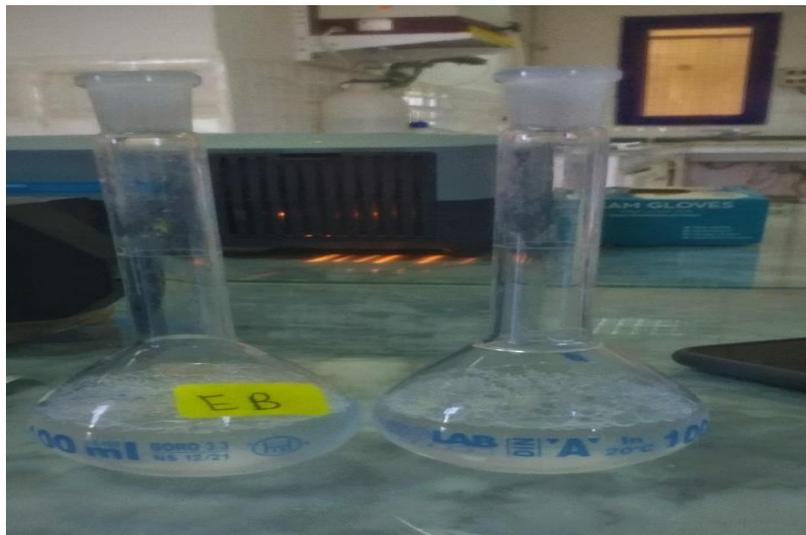


Figure IV-32: Image représentant le dosage des sulfates.

CHAPITRE IV : Matériels et méthodes

II-8 Dosages des nitrates :

➤ Principe :

Les nitrates produisent du paranitro-salicylate de sodium en présence de salicylate de sodium, qui est jaune et peut être dosé colorimétrique.

➤ Matériels utilisés :

- Balance analytique de laboratoire précision de 0.1 µg.
- Capsule de 100 ml.
- Pipettes 10ml, 5ml, 2ml, 1ml.
- Poire
- Plaque chauffante de laboratoire.
- Spectrophotomètre UV-Visible.

➤ Réactifs utilisés :

- Solution d'hydroxyde de sodium NaOH à 30%.
- Solution de salicylate de sodium $C_7H_5NaO_3$ à 0.5%.
- Acide sulfurique H_2SO_4 concentré.
- Solution de tartrate double de sodium et de potassium.

➤ Partie expérimentale :

- Introduire 100 ml de l'échantillon
 - Ajouter 3 gouttes de la solution d'hydroxyde de sodium à 0.5%.
 - Puis ajouter 1ml de salicylate de sodium à 0.5%.
 - Evaporer à sec sur une plaque chauffante à 80°C.
 - Pendant l'évaporation, prendre le résidu avec 2ml d'acide sulfurique concentrée.
- Laisser 10 min
- Ajouter 15 ml d'eau distillée.
 - Ajouter 15 ml de tartrate double sodium et potassium, remarquer le virage coloré vers le jaune.
 - A la fin, faire la lecture au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 415 nm.



Figure IV-33: Image représentant le dosage des nitrates

III- Les analyses bactériologiques :

Définition :

L'analyse bactériologique des eaux est une procédure standard utilisée pour évaluer la qualité microbiologique de l'eau. Cette analyse vise à détecter la présence de micro-organismes pathogènes ou indicateurs de contamination fécale qui pourraient présenter un risque pour la santé humaine.

III-1 Recherche et dénombrement des coliformes totaux et des *Escherichia coli* :

➤ Principe :

Après filtration de l'eau à analyser, la membrane est placée sur un milieu de gélose approprié. Cela permet aux colonies de coliformes de se développer préférentiellement au cours d'une incubation de 18 à 24 heures, sans présenter un aspect suffisamment caractéristique pour permettre un diagnostic présomptif.

➤ Mode opératoire :

- Flamber la surface supérieure de la rampe de filtration ainsi que la plaque poreuse (en ouvrant le robinet pour aspirer la flamme).
- Laisser refroidir.
- Prélever une membrane de son emballage à l'aide de pince stérile (flamber et refroidir).
- La poser sur la rampe de filtration.
- Agiter soigneusement le flacon d'eau à analyser.
- Verser stérilement la quantité d'eau désirée.

CHAPITRE IV : Matériels et méthodes

- Ouvrir le robinet pour que l'eau s'écoule et traverse la membrane.
- Dès que la membrane paraît sèche enlever le réservoir et prélever la membrane avec une pince stérile en la laissant par son extrême bord.
- Déposer la membrane sur le milieu sélectif (gélose ENDO) en prenant attention à ne pas piéger de bulles d'air.
- Incuber à 37°C les boîtes, le couvercle vers le bas.
- La lecture se fait après 24 heures d'incubation. Formation des colonies d'une couleur rouge. Toutes les colonies suspectées lactose positif sont comptées puis repiquer sur le milieu TSI pour confirmer l'utilisation de lactose et le dégagement de gaz à caractère principal des coliformes.



Figure IV-35: La rampe de filtration.



Figure IV-34: Le milieu de culture ENDO

- Pour le milieu TSI équipé d'une cuve pour remarquer le dégagement de gaz, inoculer la colonie isolée à l'aide d'une pipette pasteur stérile à la fois en strie à la surface de l'agar et pique centrale sur toute la profondeur du tube.
- Ensuite incuber à 37°C pendant 24h.
- Le remplissage de la cuve par le gaz dégagé par les micro-organismes coliformes totaux, on confirme leur présence.

CHAPITRE IV : Matériels et méthodes

➤ Recherche des coliformes (*Escherichia coli*) :

Inoculer chaque tube de TSI positif dans un tube de Schubert en versant le contenu de ce dernier dans le tube de TSI puis renverser l'inoculum dans la tube de SCHUBERT.

-Incuber à 44°C pendant 24 heures.

-Puis ajouter quelques gouttes de réactif KOVAC.

-Remarquer l'apparition de l'anneau rouge confirme l'*Escherichia coli* plus le remplissage de la cuve par le gaz dégagé par ces micro-organismes.



Figure IV-36: Milieu de culture TSI et tube de SCHUBERT

III-2 Recherche et dénombrement des spores des bactéries Anaérobies sulfito-réducteurs méthode par incorporation sur gélose :

➤ Objet de domaine d'application :

Il s'agit de la recherche et de l'identification des spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices, notamment les *Clostridium* sulfito-réducteurs, dans les eaux destinées à la consommation humaine. Cette analyse se fait en incorporant les échantillons dans de la gélose profonde contenue dans des tubes.

CHAPITRE IV : Matériels et méthodes

➤ Mode opératoire :

-A partir de l'eau à analyser.

-Transférer environ 25ml dans un flacon, qui sera par la suite soumis à un chauffage de l'ordre de 80°C pendant 10 minutes, dans le but de détruire toutes les formes végétatives des bactéries anaérobies sulfito-réductrices éventuellement présentes.

-Après chauffage, refroidir immédiatement le flacon destiné à analyser, sous l'eau de robinet.

-Répartir ensuite le contenu de ce tube, dans 4 tubes différents et stériles, à raison de 5 ml par tube, un autre tube portera 01ml.

-Ajouter 18 à 20ml de gélose VIANDE FOIE, fondue puis refroidie à 48 °C additionnée de ses additifs spécifiques Alun de fer et sulfite de sodium.

-Ajouter 1ml de sulfite de sodium et 5 gouttes d'Alun de fer pour chaque tube.

-Mélanger doucement le milieu et l'inoculum en évitant d'introduire des bulles d'air et de l'oxygène.

-Laisser solidifier sur paillasse pendant 30 minutes environ, puis incuber à 37°C, pendant 48h.



Figure IV-37: Les milieux de culture gélose viande foie et alun de fer et sulfite de sodium.

➤ La lecture :

Il est impératif de commencer la lecture et l'interprétation à 16 heures, car les spores des bactéries anaérobies sulfito-réductrices sont souvent nocives.

Si un tube est complètement noir, rendant l'interprétation difficile, voire impossible, l'analyse doit être répétée en utilisant des dilutions décimales. La deuxième lecture sera faite à 24 heures et la troisième à 48 heures. Il faut dénombrer toutes les colonies noires et rapporter le nombre total dans les quatre tubes contenant chacun 20 ml d'eau à analyser.

CHAPITRE IV : Matériels et méthodes

III-3 Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux :

➤ Principe :

La recherche et le dénombrement des coliformes totaux et thermo tolérants incluent l'utilisation de la méthode par ensemencement en milieu liquide, adaptée aux milieux chargés en matières en suspension.

➤ Mode opératoire :

- Flamber la surface supérieure et la rampe de filtration par un bec bunsen.
- Laisser refroidir.
- Prélever une membrane d'une porosité de 0.45 mm et un diamètre de 47mm de son emballage par une pince stérile.
- Flamber et refroidir la membrane.
- Poser la membrane sur la rampe de filtration.
- Agiter doucement le flacon de l'échantillon.
- Puis, verser stérilement 50ml d'eau à analyser dans l'entonnoir de la rampe de filtration.
- Démarrer la pompe pour laisser l'eau s'écouler et traverser la membrane.
- Laisser la membrane à sécher pendant 3 à 5 minutes puis la récupérer par une pince stérile.
- Déposer la membrane dans une boîte pétrie contenant le milieu de culture des streptocoques fécaux appelée la gélose SLANETZ et BARTLEY.

➤ Incubation et Lecture :

- Incuber la boîte dans des étuves à 37°C pendant 48 heures.
- Les streptocoques fécaux apparaissent sous forme de petites colonies rouges, marrons lisses, légèrement bombés.
- Dénombrer le nombre des colonies trouvées.



Figure IV-38: Milieu de culture SLANETZ et BARTLEY.

CHAPITRE IV : Matériels et méthodes

IV- Conclusion :

En conclusion, le mode opératoire d'analyse des eaux mis en œuvre dans cette étude a fourni des résultats significatifs en ce qui concerne l'eau étudiée.

Les différentes étapes des analyses telles que prélèvement, traitement et analyse d'échantillon ont été réalisées avec précision. Garantissant des données fiables et représentatives.

CHAPITRE V :

Diagnostic des résultats

CHAPITRE 5 : Diagnostique des résultats

I-Introduction :

Le processus de traitement dépend fortement du contrôle de tous les paramètres physico-chimique, organoleptique et bactériologique. Dans ce chapitre on travaille pour diagnostiquer, analyser et valider les résultats obtenus pendant notre stage, effectué au niveau de l'unité de production de Koudiat Acerdoune.

II Validation des analyses :

Pour valider les analyses de traitement, il faut déterminer la balance ionique de chaque prélèvement :

II-1 La balance ionique :

La balance ionique est l'équilibre entre la somme des principaux cations et des principaux anions dans les résultats d'une analyse chimique, avec les concentrations exprimées en milliéquivalents par litre (meq/L) ou en degrés français (°f). Dans une solution aqueuse saline, la somme des cations est égale à celle des anions [14]. Voici les équations de la balance ionique :

$$\sum[\text{Cations}] = \sum[\text{Anions}].$$

$$IB(\%) = \frac{|\sum[\text{cations}] - \sum[\text{anions}]| \times 100}{\sum[\text{cations}] + \sum[\text{anions}]}$$

$$[\sum \text{Cations}] \left(\frac{\text{meq}}{\text{l}} \right) = [\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}] + [\text{Na}^+] + [\text{K}^+]$$

$$[\sum \text{anions}] \left(\frac{\text{meq}}{\text{l}} \right) = [\text{HCO}_3^-] + [\text{SO}_4^{2-}] + [\text{Cl}^-] + [\text{NO}_3^-]$$

Pour transformer les concentrations de (mg/l) en (meq/l) puis en (°f) :

$$\left[\left(\frac{\text{meq}}{\text{l}} \right) \right] = \left[\left(\frac{\text{mg}}{\text{l}} \right) \right] \times \frac{z}{Mm}$$

$$[\text{°f}] = \left[\left(\frac{\text{meq}}{\text{l}} \right) \right] \times 5$$

- [Meq/l] : la concentration en méli-équivalent par litre.
- [Mg/l] : la concentration en méli-gramme par litre.
- [°f] : la concentration en degrés français.
- Z : la charge ionique.
- Mm : la masse molaire (g/mol).

Interprétations des valeurs de la balance ionique :

IB=0 ----- L'analyse est parfaite.

0% < IB < 5% -----L'analyse est bonne.

5% < IB < 10% -----L'analyse est acceptable.

CHAPITRE 5 : Diagnostique des résultats

IB > 10% -----L'analyse est médiocre.

II-2 Analyse 1 : Voici un tableau représentant l'analyse complète d'eau brute et d'eau traitée (potable) comparée aux normes Algériennes, effectuée la 03/03/2024 :

Tableau V- 1: L'analyse complète des eaux brutes et traitées effectuée le 03/03/2024.

Paramètres	Unités	Eau brute	Eau traité	Normes de l'eau traitée Algériennes
T°	°C	12.8	12,8	25
pH	/	8.08	7.43	6,5-8,4
conductivité	µS/cm	560	565	2800
Turbidité	NTU	7.4	0,65	5
TAC	°F	16	14,6	/
TH	°F	40	39,2	50
MO	mg/l	2,62	2,31	3
MES	mg/l	9,2	0	30
RS	mg/l	420	400	1500
Ca ²⁺	mg/l	77.7	77,7	200
Mg ²⁺	mg/l	47.1	45,4	150
Na ⁺	mg/l	54.55	58.97	200
K ⁺	mg/l	4.11	4,05	12
Al ²⁺	mg/l	0	0,07	0,5
NH ₄ ⁺	mg/l	0.39	0,01	0,5
HCO ₃ ⁻	mg/l	195.2	189,1	/
PO ₄ ³⁻	mg/l	0.059	0,018	0,5
SO ₄ ²⁻	mg/l	229.4	248,8	400
NO ₃ ⁻	mg/l	7	9.97	50
NO ₂ ⁻	mg/l	0,232	0	0,1
Cl ⁻	mg/l	102.24	98,46	500

Tableau V- 2: La balance ionique des eaux brutes (03/03/2024)

Type	Paramètre	Concentration (mg/l)	Charge	Masse molaire	Concentration (meq/l)	La somme
Cations	Ca ²⁺	77,7	2	40,01	3,884029	9,7
	Mg ²⁺	47,1	2	24,305	3,8757457	
	Na ⁺	54,55	1	23	2,3717391	
	K ⁺	4,11	1	39	0,1053846	
Anions	HCO ₃ ⁻	195,2	1	61	3,2	10,97
	SO ₄ ⁽²⁻⁾	229,4	2	96	4,7791667	
	Cl ⁻	102,24	1	35,5	2,88	
	NO ₃ ⁻	7	1	62	0,1129032	
IB						6,14%

CHAPITRE 5 : Diagnostique des résultats

II-2-1 Interprétation des résultats des analyses des eaux brutes effectuée le 03/03/2024 :

IB= 6.14% ; 5% < IB < 10%, Donc l'analyse est acceptable.

Tableau V- 3: La balance ionique des eaux traitées (03/03/2024)

Type	paramètre	Concentration (mg/l)	Charge	Masse molaire	Concentration (meq/l)	La somme
Cations	Ca ²⁺	77,7	2	40,01	3,884028993	10,28
	Mg ²⁺	45,4	2	24,305	3,73585682	
	Na ⁺	58,97	1	23	2.563913043	
	K ⁺	4,05	1	39	0.103846154	
Anions	HCO ₃ ⁻	189,1	1	61	3,1	11.21
	SO ₄ ²⁻	248,8	2	96	5,183333333	
	Cl ⁻	98,46	1	35,5	2,773521127	
	NO ₃ ⁻	9,97	1	62	0.160806452	
IB						4,33%

II-2-2 Interprétation des résultats des analyses des eaux traitées effectuée le 03/03/2024 :

IB= 4.33% ; 0% < IB < 5%, Donc l'analyse est bonne.

II-2-3 Les titres de l'eau :

Tableau V- 4: Les titres des eaux (03/03/2024)

L'eau traitée	L'eau brute
<ul style="list-style-type: none"> • La dureté totale : $TH = [Ca^{2+}] + [Mg^{2+}]$ $TH = 3.88 + 3.73$ $TH = 7.61 \text{ meq/l} * 5$ $TH = 38.05 \text{ °f}$ Interprétation : La dureté de cette eau est inférieure à 50°f, donc cette eau est douce. 	<ul style="list-style-type: none"> • La dureté totale : $TH = [Ca^{2+}] + [Mg^{2+}]$ $TH = 4.43 + 2.71$ $TH = 7.14 \text{ meq/l} * 5$ $TH = 35.7 \text{ °f}$ Interprétation : La dureté de cette eau est inférieure à 50°f, donc cette eau est douce.
<ul style="list-style-type: none"> • Titre d'alcalinité complète : $TAC = [OH^-] + [CO_3^{2-}] + [HCO_3^-]$ $TAC = 0 + 0 + 3.1$ $TAC = 3.1 \text{ meq/L} * 5$ $TAC = 15.5 \text{ °f}$ 	<ul style="list-style-type: none"> • Titre d'alcalinité complète : $TAC = [OH^-] + [CO_3^{2-}] + [HCO_3^-]$ $TAC = 0 + 0 + 3.2$ $TAC = 3.2 \text{ meq/L} * 5$ $TAC = 16 \text{ °f}$
<ul style="list-style-type: none"> • Titre d'alcalin : $T \text{ alc} = [Na^+] + [K^+]$ $T \text{ alc} = 2.56 + 0.104$ $T \text{ alc} = 2.664 \text{ meq/L} * 5$ $T \text{ alc} = 13.32 \text{ °f}$ 	<ul style="list-style-type: none"> • Titre d'alcalin : $T \text{ alc} = [Na^+] + [K^+]$ $T \text{ alc} = 2.371 + 0.105$ $T \text{ alc} = 2.476 \text{ meq/L} * 5$ $T \text{ alc} = 12.38 \text{ °f}$
<ul style="list-style-type: none"> • Titre en sels d'acide forts : $SAF = [Cl^-] + [SO_4^{2-}] + [NO_3^-]$ $SAF = 5.183 + 2.77 + 0.160$ $SAF = 8.113 \text{ meq/l} * 5$ $SAF = 40.565 \text{ °f}$ 	<ul style="list-style-type: none"> • Titre en sels d'acide forts : $SAF = [Cl^-] + [SO_4^{2-}] + [NO_3^-]$ $SAF = 4.78 + 2.88 + 0.113$ $SAF = 7.773 \text{ meq/l} * 5$ $SAF = 38.856 \text{ °f}$

CHAPITRE 5 : Diagnostique des résultats

II-3 analyse 2 : Voici un tableau représentant l'analyse complète d'eau brute et d'eau traitée (potable) comparée aux normes Algériennes, effectuée le 04/04/2024 :

Tableau V- 5: L'analyse complète des eaux brutes et traitées (effectuée le 04/04/2024)

Paramètre	Unité	Eau brute	Eau traitée	La norme Algérienne
T°	°C	15,8	16,4	25
pH	/	7,84	7,52	6,5-8,4
Conductivité	µS/cm	716	725	2800
Turbidité	NTU	4,05	0,97	5
TAC	°F	16,6	18,2	/
TH	°F	41,6	36,8	50
MO	mg/l	2,91	1,92	3
MES	mg/l	10,6	0	30
RS à 105°C	mg/l	720	620	1500
Ca ²⁺	mg/l	88,57	82,13	200
Mg ²⁺	mg/l	44,27	42,39	150
Na ⁺	mg/l	51,62	58,97	200
K ⁺	mg/l	3,6	3,65	12
Al ²⁺	mg/l	0	0,07	0,2
NH ₄ ⁺	mg/l	0,158	0,03	0,5
HCO ₃ ⁻	mg/l	202,52	195,98	/
PO ₄ ³⁻	mg/l	0,017	0,017	0,5
SO ₄ ²⁻	mg/l	256,3	258,9	400
NO ₃ ⁻	mg/l	10,05	10,12	50
NO ₂ ⁻	mg/l	0,206	0	0,2
Cl ⁻	mg/l	97,92	98,54	500

Tableau V- 6: La balance ionique des eaux brutes (04/04/2024).

Type	paramètre	Concentration (mg/l)	Charge	Masse molaire	Concentration (meq/l)	La somme
Cations	Ca ²⁺	88,57	2	40,01	4,4273932	10,407
	Mg ²⁺	44,27	2	24,305	3,6428718	
	Na ⁺	51,62	1	23	2,2443478	
	K ⁺	3,6	1	39	0,0923077	
Anions	HCO ₃ ⁻	202,52	1	61	3,32	11,57
	SO ₄ ²⁻	256,3	2	96	5,3395833	
	Cl ⁻	97,92	1	35,5	2,7583099	
	NO ₃ ⁻	10,05	1	62	0,1620968	
IB						5,29%

II-3-1 Interprétation des résultats des analyses des eaux brutes effectuées le 04/04/2024 :

IB=5,29 % ; 5% < IB < 10%, donc l'analyse est acceptable.

CHAPITRE 5 : Diagnostique des résultats

Tableau V- 7: La balance ionique des eaux traitées (04/04/2024).

Type	paramètre	Concentration (mg/l)	Charge	Masse molaire	Concentration (meq/l)	La somme
Cations	Ca ²⁺	82,13	2	40,01	4,105473632	10,2511
	Mg ²⁺	42,39	2	24,305	3,488171158	
	Na ⁺	58,97	1	23	2,563913043	
	K ⁺	3,65	1	39	0,093589744	
Anions	HCO ₃ ⁻	195,53	1	61	3,205409836	11,5382
	SO ₄ ²⁻	258,9	2	96	5,39375	
	Cl ⁻	98,54	1	35,5	2,775774648	
	NO ₃ ⁻	10,12	1	62	0,163225806	
IB						5,91%

II-3-2 Interprétation des résultats des analyses des eaux traitées effectuées le 04/04/2024 :

IB= 5,91% ; 5% < IB < 10%, donc l'analyse est acceptable.

II-3-3 Les titres de l'eau :

Tableau V- 8: Les titres des eaux (04/04/2024).

L'eau traitée	L'eau brute
<p>La dureté totale : TH= [Ca²⁺] +[Mg²⁺]. TH= 4.11+ 3.49 TH= 7.6 meq/l *5 TH = 38 °f.</p> <p>Interprétation : La dureté de cette eau est inférieure à 50°f, donc cette eau est douce.</p>	<p>La dureté totale : TH= [Ca²⁺] +[Mg²⁺]. TH= 4,43+ 3,64 TH= 8,07 meq/l *5 TH = 40,35</p> <p>Interprétation : La dureté de cette eau est inférieure à 50°f, donc cette eau est douce.</p>
<p>Titre d'alcalinité complète : TAC= [OH⁻] + [CO₃²⁻] +[HCO₃⁻]. TAC= 0 + 0 + 3.205 TAC= 3.205 meq/L * 5 TAC= 16.025 °f.</p>	<p>Titre d'alcalinité complète : TAC= [OH⁻] + [CO₃²⁻] +[HCO₃⁻]. TAC= 0 + 0 + 3.32 TAC= 3.2 meq/L * 5 TAC= 16,6 °f.</p>
<p>Titre d'alcalin : T alc= [Na⁺] +[K⁺]. T alc= 2.56+ 0.093 T alc= 2.653 meq/L *5. T alc= 13.265 °f.</p>	<p>Titre d'alcalin : T alc= [Na⁺] +[K⁺]. T alc= 2,24+ 0.092 T alc= 2.332 meq/L *5. T alc= 11,66 °f.</p>
<p>Titre en sels d'acide forts : SAF= [Cl⁻] +[SO₄²⁻] +[NO₃⁻]. SAF= 5.39 +2.78+ 0.163. SAF= 8.333 meq/l * 5. SAF= 41.665 °f.</p>	<p>Titre en sels d'acide forts : SAF= [Cl⁻] +[SO₄²⁻] +[NO₃⁻]. SAF= 5,34 +2.76+ 0.162. SAF= 8,262 meq/l * 5. SAF= 41, 31 °f.</p>

CHAPITRE 5 : Diagnostique des résultats

II-3 Analyse 3 : Voici un tableau représentant l'analyse complète d'eau brute et d'eau traitée (potable) comparé au norme Algériennes, effectuée le 07/05/2024 :

Tableau V- 9: L'analyse complète des eaux brutes et traitées effectuée le 07/05/2024.

Paramètre	Unité	Eau brute	eau traitée	la norme Algérienne
T°	°C	19	18,4	25
pH	/	7.97	7,55	6,5-8,4
conductivité	µS/cm	784	786	2800
Turbidité	NTU	3.62	0,53	5
TAC	°F	16,6	16,2	/
TH	°F	36,8	36	50
MO	mg/l	1.77	0,88	5
MES	mg/l	0	0	30
RS	mg/l	750	400	1500
Ca ²⁺	mg/l	88.57	93,24	200
Mg ²⁺	mg/l	32.97	28,26	50
Na ⁺	mg/l	56.61	61.36	200
K ⁺	mg/l	3.65	3.37	12
Al ²⁺	mg/l	0	0,12	0,2
NH ₄ ⁺	mg/l	0.162	0,06	0,5
HCO ₃ ⁻	mg/l	202.52	197,64	/
PO ₄ ³⁻	mg/l		0.045	0,5
SO ₄ ²⁻	mg/l	242.7	259.2	400
NO ₃ ⁻	mg/l	10.91	10.89	50
NO ₂ ⁻	mg/l	0.167	0	0,2
Cl ⁻	mg/l	89.56	100,82	500

Tableau V- 10: La balance ionique des eaux brutes (07/05/2024)

Type	Paramètre	Concentration (mg/l)	Charge	Masse molaire	Concentration (meq/l)	La somme
Cations	Ca ²⁺	88,57	2	40,01	4,4273932	9,7
	Mg ²⁺	32,97	2	24,305	2,713022	
	Na ⁺	56,61	1	23	2,4613043	
	K ⁺	3,65	1	39	0,0935897	
Anions	HCO ₃ ⁻	202,52	1	61	3,32	11,07
	SO ₄ ²⁻	242,7	2	96	5,05625	
	Cl ⁻	89,56	1	35,5	2,5228169	
	NO ₃ ⁻	10,91	1	62	0,1759677	
IB						6,60%

II-3-1 Interprétations des résultats des analyses des eaux brutes effectuées le 07/05/2024 :

IB= 6.60% ; 5% < IB < 10%, donc l'analyse est acceptable.

CHAPITRE 5 : Diagnostique des résultats

Tableau V- 11: La balance ionique des eaux traitées (07/05/2024).

Type	Paramètre	Concentration (mg/l)	Charge	Masse molaire	Concentration (meq/l)	La somme (meq/l)
Cations	Ca ²⁺	93,24	2	40,01	4,6608348	9,82
	Mg ²⁺	29,16	2	24,305	2,3995063	
	Na ⁺	61,61	1	23	2,6786957	
	K ⁺	3,37	1	39	0,0864103	
Anions	HCO ₃ ⁻	197,64	1	61	3,24	11,49
	SO ₄ ²⁻	259,2	2	96	5,4	
	Cl ⁻	95,14	1	35,5	2,68	
	NO ₃ ⁻	10,89	1	62	0,1756452	
IB						7,84%

II-3-2 Interprétation des résultats des analyses des eaux traitées effectuées le 07/05/2024:

IB= 7.84% ; 5% < IB < 10%, donc l'analyse est acceptable.

II-3-3 Les titres des eaux :

Tableau V- 12: Les titres des eaux (07/05/2024).

L'eau traitée	L'eau brute
<p>La dureté totale : TH= [Ca²⁺] + [Mg²⁺]. TH= 4.60+ 2.40 TH= 7.06mEq/l *5 TH = 35.3 °f. Interprétation : La dureté de cette eau est inférieure à 50°f, donc cette eau est douce.</p>	<p>La dureté totale : TH= [Ca²⁺] + [Mg²⁺]. TH= 4.43+ 2.71 TH= 7.14mEq/l *5 TH = 35.7 °f. Interprétation : La dureté de cette eau est inférieure à 50°f, donc cette eau est douce.</p>
<p>Titre d'alcalinité complète : TAC= [OH⁻] + [CO₃²⁻] + [HCO₃⁻]. TAC= 0 + 0 + 3.24 TAC= 3.205 meq/L * 5 TAC= 16.2 °f.</p>	<p>Titre d'alcalinité complète : TAC= [OH⁻] + [CO₃²⁻] + [HCO₃⁻]. TAC= 0 + 0 + 3.32 TAC= 3.205 meq/L * 5 TAC= 16.6 °f.</p>
<p>Titre d'alcalin : T alc= [Na⁺] + [K⁺]. T alc= 2.68+ 0.086 T alc= 2.766mEq/L *5. T alc= 13.83 °f.</p>	<p>Titre d'alcalin : T alc= [Na⁺] + [K⁺]. T alc= 2.46+ 0.094 T alc= 2.554mEq/L *5. T alc= 12.77 °f.</p>
<p>Titre en sels d'acide forts : SAF=[Cl⁻] + [SO₄²⁻] + [NO₃⁻]. SAF= 5.4 + 2.68 + 0.175. SAF= 8.255mEq/l * 5. SAF= 41.275 °f.</p>	<p>Titre en sels d'acide forts : SAF=[Cl⁻] + [SO₄²⁻] + [NO₃⁻]. SAF= 5.06 + 2.52 + 0.18. SAF= 7.76 meq/l * 5. SAF= 38.8 °f.</p>

CHAPITRE 5 : Diagnostique des résultats

III- Interprétation de graphes:

III-1 Potentiel d'hydrogène :

La figure ci-dessous représente les valeurs de pH des eaux brutes, les eaux décantées et les traitées pendant la période d'étude Mars, Avril, Mai.

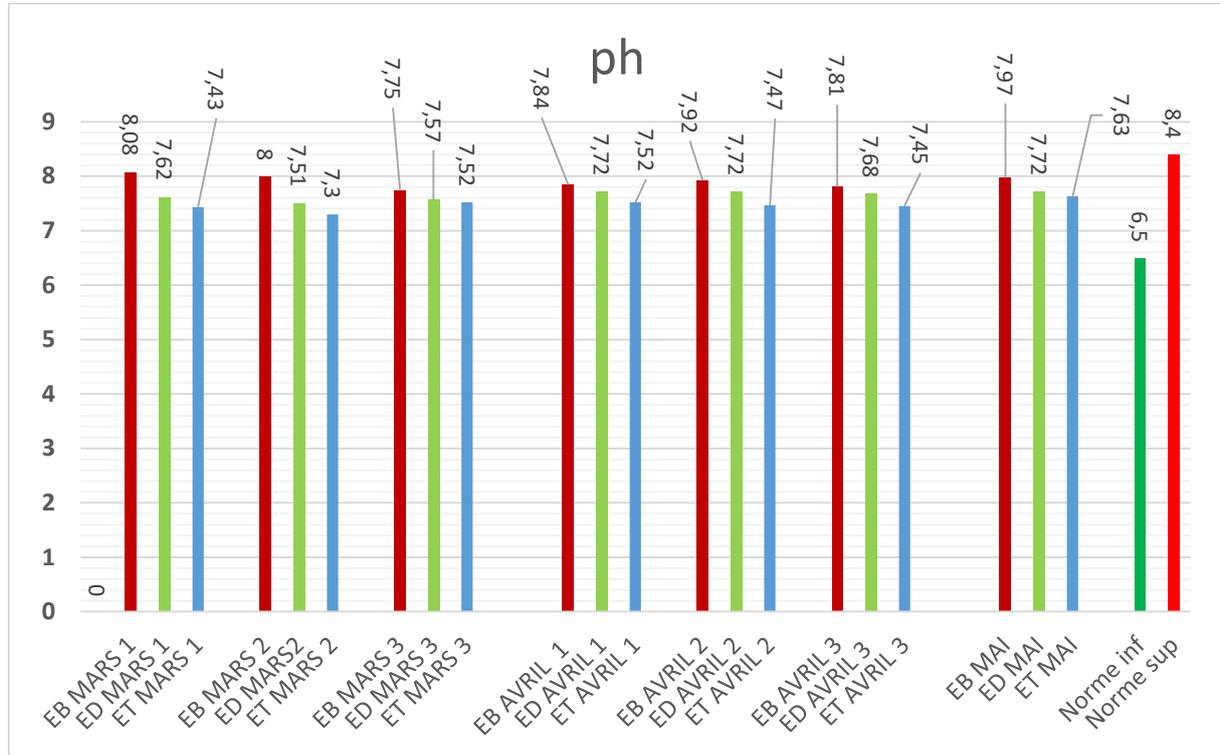
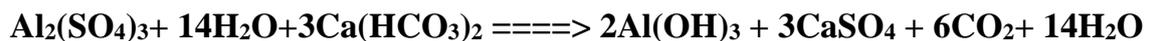


Figure V- 1: Variation de pH avant et après le traitement

D'après les résultats ci-dessus nous constatons que le pH de l'eau brute avoisine la valeur 8, cette dernière est dans les normes avec une légère tendance alcaline due à la présence de carbonate et bicarbonate provenant des terrains calcaires traversés par cette eau.

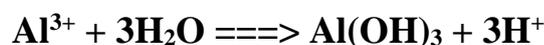
Nous remarquons une diminution de pH après l'étape de coagulation cela peut s'expliquer par l'ajout de sulfate d'alumine comme un coagulant, Lorsqu'il est ajouté à l'eau, le sulfate d'alumine se dissocie et réagit avec l'eau pour former des ions d'aluminium et des acides sulfuriques, ce qui entraîne une diminution du pH.

Ci-après la formule chimique suivante complète de l'étape de coagulation :



L'alcalinité des eaux diminue après la clarification grâce à :

- Soit à l'oxydation des ions d'aluminium avec les ions d'hydroxyde suivant la formule ci-après :



CHAPITRE 5 : Diagnostique des résultats

Après cette oxydation il y'a la formation des ions H^+ qui augmentent l'acidité de l'eau, ce qui diminue ainsi le pH

$$[OH^-] < [H^+] === \text{pH diminue}$$

- Soit à la précipitation des bicarbonates (HCO_3) qui sont transformés en CO_2 .

La valeur de pH de L'eau traitée à pour moyenne 7.5, donc elle répond à une valeur idéale pour la consommation humaine [16].

III-2 Température.

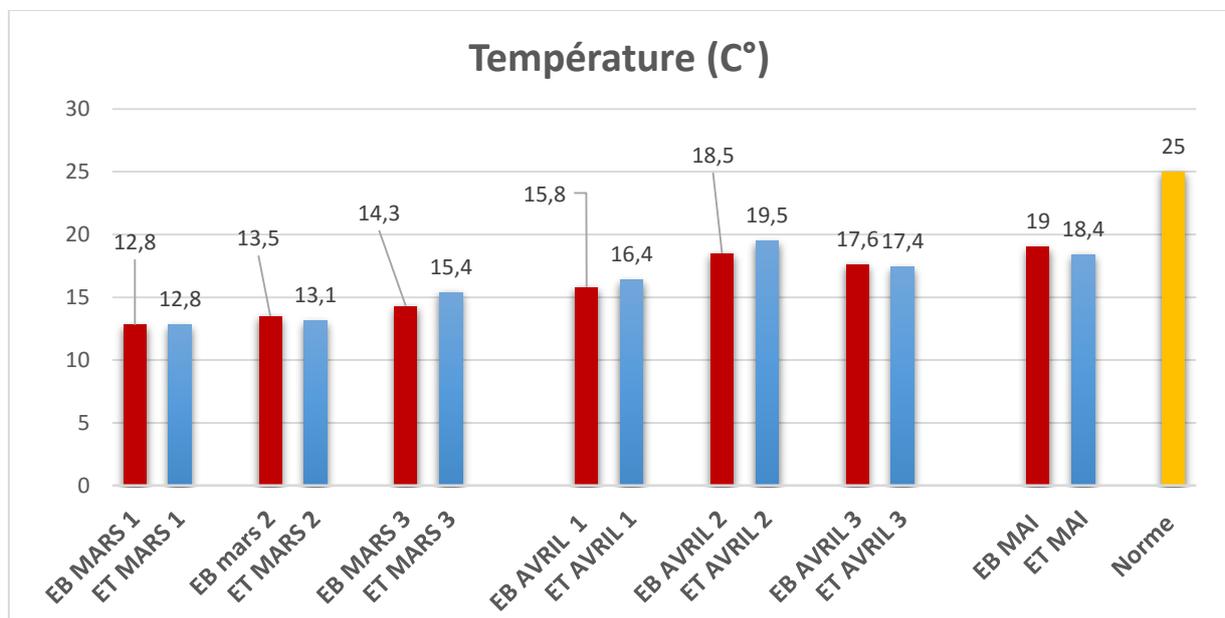


Figure V- 2: Variation de température avant et après le traitement

Nous remarquons que les valeurs de température des différents mois sont inférieures à la norme maximale qui est estimée à 25°C, la valeur maximale de l'eau brute est de 19°C en mois d'avril et l'eau traitée est de 18,4°C en mois de Mai, mais toutefois nous constatons que pour les mois d'Avril et de Mai les températures sont légèrement supérieures à celle du mois de Mars cela est dû à l'influence des températures atmosphériques.

III-3 Turbidité :

La turbidité des eaux de surface tels que les barrages est due à la présence de particules en suspension de la dégradation de la matière organique.

La figure ci-dessous représente les teneurs de turbidité des eaux brutes, décantées, filtrées et traitées pendant la période d'étude de 3 mois Mars, Avril, Mai.

CHAPITRE 5 : Diagnostique des résultats

Les résultats obtenus sont représentés par la figure suivante :

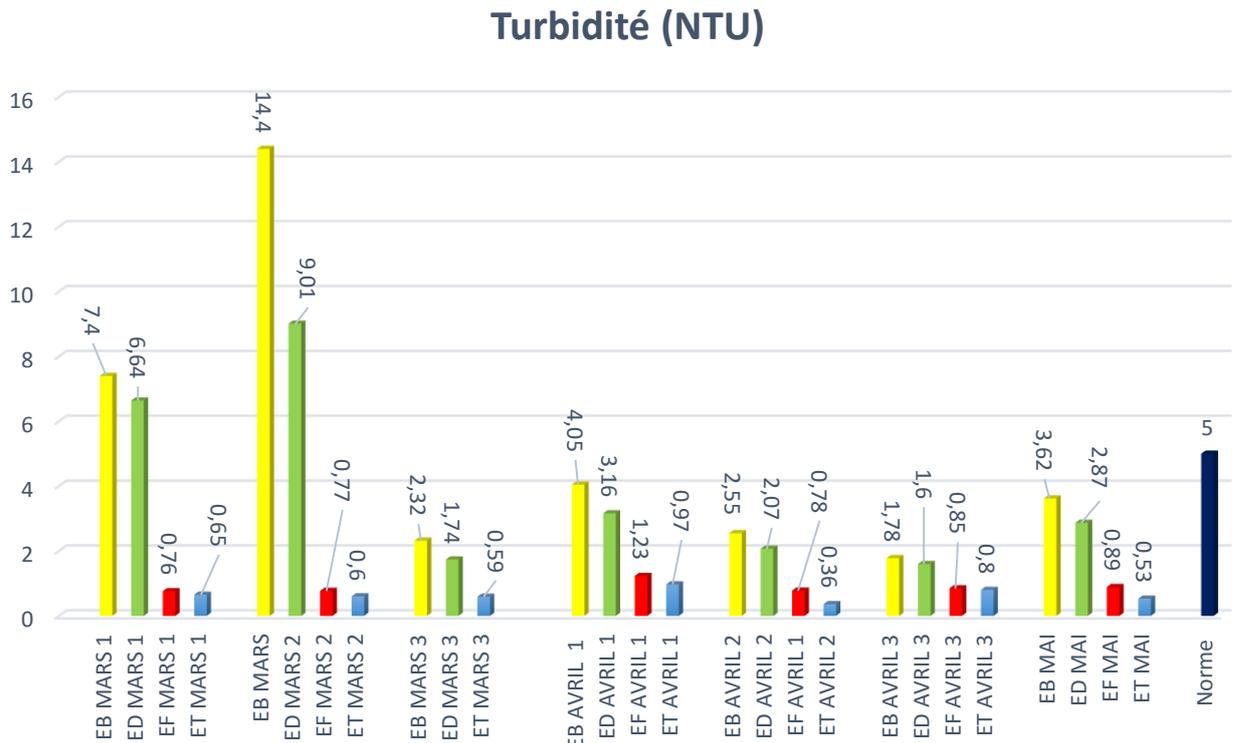


Figure V- 3: Variation de turbidité avant et pendant et après le traitement.

Tableau V- 13: Variation de la turbidité avant et après le traitement pendant la période d'étude.

Date de l'analyse	Eau brute NTU	Sulfate d'alumine (Coagulant) (ppm)	Polymères (Floculant) (ppm)	Eau décantée NTU	Eau filtrée NTU	Eau traitée NTU
03/03/24	7.4	10	0.05	6.64	0.76	0.65
12/03/24	14.4	20	0.05	9.01	0.77	0.6
02/04/20	4.05	/	/	3.16	1.23	0.97
08/04/24	2.55	/	/	2.07	0.78	0.36
15/04/24	1.78	/	/	1.6	0.85	0.8
07/05/24	3.62	0.8	0.05	2.87	0.89	0.53

- **03 et 12/03/2024** : nous constatons que la turbidité des eaux brutes de cette période est de 7.4 et 14.4 NTU ; ces résultats dépassent la norme requise, et ceci s'explique par la pluviométrie qui était assez importante pendant cette période, la cause peut être également due à l'érosion des sols et à l'activité agricole telle que l'utilisation excessive des engrais et des pesticides, puis nous remarquons une diminution de la

CHAPITRE 5 : Diagnostique des résultats

turbidité après la décantation (6.64 et 9.01 NTU) grâce à un dosage optimale de coagulant et floculant après une simulation de Jar-test au niveau de laboratoire de la station . Une diminution importante de la turbidité (0.76 et 0.77 NTU) grâce à une étape de filtration sur sable très fiable et très efficace.

- **02, 08, 15/04/2024** : Nous constatons une turbidité faible requise entre 1.6 et 3.16 NTU, puis nous remarquons une diminution de la turbidité légère après la décantation cela est dû à la non injection de coagulant sulfate d'alumine c'est parce-que la turbidité des eaux brutes ne dépasse pas la norme. La turbidité décroît encore grâce à une filtration sur sable (1.23, 0.78, 0.85 NTU).

Suite à des traitements efficaces (coagulation, floculation et filtration sur sable) réalisés au niveau de la station de traitement, nous ont permis de donner une eau traitée répondant à la norme algérienne fixée au 5 NTU.

Remarque :

La coagulation joue un rôle essentiel en diminuant la turbidité, c'est-à-dire la présence de particules fines en suspension qui troublent l'eau. Grâce à l'utilisation d'agents coagulants, cette méthode permet de former des floccs plus gros et plus aisément dissous dans l'eau.

La filtration sur sable consiste à éliminer les particules solides et les substances contaminants en passant l'eau à travers une fine couche de sable, ce qui permet de réduire la turbidité et d'éliminer les matières en suspension **[18]**.

III-4 Conductivité électrique :

La conductivité permet d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau. Elle permet d'obtenir une information très utile pour caractériser l'eau et elle est également fonction de la température de l'eau. Cette conductivité est exprimée en ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

CHAPITRE 5 : Diagnostique des résultats

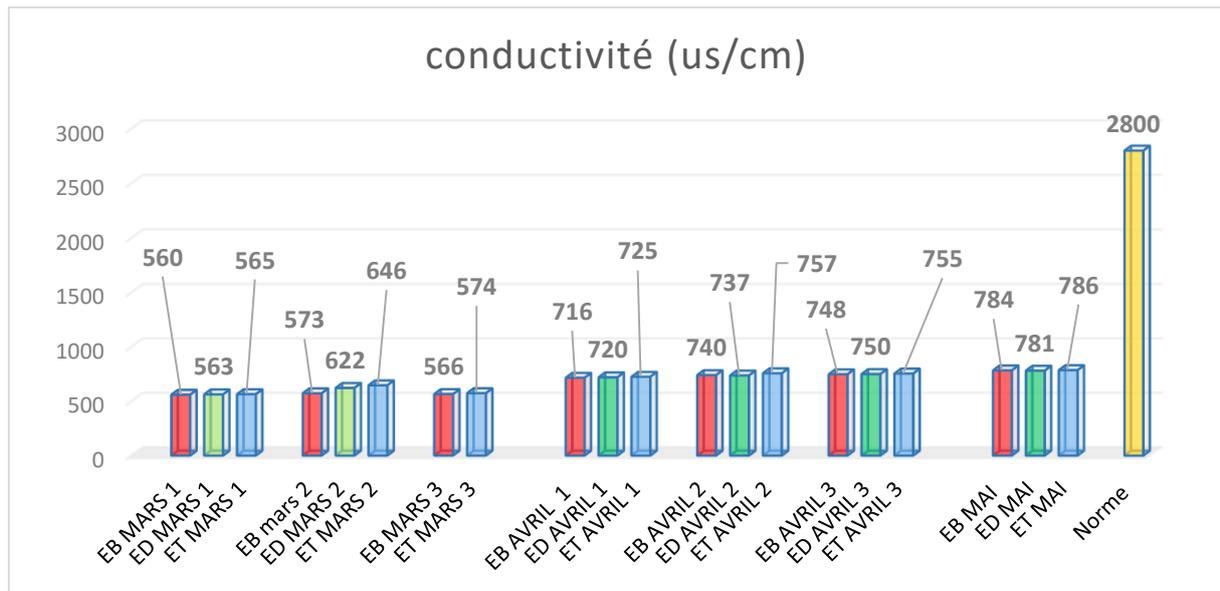


Figure V- 4: Variation de conductivité avant ,pendant et après le traitement.

La relation entre la conductivité électrique et la minéralisation des eaux sont proportionnellement liées.

D'après les résultats obtenus et représentés par le graphe ci-dessus, nous constatons que ce soit pour l'eau brute ou l'eau traitée les valeurs sont comprises entre 560 et 786 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Nous remarquons que la conductivité électrique est faible cela explique que cette eau est faiblement minéralisée.

Par ailleurs nous constatons dans tous les cas que la conductivité électrique des eaux traitées et les eaux décantées est légèrement supérieure à celle des eaux brutes cela revient à 2 sources :

- La coagulation : l'ajout de coagulant comme le sulfate d'alumine pendant la clarification qui augmente la concentration des ions dissous comme les sulfates (SO_4)₂ dans l'eau, ce qui peut accroître la conductivité électrique.
- La désinfection : l'ajout de Cl_2 comme un désinfectant qui se transforme en Cl^- au niveau d'ouvrage d'entrée pour la prés-désinfection et avant le stockage des eaux traitées pour la post-désinfection, l'eau peut introduire des ions chlorure supplémentaires.

Tableau V- 14: La variation de CE avant et après le traitement.

Date de l'analyse	Eau brute ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Pré_ Chloration (ppm)	Sulfate d'alumine (ppm)	Eau décantée ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Post chloration (ppm)	Eau traitée ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
03/03/24	560	0.3	10	563	2.5	565
12/03/24	573	0.3	20	622	2.3	646
02/04/20	716	0.3	/	720	2.3	725
08/04/24	740	0.3	/	737	2	757
15/04/24	748	2.7	/	750	1.8	755
07/05/24	784	2.5	0.8	781	1.90	786

CHAPITRE 5 : Diagnostique des résultats

La source de l'augmentation des conductivités électriques pendant le traitement :

-Pour les dates 03/03 et 12/03/2024: nous constatons l'augmentation de CE dans les eaux décantées (après la clarification) et cela est dû à :

- A l'injection de Cl_2 lors de la pré-chloration à l'entrée de la station qui s'est décomposé en ions Cl^- .
- A l'injection de sulfate d'alumine pendant la coagulation qui s'est décomposé en ions Al^{2+} et SO_4^{2-} .

Nous constatons également une augmentation de CE lors de la post-chloration après l'injection Cl_2 à l'entrée des réservoirs de stockage des eaux traitées.

-Pour les dates 02/04 et 08/04 et 12/04/2024: nous constatons une légère augmentation de CE dans les eaux décantées lors de la pré-chloration après injection de Cl_2 qui se transforme en ions Cl^- (Pas d'injection de sulfate d'alumine).

Nous constatons par ailleurs une importante augmentation de CE dans les eaux traitées lors de la post-chloration après le dosage important de Cl_2 .

On peut conclure que tous les résultats obtenus sont conformes à la norme Algérienne qui est fixée à $2800 \mu S/cm$.

III-5 Titre d'alcalinité complète :

La figure ci-dessous représente les teneurs de TAC des eaux brutes et les eaux traitées pendant la période de d'étude de 3 mois Mars, Avril, Mai.

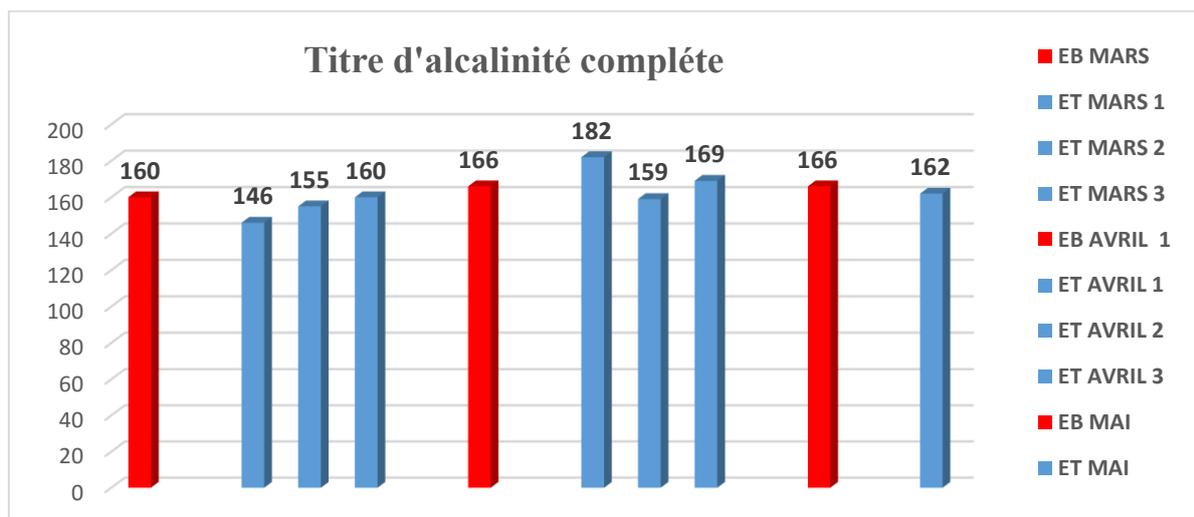


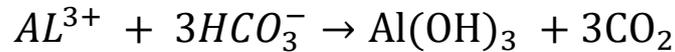
Figure V- 5: Variation de titre d'alcalinité complète avant et après le traitement.

Les eaux sont alcalines en grande partie en raison de la présence de bicarbonates (HCO_3^-), de carbonates CO_3^{2-} et, dans une moindre mesure, d'hydroxydes (OH^-).

CHAPITRE 5 : Diagnostique des résultats

Les eaux traitées présentent une baisse des taux de TAC par rapport aux eaux brutes en raison de la précipitation des bicarbonates lors de la coagulation (utilisation de sulfate d'alumine), et de leur transformation en gaz CO_2 .

Ci-après la réaction chimique explicative :



La réaction entre les ions aluminium et les ions bicarbonates peut entraîner la formation d'hydroxyde d'aluminium et de dioxyde de carbone.

III-6 Dureté totale :

Le graphe ci-dessous représente les concentrations des duretés totales des eaux brutes et eaux traitées en $\text{mg} (\text{CaCO}_3) / \text{L}$ pendant la période d'étude de trois mois : Mars, Avril, Mai effectuées au niveau de laboratoire de la station de traitement de Koudiat Acerdoune.

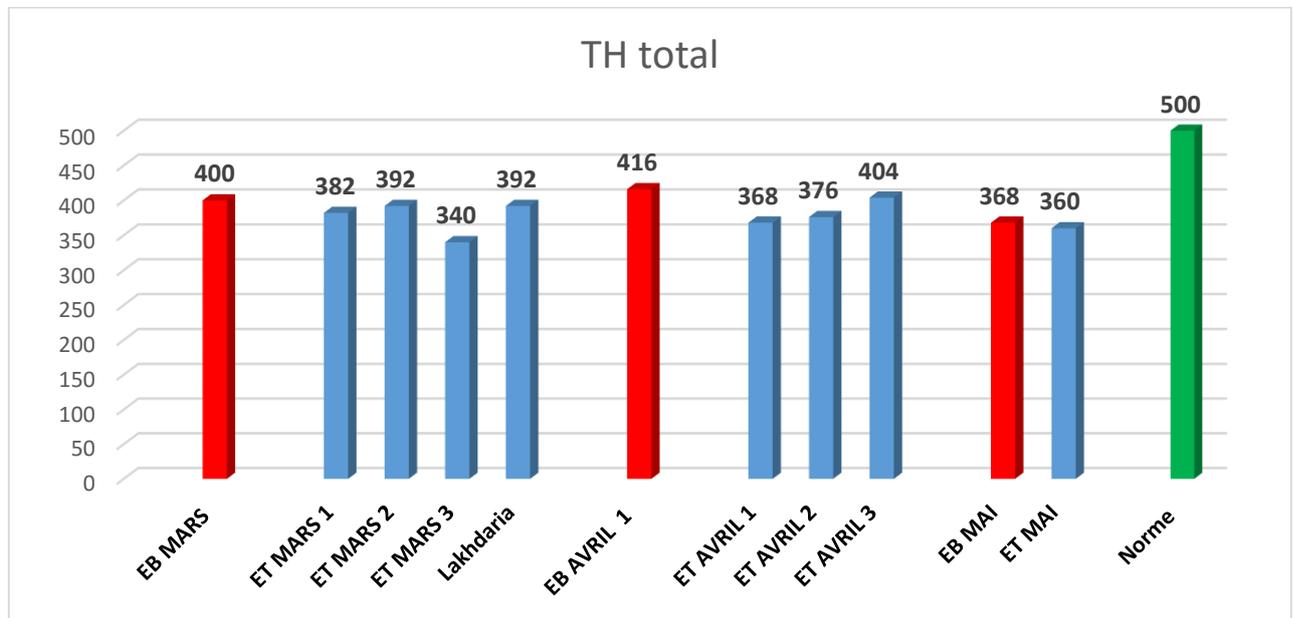


Figure V- 6: Variation de dureté avant et après le traitement.

La dureté totale de l'eau est une mesure de la concentration totale de certains ions métalliques, principalement les ions calcium (Ca^{2+}) et magnésium (Mg^{2+}).

D'après la figure ci-dessus la dureté totale des eaux brutes et traitées qui est comprise entre 340 et 416 $\text{mg} (\text{CaCO}_3) / \text{L}$ est dans les normes requises estimées à 500 $\text{mg} (\text{CaCO}_3) / \text{L}$. Donc c'est une eau naturelle pauvre en calcaire.

Nous concluons que cette eau ne nécessite pas un adoucissement parce-que la dureté des eaux traitées diminue grâce à une précipitation de $\text{Ca}(\text{SO}_4)$ et $\text{Mg}(\text{SO}_4)$ après la coagulation.

CHAPITRE 5 : Diagnostique des résultats

La justification de la diminution de la dureté dans les eaux traitées :

Pendant la coagulation des eaux, les ions calcium (Ca^{2+}) et magnésium (Mg^{2+}) peuvent être précipités sous forme de composés insolubles, réduisant ainsi la dureté de l'eau.

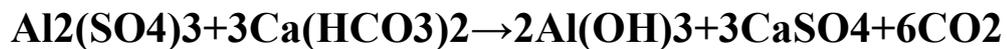
Principe et impact de coagulation sur la dureté :

L'ajout de coagulant le sulfate d'alumine ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) neutralise les charges électriques des particules en suspension dans l'eau, facilitant une agrégation en floccs plus gros.

Les coagulants réagissent avec les bicarbonates de calcium et magnésium, entraînant la formation de précipités insolubles qui peuvent être éliminés par sédimentation et filtration.

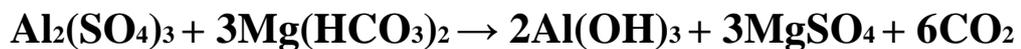
Ci-après les formules chimiques explicatives :

- Réaction de sulfate d'alumine avec les bicarbonates de calcium :



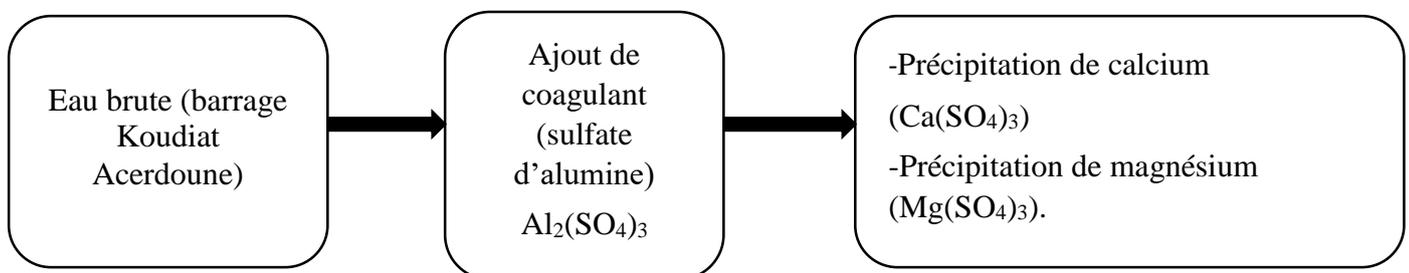
- $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$: Sulfate d'aluminium.
- $3\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$: Bicarbonate de calcium.
- $2\text{Al}(\text{OH})_3$: Hydroxyde d'aluminium.
- 3CaSO_4 : Sulfate de calcium (précipité).
- 6CO_2 : Dioxyde de carbone.

- Réaction de sulfate d'alumine avec les bicarbonates de magnésium :



- $3\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$: Bicarbonate de magnésium
- 3MgSO_4 : Sulfate de magnésium (précipité).

Schéma simplifié du processus de la diminution de la dureté :



CHAPITRE 5 : Diagnostic des résultats

III-7 Calcium :

La figure ci-dessus représente les concentrations de calcium des eaux à l'entrée et la sortie de la station de traitement de Koudiat Acerdoune pendant les trois mois d'étude Mars, Avril, Mai.

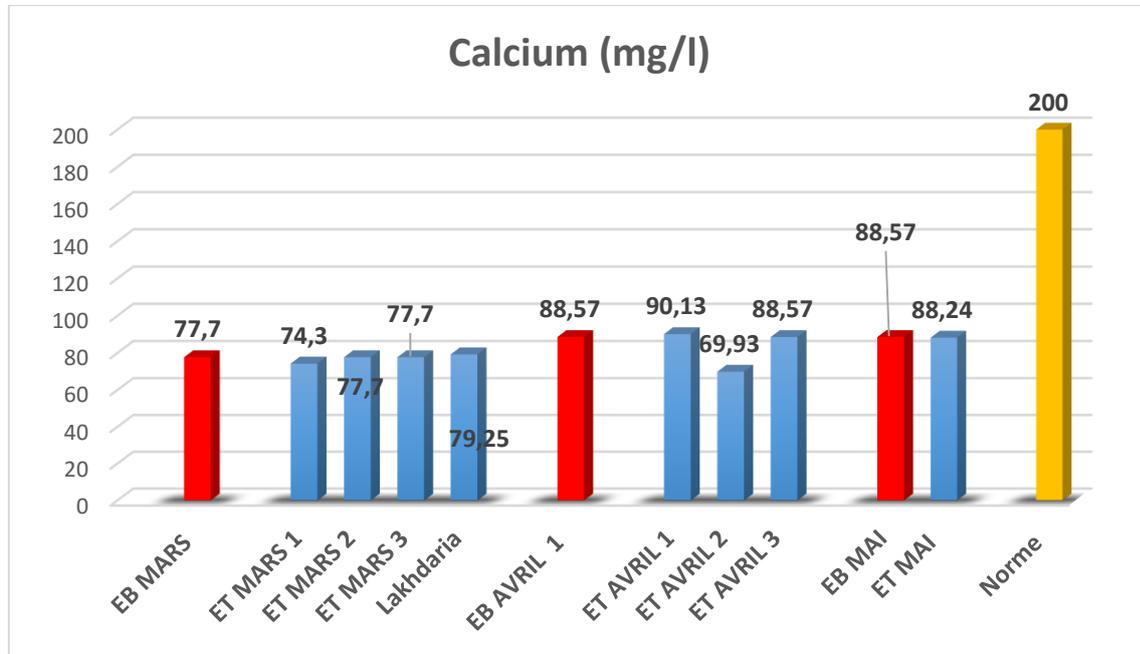


Figure V- 7: Variation de calcium avant et après le traitement.

Les résultats obtenus montrent que les valeurs des concentrations de calcium que ce soit pour les eaux brutes ou pour les eaux traitées sont comprises entre 69.93 et 93.24 mg/l, répondent aux normes requises estimées à 200 mg/l.

On justifie la diminution de calcium dans les eaux traitées par sa précipitation pendant la coagulation et sa transformation de $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ en $\text{Ca}(\text{SO}_4)_2$ précipité.

Ci-après la réaction chimique explicative :



- $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$: Sulfate d'aluminium.
- $3\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$: Bicarbonate de calcium.
- $2\text{Al}(\text{OH})_3$: Hydroxyde d'aluminium.
- 3CaSO_4 : Sulfate de calcium (précipité).
- 6CO_2 : Dioxyde de carbone.

CHAPITRE 5 : Diagnostique des résultats

III-8 Magnésium :

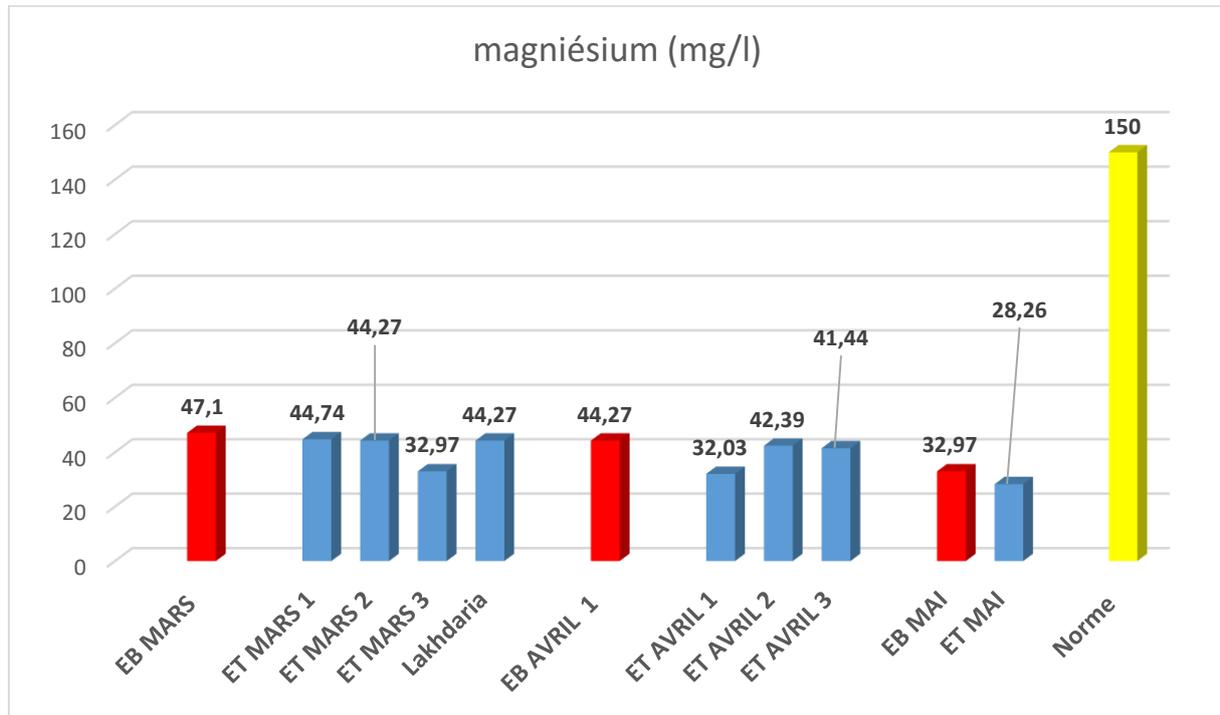


Figure V- 8: Variation de magnésium avant et après le traitement.

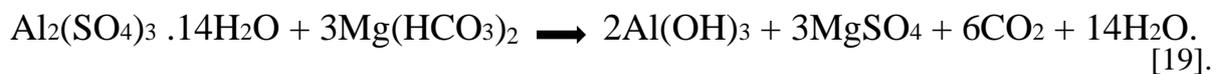
La figure ci-dessus représente les variations de concentration du magnésium pendant les trois mois d'étude mars, avril, mai effectuées au niveau de la station de traitement Koudiat Acerdoune.

Nous remarquons que ce soit pour les eaux brutes ou les eaux traitées, les concentrations de magnésium sont faibles tout le long de la période d'étude et ces concentrations varient entre 28.26 et 47.1 mg/l.

Nous concluons que ces concentrations de Mg^{2+} sont dans les normes requises.

On justifie la diminution de magnésium dans les eaux traitées par sa précipitation pendant la coagulation et sa transformation de $Mg(HCO_3)_2$ en $Mg(SO_4)_3$ précipité.

Ci-après la réaction chimique explicative :



- $Al_2(SO_4)_3$: Sulfate d'aluminium.
- $3Mg(HCO_3)_2$: Bicarbonate de magnésium.
- $2Al(OH)_3$: Hydroxyde d'aluminium.
- $3MgSO_4$: Sulfate de magnésium (précipité).
- $6CO_2$: Dioxyde de carbone.

CHAPITRE 5 : Diagnostique des résultats

III-9 Les chlorures :

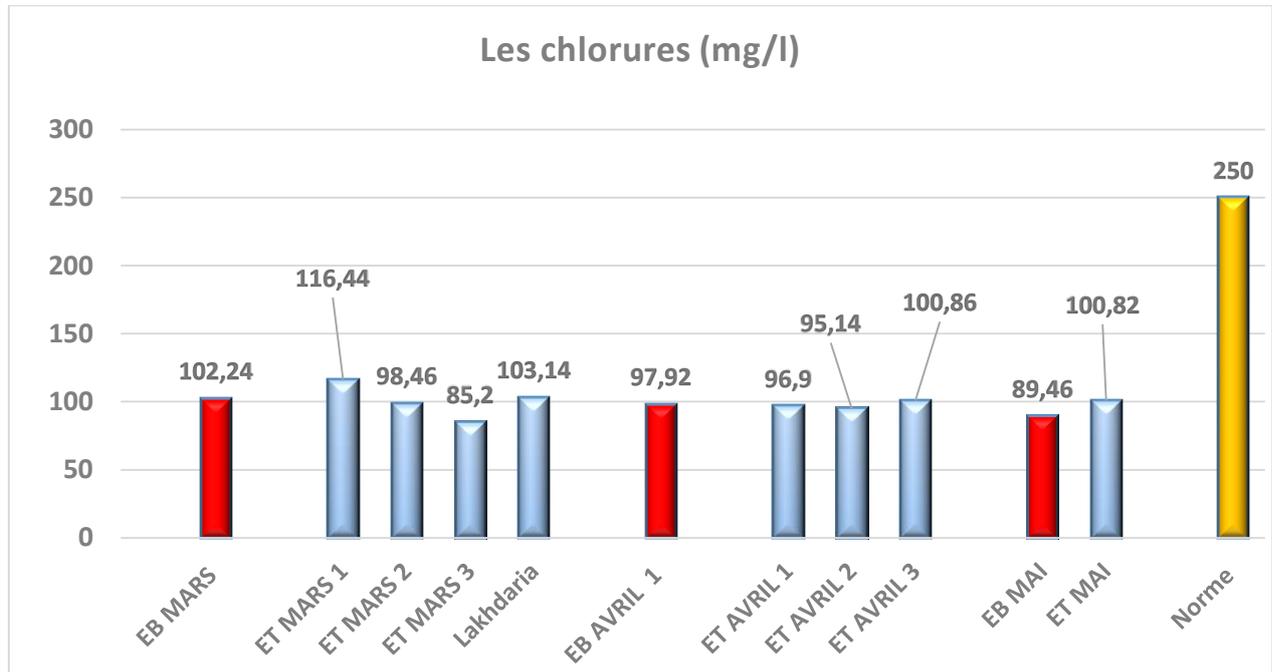


Figure V- 9: Variation des chlorures avant et après le traitement.

La figure ci-dessous représente les concentrations des chlorures des eaux à l'entrée et la sortie de la station de traitement de Koudiat Acerdoune pendant les trois mois d'étude Mars, Avril, Mai.

Les concentrations des chlorures obtenues que ce soit pour les eaux brutes ou les eaux traitées qui varient entre 85.2 et 116.14 mg/l répondent à la norme exigée par l'OMS qui est évaluée à 250mg/l.

On remarque que les concentrations des chlorures à la sortie de la station (eau traitée) sont légèrement supérieures à celles des eaux brutes (entrée de la station) ce qui peut être justifié par l'apport en chlore dans la phase de désinfection sous forme de chlore gazeux Cl_2 qui se transforme en ions Cl^- .

Le chlore injecté dans l'eau se décompose très rapidement en acide hypochloreux et acide chlorhydrique selon une réaction endothermique :



- La dissolution de l'acide hypochloreux :



Puis
$$\text{OCl}^- + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$$

- La dissolution de l'acide chlorhydrique:



CHAPITRE 5 : Diagnostique des résultats

Dans l'eau, la conversion du chlore gazeux en ions chlorures est un processus à plusieurs étapes qui débute par la dissolution du chlore, puis la formation de l'acide chlorhydrique et de l'acide hypochloreux, puis la formation d'ions chlorures [20].

III-10 Bicarbonates :

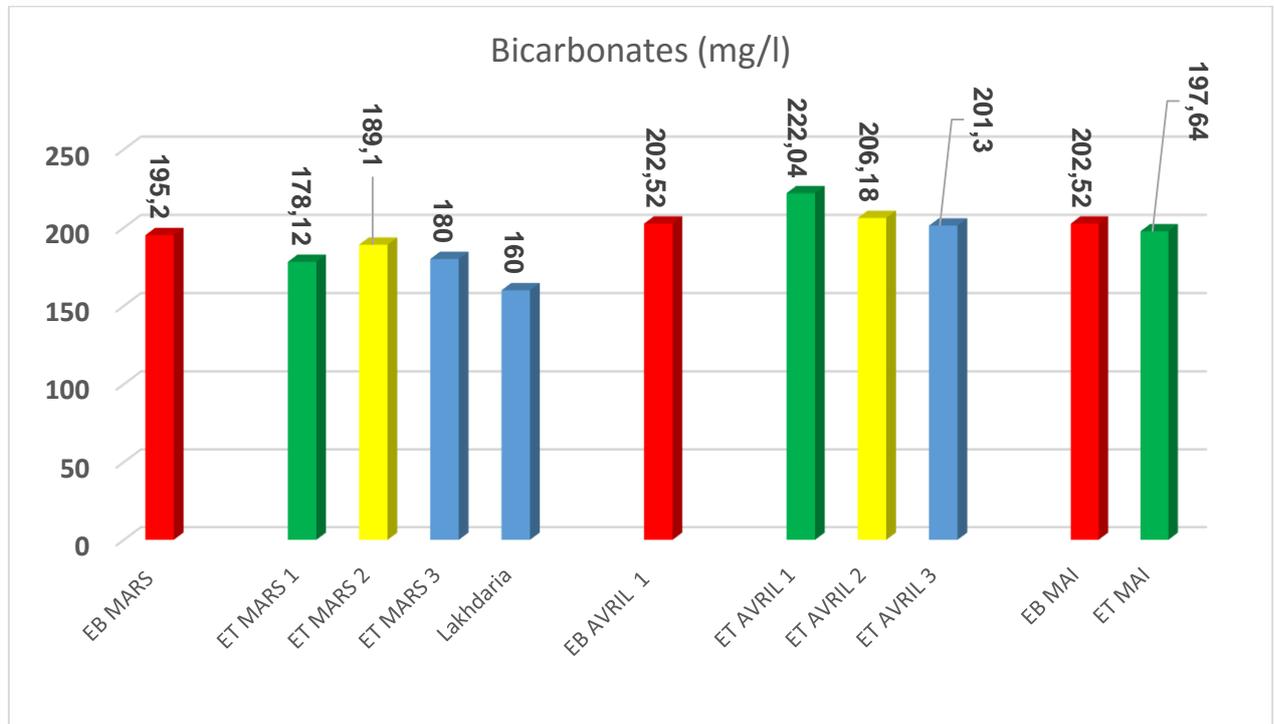


Figure V- 10: Variation des bicarbonates avant et après le traitement.

Le graphe suivant représente les différentes teneurs des bicarbonates des eaux brutes et les eaux traitées obtenues pendant les trois mois d'étude Mars, Avril, Mai.

Les bicarbonates sont en relation direct avec la dureté totale et dureté temporaire qui sont conformes à la norme algérienne, qui ne fixe aucune valeur pour HCO_3^- , quel que soit la concentration des bicarbonates cela n'affecte pas la potabilité de l'eau.

CHAPITRE 5 : Diagnostique des résultats

III-11 Matière organique :

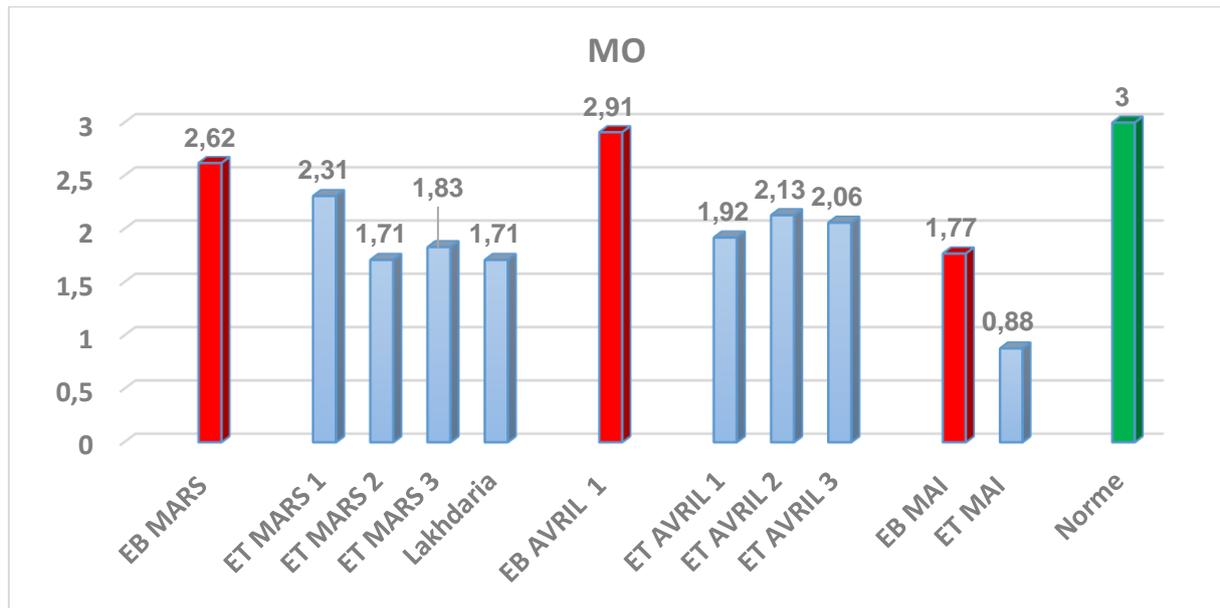


Figure V- 11: Variation des matières organiques avant et après le traitement.

L'eau peut être contaminée par la matière organique qui est issue de la destruction des organismes vivants végétaux et animaux des cours d'eau. Les animaux et les végétaux se dégradent, ce qui entraîne une concentration de matière organique. Les fluctuations de la matière organique sont causées par l'irrégularité des précipitations [21].

Le graphe ci-dessus représente les teneurs des matières organiques pendant la période d'étude de 3 mois Mars, Avril, Mai des eaux brutes et les eaux traitées

Nous remarquons sur le graphe que les concentrations de la matière organique en général sont proches à la norme requise à 3 mg/l, mais suite au traitement effectué au niveau de la station de traitement, les concentrations de la matière organique dans les eaux traitées diminuent en aboutissant à des résultats satisfaisants.

III-12 Résidu sec à 105°C :

Les résidus secs dans l'eau, également connus sous le terme de résidus totaux en suspension, font référence à la quantité totale de matière solide non dissoute présente dans l'eau. Les résidus secs peuvent provenir de différentes sources, notamment les activités agricoles, industrielles et urbaines, le ruissellement et les rejets des eaux usées ...etc.

La figure au-dessous représente les concentrations de résidu sec à 105°C en mg/L pour les eaux brutes et les eaux traitées obtenus pendant la période d'étude de 3 mois Mars, Avril, Mai 2024.

CHAPITRE 5 : Diagnostique des résultats

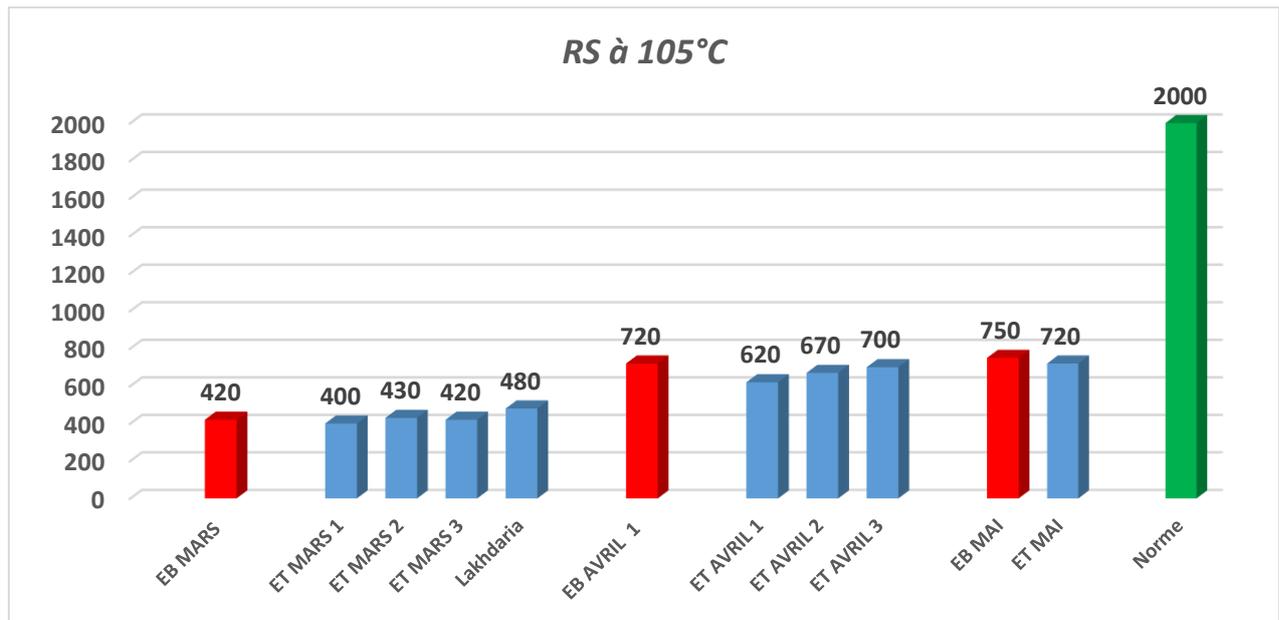


Figure V- 12: Variation des RS à 105°C avant et après le traitement.

Les teneurs du résidu sec sont comprises entre **420 à 750 mg/l** pour les eaux brutes et **400 à 720 mg/l** pour les eaux traitées, ces résultats répondent à la norme algérienne requise à 2000 mg/l.

III-13 Matières en suspension :

La figure ci-dessous représente les concentrations des matières en suspension des eaux brutes et les eaux traitées pendant la période d'étude de 3 mois (Mars, Avril, Mai 2024).

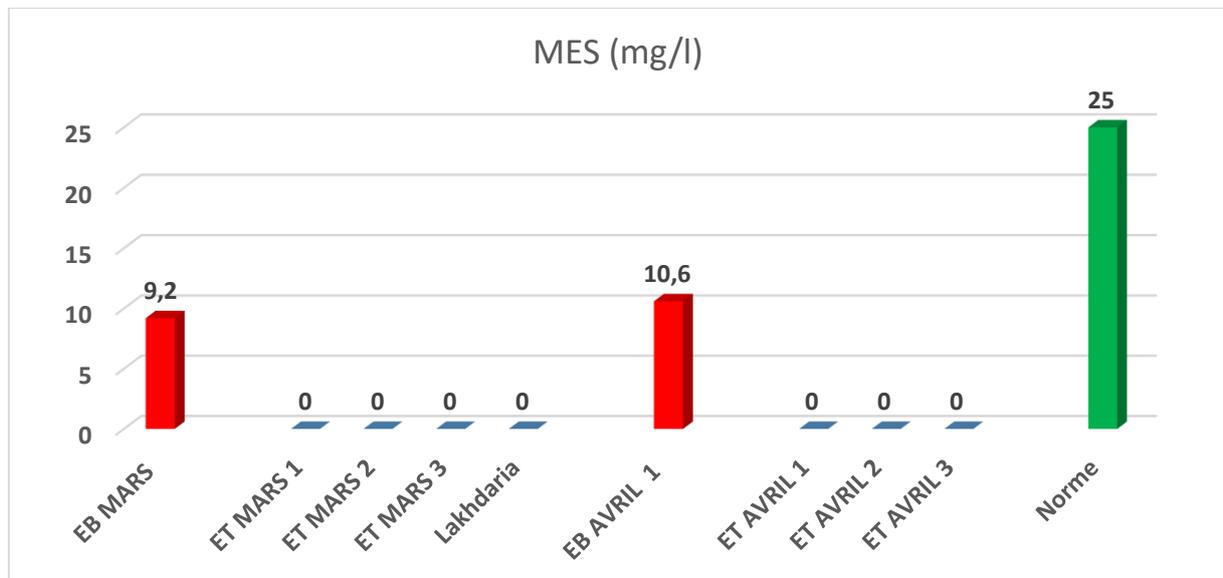


Figure V- 13: Variation des matières en suspension avant et après le traitement.

CHAPITRE 5 : Diagnostique des résultats

La teneur des matières en suspension pour les eaux de surface est de l'ordre de 9.2 mg/l au début du mois de Mars et de **10.6 mg/l** au début de mois d'Avril, teneurs qui répondent à la norme qui est fixée à **25 mg/l** et après traitement ces matières ont complètement disparu des eaux traitées ce qui confère à l'eau une clarté idéale.

III-14 Nitrite :

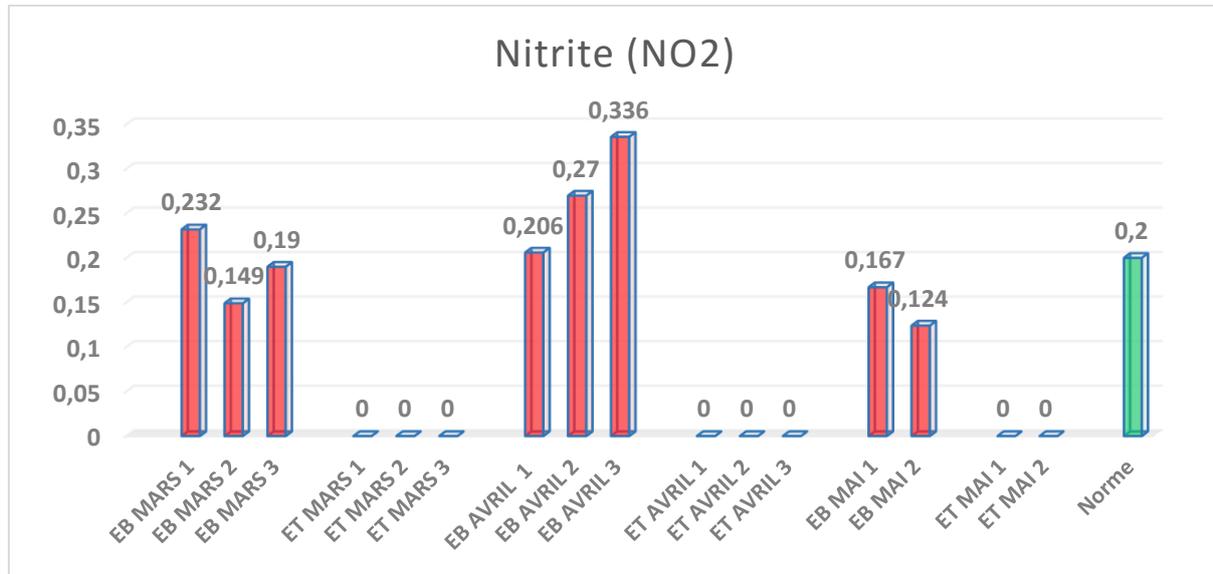


Figure V- 14: Variation de nitrite avant et après le traitement.

La figure ci-dessus représente les concentrations des nitrites des eaux brutes de barrage de Koudiat Acerdoune et les eaux traitées de l'unité de production UPKA pendant la période de stage de 3 mois Mars, Avril, Mai.

Nous remarquons que les concentrations des nitrites dans l'eau brute au mois de Mars est dans les normes sauf la première analyse effectuée le 03/03/2024, par contre au mois d'Avril les concentrations comprises entre 0.206 mg/l et 0.336 mg/l dépassent la norme Algérienne requise à 0,2 mg/l cela peut s'expliquer par l'apport des eaux de ruissèlement qui sont chargés de nitrite provenant des terres agricoles, au mois de Mai, la concentration des nitrites dans les eaux brutes répondent aux normes. L'absence des nitrites dans l'eau traitée s'explique par l'efficacité du traitement effectué au niveau de la station.

III-15 Ammonium :

L'ammonium est considéré comme un paramètre de pollution présent dans les eaux naturelles.

La figure ci-dessous représente les teneurs d'ammonium dans les eaux brutes de barrage de Koudiat Acerdoune et les eaux traitées de la station de traitement pendant les 3 mois d'étude Mars, Avril, Mai 2024.

CHAPITRE 5 : Diagnostique des résultats

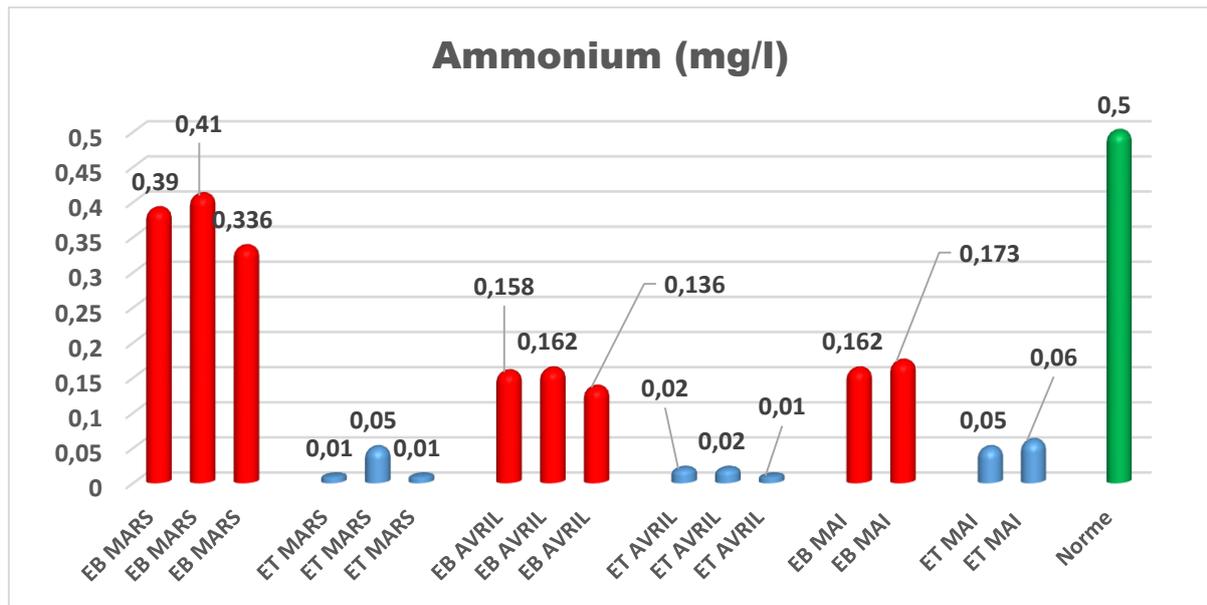


Figure V- 15: Variation d'ammonium avant et après le traitement

Les teneurs en ammonium (mg/l) dans les eaux brutes sont légèrement élevées pendant les 3 mois d'étude (mars, avril, mai) avec un léger excès pendant le mois de mars, mais sans toutefois dépasser la norme requise qui est estimée à 0.5 mg/l.

Cette présence d'ammonium (qui un indicateur révélateur de la pollution de l'eau) dans notre eau brute est sûrement due aux rejets organiques qui sont d'origine agricole, domestique ou industriel.

Après les traitements effectués à la station pendant la période d'étude, les concentration d'ammonium obtenues sont presque nulles ce qui dénotent que les traitements effectués sont efficaces.

- La concentration de l'ammonium diminue grâce à une clarification aérienne ou a lieu son oxydation (ammonification) qui se transforme en nitrites NO_2^- , cette étape est réalisée par des bactéries nitrifiantes du genre *Nitrosomonas* et *Nitrosococcus*.

La réaction chimique peut être représentée ainsi :



- L'oxydation de nitrite en nitrate :
Les nitrates subissent une nitrification en présence de l' O_2 et se transforme en nitrates, cette étape est effectuée par des bactéries nitrifiantes du genre *Nitrobacter*, *Nitrospina*, *Nitrococcus* et *Nitrospira*.

La réaction chimique est la suivante :



[22]

CHAPITRE 5 : Diagnostique des résultats

III-16 Nítrate:

Les concentrations des nitrates des eaux brutes de barrage de Koudiat Acerdoune et les eaux traitées produites par l'unité de production UPKA sont présentées dans la figure ci-dessous pendant 3mois d'étude Mars, Avril, Mai 2024.

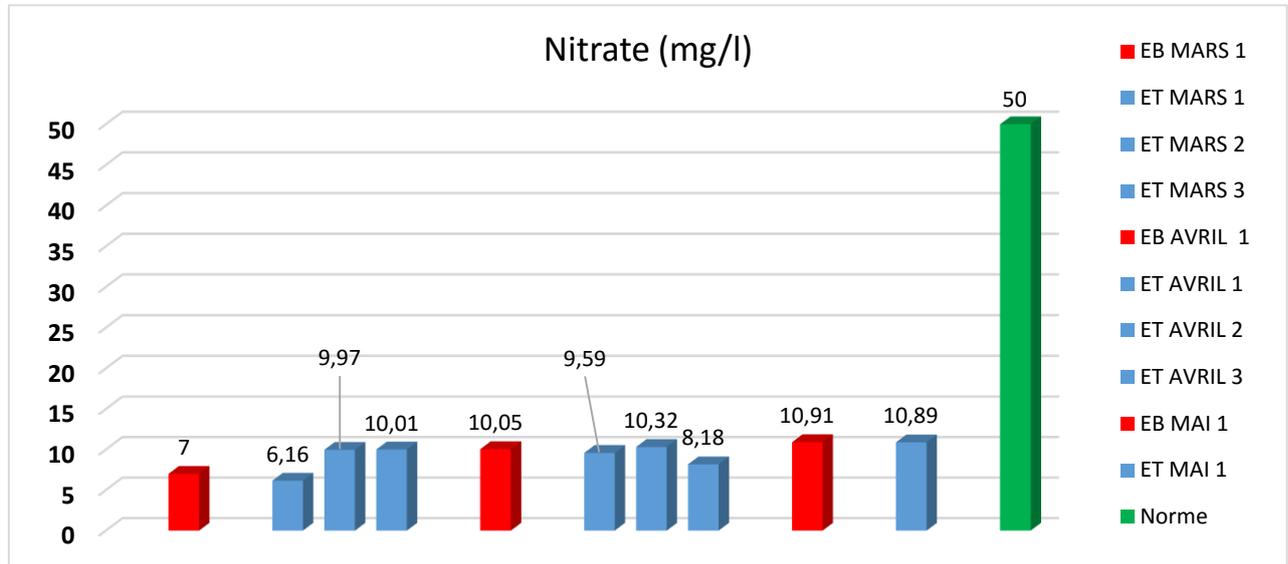


Figure V- 16: Variation des nitrates avant et après le traitement.

La teneur de l'eau brute pendant la période des 3 mois Mars, Avril, Mai est comprise entre une minimale qui est de 7 mg/l et une maximale de 10,91 mg/l, par contre celle de l'eau traitée pour la même période, elle est comprise entre 6.16 mg/l et 9.97 mg/l et comme la norme des nitrates est fixée à 50mg/l, nous pouvons dire que les résultats obtenus sont dans les normes requises.

La cause de l'augmentation des nitrates dans les eaux traitées est due à l'oxydation de l'ammonium NH_4^+ (ammonification) qui se transforme en nitrites NO_2^- , puis l'oxydation de ces derniers (la nitrification) qui se transforme en NO_3^- en présence de O_2 .

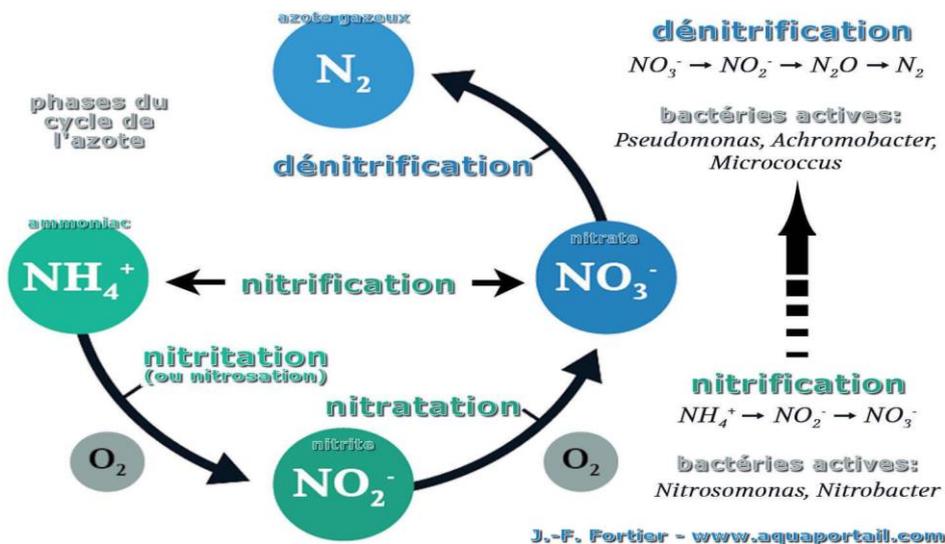


Figure V- 17: Cycle azoté

CHAPITRE 5 : Diagnostique des résultats

III-17 Phosphate :

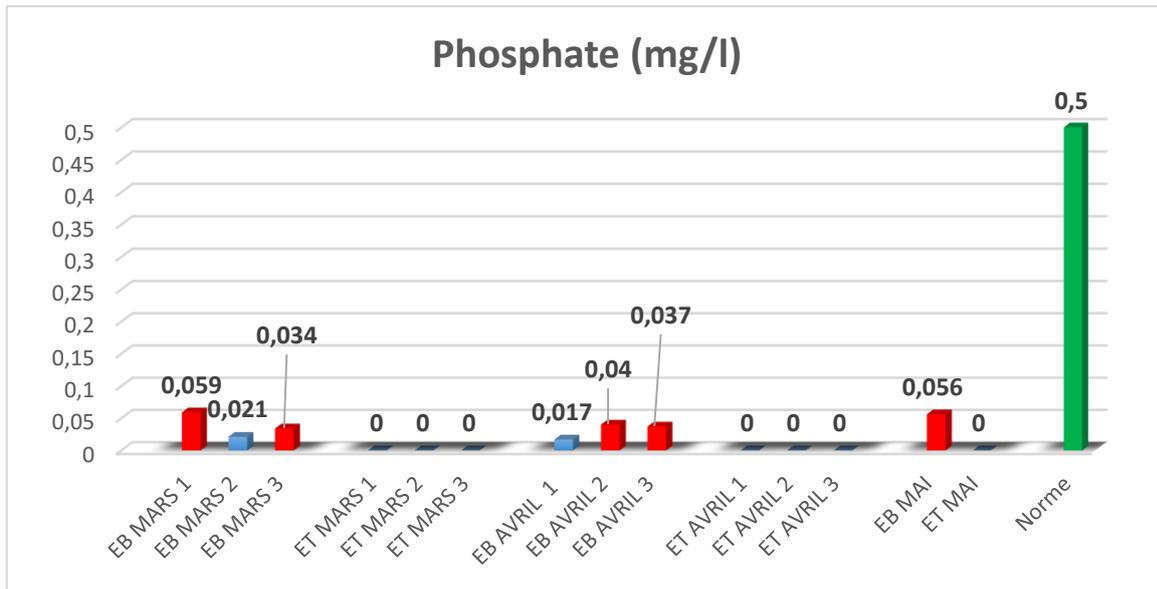


Figure V- 18: Variation de phosphate avant et après le traitement.

La figure ci-dessus représente la teneur des phosphates pour les eaux brutes du barrage ainsi que celle des eaux traitées tout au long de la période d'étude qui s'étale du mois de mars jusqu'au mois de mai.

Nous remarquons une légère augmentation de la concentration des phosphates pour l'eau brute lors des 3 mois d'étude, cette présence peut être due aux rejets des détergents domestiques ou aux rejets des engrais qui peuvent provenir des champs agricoles avoisinants.

Nous constatons, qu'après traitement au niveau de la station, une élimination totale du taux de concentration rendant l'eau potable vis-à-vis de cet élément chimique.

III-18 Sulfates :

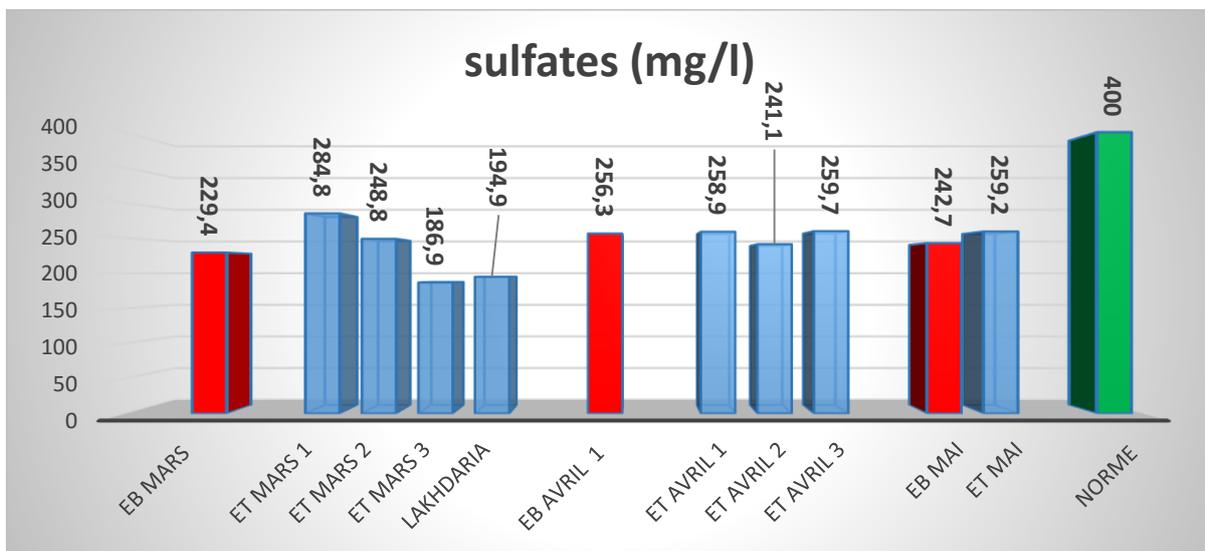


Figure V- 19: Variation des sulfates avant et après le traitement.

CHAPITRE 5 : Diagnostique des résultats

La figure ci-dessus représente les différentes concentrations des sulfates dans les eaux brutes et les eaux traitées pendant la période mars, avril, mai.

Nous constatons que les teneurs en sulfates pour les eaux brutes (229.4, 242.7, 256.3 mg/l) sont presque identiques pour les 3 mois d'étude, par ailleurs nous notons une légère augmentation dans les eaux traitées (la plus élevée est de 284.8 mg/l) ceci s'explique par l'ajout du sulfate d'alumine ($Al_2(SO_4)_3$) comme coagulant dans l'étape de coagulation.

Ces teneurs restent toujours largement inférieures à la norme algérienne exigée qui est de 400 mg/l.

III-19 Aluminium :

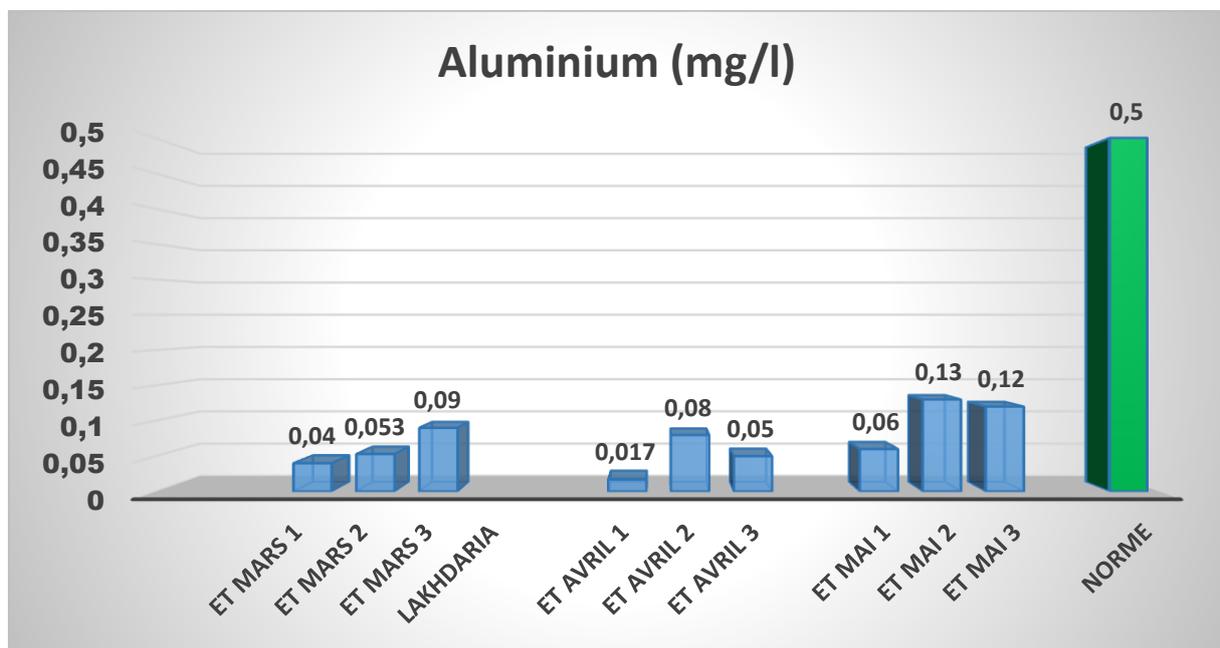


Figure V- 20: Variation d'aluminium avant et après le traitement.

Le graphe ci-dessus représente le taux d'aluminium pour les eaux traitées pendant la période d'étude mars, avril, mai

Si pour l'eau brute le taux d'aluminium est quasiment nul par contre dans les eaux traitées son taux varie entre 0.017 et 0.13 mg/l tout le long de la période d'étude de mars à mai, sa présence peut se justifier par l'injection du coagulant le sulfate d'alumine ($Al_2(SO_4)_3$) dans l'étape de coagulation au niveau de la station.

Toutes les concentrations obtenues et qui varient entre 0.017 et 0.13 mg/l sont toutes sans danger pour la santé humaine parce qu'elles restent largement en-deçà de la norme exigée qui est de 0.5 mg/l.

CHAPITRE 5 : Diagnostique des résultats

III-20 Sodium :

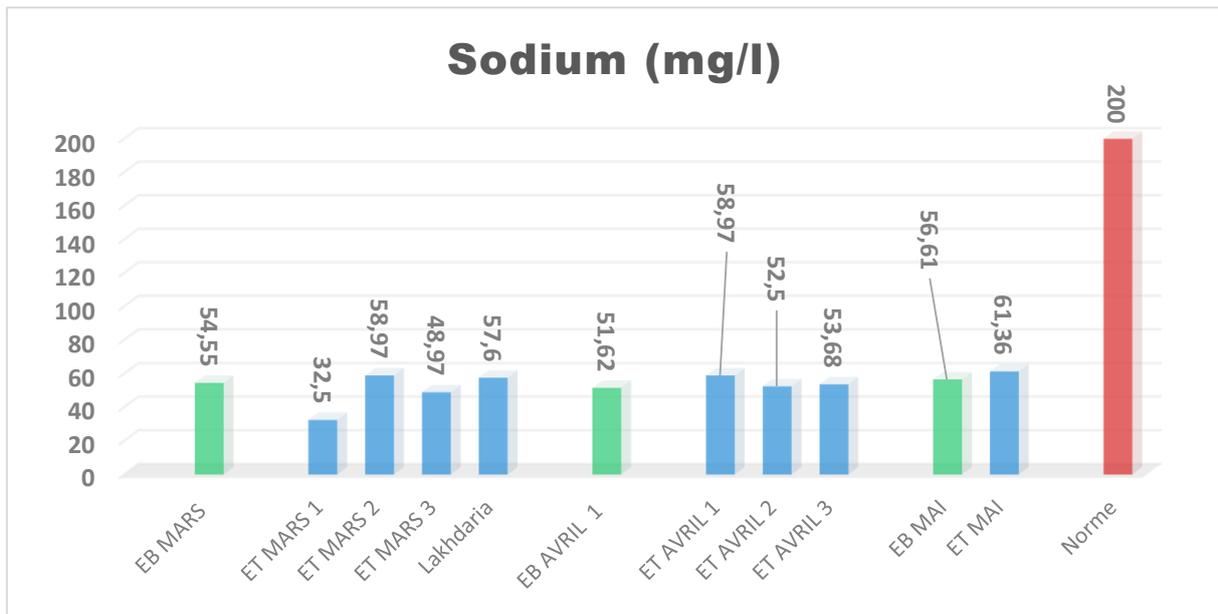


Figure V- 21: Variation de sodium avant et après le traitement.

La figure ci-dessus représente les différents teneurs en sodium dans les eaux brutes et les eaux traitées tout au long de la période d'étude.

D'après le graphe nous constatons que les teneurs en sodium sont faibles, elles sont comprises entre 51,62 et 56,61 mg/l pour les eaux brutes et 32,5 et 61,63 mg/l pour les eaux traitées, nous remarquons une très légère augmentation pour les eaux traitées sans grande signification mais l'ensemble reste tout de même dans les normes Algériennes requises.

III-21 Potassium:

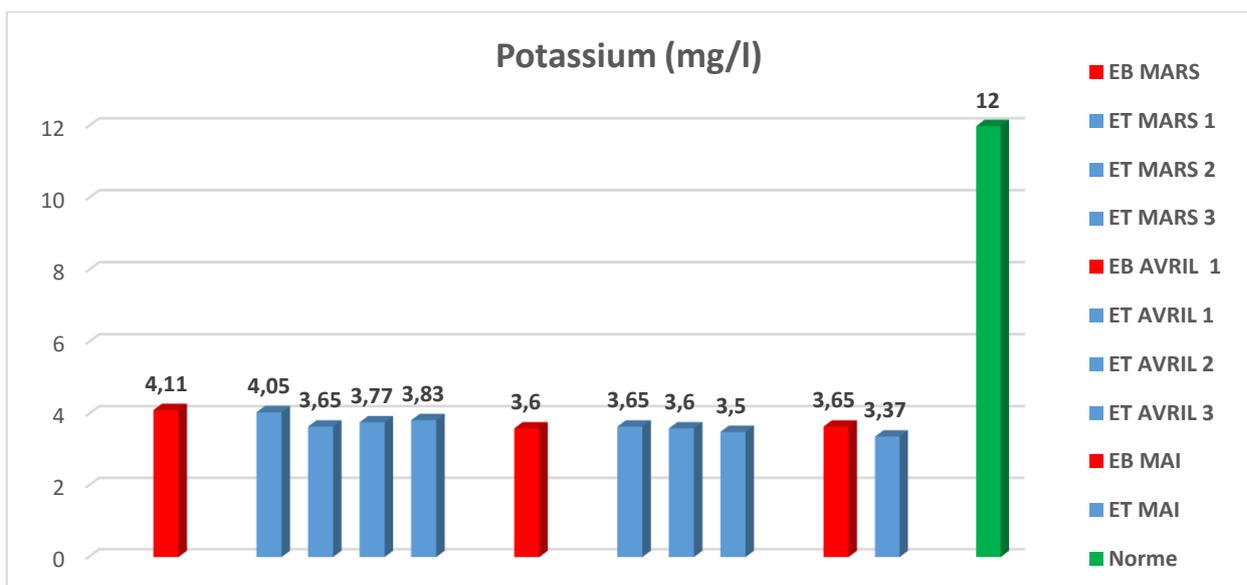


Figure V- 22: Variation de potassium avant et après le traitement

CHAPITRE 5 : Diagnostique des résultats

Le graphe ci-dessus représente les différentes teneurs du potassium exprimées en mg/l pour l'eau brute et l'eau traitée pendant la période d'étude (mars, avril, mai).

Le potassium est un élément chimique qui est naturellement présent dans les eaux de surface mais peut également provenir de l'activité humaine. Après des études étalées sur 3 mois effectuées à la sortie du barrage et au niveau de la station par des traitements adéquats, les résultats obtenus montrent que les teneurs sont à peu près égales tout le long de l'étude (**Les eaux brutes sont comprises entre 3.6 et 4.11 mg/l et les eaux traitées sont comprises entre 3.37 et 4.05 mg/l**) avec une très légère hausse au début du mois de mars mais cela reste dans les normes algériennes requises.

IV- Conclusion :

Dans notre étude qui a duré 3 mois Mars, Avril, Mai au niveau de la station Koudiat acerdoune, l'interprétation des analyses des paramètres physico-chimiques des eaux de barrage nous a permis de relever ces caractéristiques.

Nous remarquons que le paramètre turbidité des eaux augmente à cause de l'impact des eaux pluviométriques, le paramètre dureté n'a jamais dépassé les normes requises ce qui nous fait croire que notre eau à traiter ne renferme pas ou renferme très peu de calcium et de magnésium, donc notre traitement au niveau de la station ne nécessite pas un adoucissement pour faire diminuer le TH.

Grace à une clarification aérienne (Présence d'O₂) l'élimination de l'ammonium se fait dans les eaux brutes en se transformant en nitrites, étape appelée ammonification, ces nitrites se transforment à leur tour en nitrates en présence toujours d'O₂ et cette étape appelée nitrification.

La source des nitrites dans les eaux brutes est due au ruissellement des eaux provenant des terrains agricoles avoisinants vers l'ouvrage de la source.

La matière organique contenue dans les eaux brutes provient de la décomposition des matières végétale et animale.

Conclusion générale

Conclusion générale

Les eaux des barrages sont exposées à différentes pollutions et sont souvent de mauvaise qualité.

Après avoir achevé cette étude visant à évaluer l'efficacité du traitement à la station de potabilisation de l'eau de barrage Koudiat Acerdoune dans la région de Bouira.

L'objectif initial consistait à examiner attentivement les différentes méthodes de traitement des eaux destinées à la consommation humaine, dont on estime cinq étapes dans l'ordre suivant :

- La station reçoit de l'eau brute.
- La cascade d'aération fournit l'oxygène requis pour oxyder la pollution par les bactéries et l'injection de quelque réactif comme le HCl et la soude pour corriger le pH, le charbon actif en poudre pour éliminer les odeurs et le goût et une étape de pré-chloration par le Cl₂ et l'injection de permanganate de potassium en aval de la cascade.
- L'étape de clarification (**DESENDEG**) permet d'éliminer de nombreux composés présents dans les eaux de surface, elle se divise en trois étapes :

La coagulation consiste à ajouter un coagulant (sulfate d'alumine) qui déstabilise les colloïdes et forme des agrégats de taille adéquate pour être séparés de l'eau à l'aide d'un agitateur rapide.

L'opération de floculation consiste à coaguler les particules déstabilisées en les agglomérant à l'aide d'un "agitateur lent" pour éviter les cassures des floccs par les polymères.

Dans le traitement des eaux, la coagulation et la floculation ont pour but l'élimination des matières en suspensions et colloïdales.

La décantation lamellaire consiste à séparer les substances en suspension présentes dans l'eau brute et celles qui se forment lors de l'étape de coagulation floculation (les floccs grossiers).

- Le processus de filtration sur sable (**AQUAZUR V**) est un processus "d'affinage". La technique de filtration sur sable est fréquemment employée afin de traiter l'eau potable. Cette méthode consiste à faire circuler l'eau à travers un lit de sable afin de supprimer les particules en suspension et les micro-organismes présents. Le type de filtre à sable de la station est un filtre à sable uniforme constituant un matériau poreux appelé filtre.
- La collecte et l'évacuation de l'eau qui a traversé le milieu filtrant seront effectuées dans le réservoir d'eau traitée après l'étape de la post-chloration par le Cl₂, qui a une capacité totale de 52000 m³. Ensuite, elle sera distribuée vers 4 réservoirs de stockage, chacun avec une capacité de 13000 m³.

Le deuxième but était de vérifier la qualité de l'eau brute du barrage de Koudiat Acerdoune ainsi que la potabilité de celle traitée par la station de traitement. Des analyses physico-chimiques et bactériologiques ont été effectuées en laboratoire afin de discuter et comparer les résultats obtenus avec les normes de potabilisation algériennes.

Conclusion générale

Grâce à cette approche, nous avons eu la possibilité d'observer les divers outils d'analyse et de mesure.

En conclusion, le barrage de Koudiat Acerdoune est un barrage récent qui a été mis en service en 2009. Son principal cours d'eau est l'oued Isser.

La localisation géologique du barrage est propice à la collecte des eaux de ruissellement provenant des montagnes entourant le barrage et des terrains agricoles qui l'avoisine.

Les méthodes de traitement utilisées dans la station sont performantes et sont adéquates pour générer une eau de qualité et très fiable pour la consommation humaine.

Il est observé que les prélèvements sont effectués avant et après chaque procédure afin de vérifier la qualité de l'eau brute et le taux d'élimination des impuretés et de la pollution associée à cette eau.

La station de traitement n'effectue actuellement pas l'étape de la post-coagulation, car l'eau décantée ne renferme pas du polymère résiduel, ce qui signifie qu'une filtration sur sable avec une désinfection secondaire au chlore sera suffisante.

La surveillance de sa consommation (réseau de distribution) est assurée.

La station de traitement ne réalise pas des analyses des métaux lourds parce qu'à ses alentours il n'existe pas de zones industrielles.

La dureté moyenne des eaux brutes de notre barrage est inférieure à la valeur standard (norme algérienne), ce qui signifie qu'elles ne nécessitent pas un adoucissement.

Nous enregistrons dans nos analyses des paramètres de pollution qui ne dépassent pas les normes algériennes et cette pollution peut s'expliquer par l'apport d'engrais dans les eaux de ruissellement qui traversent les champs agricoles.

Selon les analyses physico-chimiques et microbiologiques, il est démontré que l'eau utilisée pour la consommation humaine ne renferme aucun contaminant ou bactérie pathogène, et elle est conforme aux normes de potabilisation en Algérie.

Finalement, selon cette étude, il est possible de conclure que la chaîne de traitement de cette station est efficace et produit une eau de qualité prête à être utilisée.

REFERENCE
BIBLIOGRAPHIQUE.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

- [1] **O. RODIMOVA (1 avril 2022)** : Le rôle de la définition de l'absorption continue dans le cas de l'absorption H₂O – N₂.
- [2] **J GABRIEL (1993)** : Chimie moléculaire de clusters octaédriques minéraux ou rhénium et du molybdène.
- [3] **Mamadou Thierno Gueye, Dame Bop, O. Gueye (21 octobre 2022)** : Evaluation de la qualité des ressources en eau de boisson de la communauté rurale de Patar (SENEGAL) : Focus sur le fluor.
- [4] **Jean-Michel SOUBEYROUX (25 octobre 2023)** : L'impact de changements climatiques sur le cycle de l'eau à partir du nouveau portail DRIAS-EAU.
["https://ap-prod-frontend-observer.firebaseio.com/main.js?f4f1755908a75cde0200"](https://ap-prod-frontend-observer.firebaseio.com/main.js?f4f1755908a75cde0200)
- [5] **D. Couillard, Y. Lefebvre (1 décembre 1986)** : Indice de qualité de l'eau pour détecter l'impact de pollution diffuse urbaine.
- [6] **Dr. R. Premsudha, G. Tirupathi (26 février 2022)** : Évaluation des paramètres physico-chimiques pour évaluer la qualité des eaux souterraines.
- [7] **Nonvignon Martial Fassinou (31 janvier 2023)** : Qualité Physico-chimique des Eaux de Surface de l'Ouémé Supérieur au Bénin.
- [8] **JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE (9 Mars 2014)** : CONVENTION ET ACCORDS INTERNATIONAUX-LOIS ET DECRETS ARRETES, DECISION, AVIS, COMMUNICATIONS ET ANNONCES.
- [9] **Andrea Rösch, Felix E. Wettstein, Daniel Wächter, Vanessa Reininger, Reto G. Meuli, et Thomas D. Bucheli (8 août 2023)** : Comment utiliser des modèles d'effets mécanistes dans l'évaluation des risques environnementaux des pesticides ?
- [10] **Jacques Ballieu (28 février 2021) dernière modification** : « Barrage de Koudiat Acerdoune »
["https://fr.wikipedia.org/wiki/Barrage_de_Koudiat_Acerdoune"](https://fr.wikipedia.org/wiki/Barrage_de_Koudiat_Acerdoune).

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

- [11] **Unité de production Koudiat Acerdoune (UPKA) : Fiche présentative de la station de traitement Koudiat Acerdoune.**
- [12] **Nobuyuki Kondo (chimiste) (10 mars 2009) « SEMANTIC SHOLAR » :**
« Procédé de prétraitement d'une membrane de filtration poreuse et procédé de filtration d'eau avec une membrane de filtration poreuse prétraitée ».
- [13] **Dr. METAICHE Mehdi « KDWM (Knowledge Dissémination on Water) – Metaiche » :**
Comment comprendre le Traitement de l'Eau Potable (12 octobre 2022).
<https://youtu.be/XNKiRpPtlaw?si=FIMBvsUsQZ-Awtvh>.
- [14] **F. MESCHY, J. PEYRAUD (2004) : Teneurs en ions forts des fourrages et calcul de la valeur de leur bilan alimentaire cations anions et de leur bilan électrolytique.**
- [15] **Dr. METAICHE Mehdi « KDWM (Knowledge Dissémination on Water) – Metaiche » :** Comment comprendre l'hydrochimie: Chimie de l'eau Cours & Exercices Dr Metaiche (9 avril 2022).
<https://youtu.be/-VIJbEVBilo?si=j8nVkrRG6HCt5G2T>.
- [16] **A.K. OMAR, A. KHALDI, (2007) : « SEMANTIC SHOLAR » - Dessalement de l'eau de mer et impacts environnementaux : cas de la station D'EL-MACTAA.**
- [17] **C. M. Lee, N. A. Lutpi, Y. Wong, S. Ong, M. A. Malek (2021) : Traitement des eaux usées du biodiesel par procédé de coagulation pour réduire la demande chimique en oxygène.**
- [18] **Oumaima El bied, Mathieu Kessler, Martire Angélica Terrero, T. Fechtali (27 octobre 2021) : Réduction de la turbidité et de la demande chimique en oxygène du lisier de porc grâce à un processus de coagulation et de floculation.**
- [19] **I. Abdullahi, U. Tsoho (2013) : Modélisation et construction d'un réservoir de coagulation/floculation pour le site permanent de la NDA**
- [20] **Degremont (25 juillet 2015) : « Traitement de l'eau- les oxydants et les désinfectants »
"/eau-et-generalites/processus-elementaires-du-genie-physico-chimique-en-traitement-de-l-eau/oxydation-et-reduction/les-oxydants-et-desinfectants» .**

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

[21] **X. Pagès, F. Bosque (1 septembre 2002) : INDUSTRIE ET ENVIRONNEMENT :Les préoccupations environnementales de l'industrie des corps gras.**

[22] **1H2O3 : « Nitrification et dénitrification » :**
"<https://www.1h2o3.com/apprendre/traitement-biologique/application-traitement-biologique/nitrification-denitrification/>".

ANEXE

ANEXE

ANNEXE 01

Paramètres de qualité de l'eau de consommation humaine

Tableau 1 : paramètres avec valeurs limites

GROUPE DE PARAMETRES	PARAMETRES	UNITES	VALEURS INDICATIVES
Paramètres Organoleptiques	Couleur	mg/l Platine	15
	Turbidité	NTU	5
	Odeur à 25 °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 CaCO ₃	65 pour les eaux déssalées ou déminéralisées (valeur minimale)
	Calcium	mg/l	200
	Chlorures	mg/l	500
	Concentration en ions hydrogène	Unité pH	≥ 6,5 et ≤ 9
	Conductivité à 20 °C	µS/cm	2800
	Dureté (TH)	mg/l en CaCO ₃	500
	Fer total	mg/l	0,3
	Manganèse	µg/l	50
	Phosphore	mg/l	5
	Potassium	mg/l	12
	Sodium	mg/l	200
	Sulfates	mg/l	400
	Temperature	°C	25

ANEXE

GROUPE DE PARAMETRES	PARAMETRES	UNITES	VALEURS LIMITES
Paramètres chimiques (suite)	Xylènes	µg/l	500
	Styrène	µg/l	100
	Agents de surface régissant au bleu de méthylène	mg/l	0,2
	Epychlorehydrine	µg/l	0,4
	Microcystine LR	µg/l	1
	Pesticides par substance individualisée		
	- Insecticides organochlorés persistants	µg/l	0,1
	- Insecticides organophosphorés et carbamates	µg/l	0,1
	- Herbicides	µg/l	0,1
	- Fongicides	µg/l	0,1
	- P.C.B	µg/l	0,1
	- P.C.T	µg/l	0,1
	- Aldrine	µg/l	0,03
	- Dieldrine	µg/l	0,03
	- Heptachlore	µg/l	0,03
	- Heptachlorépoxyde	µg/l	0,03
	Pesticides (Totaux)	µg/l	0,5
	Bromates	µg/l	10
	Chlorite	µg/l	0,07
	Trihalométhanes par substance individualisée :		
- Chloroforme	µg/l	200	
- Bromoforme	µg/l	100	
- Dibromochlorométhane	µg/l	100	
- Bromodichlorométhane	µg/l	60	
Chlorure de vinyle	µg/l	0,3	
1,2-Dichloroéthane	µg/l	30	
1,2-Dichlorobenzène	µg/l	1000	
1,4-Dichlorobenzène	µg/l	300	
Trichloroéthylène	µg/l	20	
Tetrachloroéthylène	µg/l	40	
Radionucléides	Particules alpha	Picocurie/l	15
	Particules bêta	Millirems/an	4
	Tritium	Bequerel/l	100
	Uranium	µg/l	30
	Dose totale indicative (DTI)	mSv/an	0,15
paramètres microbiologiques	Escherichia Coli	n/100ml	0
	Enthérocoques	n/100ml	0
	Bactéries sulfitoréductrices y compris les spores	n/20ml	0

ANEXE

GROUPE DE PARAMETRES	PARAMETRES	UNITES	VALEURS INDICATIVES
Paramètres Organoleptiques	Couleur	mg/l platine	15
	Turbidité	NTU	5
	Odeur à 25 °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 CaCO ₃	65 pour les eaux déssalées ou déminéralisées (valeur minimale)
	Calcium	mg/l	200
	Chlorure	mg/l	500
	Concentration en ions hydrogène	Unité pH	≥ 6,5 et ≤ 9
	Conductivité à 20 °C	μS/cm	2800
	Dureté (TH)	mg/l en CaCO ₃	500
	Fer total	mg/l	0,3
	Manganèse	μg/l	50
	Phosphore	mg/l	5
	Potassium	mg/l	12
	Sodium	mg/l	200
	Sulfates	mg/l	400
	Température	°C	25

ANEXE

ANNEXE 02

Les différentes analyses d'eau brute de la station de traitement de l'ADE KOUDIAT ACERDOUNE (UPKA) -BOUIRA ont été effectuées pendant une période de 3 mois.

EAU BRUTE DE MOIS MARS 2024				
		1ère prelevement	2ère prelevement	3ère prelevement
PARAMETRES ORGANOLEPTIQUES				
Couleur	mg/l Platine			
PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES				
Concentration en ions Hydrogène	PH	8,08	7,51	7,75
Temperature	°C	12,8	13,5	14,3
Turbidité	NTU	7.4	14.4	2.32
Conductivité à 25 °C	µS/cm	560	573	566
Matière organique	mg/l	2.61		
Résidu sec à 105 °C	mg/l	420		
M.E.S	mg/l	9.2		
PARAMETRES DE POLLUTION				
Ammonium	mg/l	0.39	0.41	0.336
Nitrite NO-2	mg/l	0.232	0,149	0,19
Nitrate NO3-	mg/l	7		
Phosphate PO4-	mg/l	0,059	0,021	0,034
MINERALISATION GLOBALE				
Calcium Ca2+	mg/l CaCO3	77,7		
Magnésium Mg2+	mg/l	47,1		
Sodium Na+	mg/l	54,55		
Potassium K+	mg/l	4,11		
Chlorures Cl-	mg/l	102,24		
Sulfate SO42-	mg/l	229,4		
Bicarbonate HCO3-	mg/l	195,2		
Carbonate CO32-	mg/l	0		
Dureté Totale TH	mg/l	400		
Dureté Permanente	mg/l	240		
Titre d'alcalinité	mg/l	0		
Titre d'alcalinité complete	mg/l	160		

ANEXE

PARAMETRE INDESIRABLE		
Fer	mg/l	0
Manganese	mg/l	0
Aluminium	mg/l	0

Les différentes analyses d'eau brute de la station de traitement de l'ADE KOUDIAT ACERDOUNE (UPKA) -BOUIRA ont été effectuées pendant une période de 3 mois.

EAU BRUTE DE MOIS AVRIL 2024				
		1 ^{ère} prelevement	2 ^{ème} prelevement	3 ^{ème} prelevement
PARAMETRES ORGANOLEPTIQUES				
Couleur	mg/l Platine			
PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES				
Concentration en ions Hydrogène	PH	7,84	7,92	7,81
Temperature	°C	15,8	18,5	17,6
Turbidité	NTU	4,05	2,55	1,78
Conductivité à 25 °C	µS/cm	716	740	748
Matière organique	mg/l	2,91		
Résidu sec à 105 °C	mg/l	720		
M.E.S	mg/l	10,6		
PARAMETRES DE POLLUTION				
Ammonium	mg/l	0.158	0.162	0.136
Nitrite NO ₂ ⁻	mg/l	0.206	0,27	0,336
Nitrate NO ₃ ⁻	mg/l	10,5		
Phosphate PO ₄ ⁻	mg/l	0,017	0,04	0,037
MINERALISATION GLOBALE				
Calcium Ca ²⁺	mg/l CaCO ₃	88,57		
Magnésium Mg ²⁺	mg/l	44,27		
Sodium Na ⁺	mg/l	51,62		
Potassium K ⁺	mg/l	3,6		
Chlorures Cl ⁻	mg/l	97,92		
Sulfate SO ₄ ²⁻	mg/l	256,3		
Bicarbonate HCO ₃ ⁻	mg/l	202,52		
Carbonate CO ₃ ²⁻	mg/l	0		
Dureté Totale TH	mg/l	416		

ANEXE

Dureté Permanente	mg/l	250
Titre d'alcalinité	mg/l	0
Titre d'alcalinité complete	mg/l	166
PARAMETRE INDESIRABLE		
Fer	mg/l	0
Manganese	mg/l	0
Aluminium	mg/l	0

Les différentes analyses d'eau brute de la station de traitement de l'ADE KOUDIAT ACERDOUNE (UPKA) -BOUIRA ont été effectuées pendant une période de 3 mois.

EAU BRUTE DE MOIS MAI 2024				
		1 ^{er} prelevement	2 ^{ème} prelevement	3 ^{ème} prelevement
PARAMETRES ORGANOLEPTIQUES				
Couleur	mg/l Platine			
PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES				
Concentration en ions Hydrogène	PH	7,97		
Temperature	°C	19		
Turbidité	NTU	3,62		
Conductivité à 25 °C	µS/cm	784		
Matière organique	mg/l	1,77		
Résidu sec à 105 °C	mg/l	750		
M.E.S	mg/l	/		
PARAMETRES DE POLLUTION				
Ammonium	mg/l	0,167	0,124	
Nitrite NO ₂ ⁻	mg/l	0,162	0,173	
Nitrate NO ₃ ⁻	mg/l	10,91		
Phosphate PO ₄ ⁻	mg/l	0,056		
MINERALISATION GLOBALE				
Calcium Ca ²⁺	mg/l CaCO ₃	88,57		
Magnésium Mg ²⁺	mg/l	32,97		
Sodium Na ⁺	mg/l	56,61		
Potassium K ⁺	mg/l	3,65		
Chlorures Cl ⁻	mg/l	89,46		
Sulfate SO ₄ ²⁻	mg/l	242,7		

ANEXE

Bicarbonate HCO ₃ ⁻	mg/l	202,52
Carbonate CO ₃ ²⁻	mg/l	0
Dureté Totale TH	mg/l	368
Dureté Permanente	mg/l	/
Titre d'alcalinité	mg/l	0
Titre d'alcalinité complete	mg/l	166
PARAMETRE INDESIRABLE		
Fer	mg/l	0
Manganese	mg/l	0
Aluminium	mg/l	0

ANEXE

ANNEXE 3

Les différentes analyses de l'eau traitée de la station de traitement de l'ADE KOUDIAT ACERDOUNE-BOUIRA ont été effectuées pendant 3 mois.

EAU TRAITÉ DE MOIS MARS 2024					
		Normes	1 ^{er} prélèvement	2 ^{ème} prélèvement	3 ^{ème} prélèvement
PARAMETRES ORGANOLEPTIQUES					
Couleur	mg/l Platine	15			
PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES					
Concentration en ions Hydrogène	PH	6,5-9	7,43	7,3	7,52
Conductivité à 25 °C	µS/cm	2800	565	646	574
Température	°C	25	12,8	13,1	15,4
Turbidité	NTU	5	0,65	0,6	0,59
Oxygène dissous	mg/l	8			
Salinité	%				
TDS	mg/l				
Matière organique	Mg/l				
Résidu sec à 105 °C	mg/l	2000	400	430	480
M.E.S à 105 °C	mg/l		0	0	0
PARAMETRES DE POLLUTION					
Ammonium	mg/l	0,5	0,01	0,05	0,01
Nitrite NO ₂ ⁻	mg/l	0,2	0		
Nitrate NO ₃ ⁻	mg/l	50	6,16	9,97	10,01
Phosphate PO ₄ ⁻	mg/l	0,5	0,00		
MINERALISATION GLOBALE					
Calcium Ca ²⁺	mg/l CaCO ₃	200	74,3	77,7	77,7
Magnésium Mg ²⁺	mg/l	150	44,74	44,27	32,97
Sodium Na ⁺	mg/l	200	32,5	58,97	48,97
Potassium K ⁺	mg/l	12	4,05	3,65	3,77
Chlorures Cl ⁻	mg/l	500	116,44	98,46	85,2
Sulfate SO ₄ ²⁻	mg/l	400	284,8	248,2	186,9
Bicarbonate HCO ₃ ⁻	mg/l	/	178,12	189,1	180
Carbonate CO ₃ ²⁻	mg/l	/	0		
Dureté Totale TH	mg/l	500	382	392	340
Dureté Permanente	mg/l	/	221	237	180
Titre d'alcalinité	mg/l	/	0	0	0

ANEXE

Titre d'alcalinité complete	mg/l	/	146	155	160
-----------------------------	------	---	-----	-----	-----

PARAMETRE INDESIRABLE					
Fer	mg/l			0	
Manganese	mg/l			0	
Aluminium	mg/l	0,5	0,04	0,053	0,09

Les différentes analyses de l'eau traitée de la station de traitement de l'ADE KOUDIAT ACERDOUNE-BOUIRA ont été effectuées pendant 3 mois.

EAU TRAITEE DE MOIS AVRIL 2024					
		Normes	1 ^{er} prelevement	2 ^{ème} prelevement	3 ^{ème} prelevement
PARAMETRES ORGANOLEPTIQUES					
Couleur	mg/l Platine	15			
PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES					
Concentration en ions Hydrogène	PH	6,5-9	7,52	7,72	7,81
Conductivité à 25 °C	µS/cm	2800	725	757	755
Température	°C	25	16,4	19,5	17,4
Turbidité	NTU	5	0,97	0,36	0,8
Oxygène dissous	mg/l	8			
Salinité	%				
TDS	mg/l				
Matière organique	Mg/l				
Résidu sec à 105 °C	mg/l	2000	400	430	480
M.E.S à 105 °C	mg/l			0	
PARAMETRES DE POLLUTION					
Ammonium	mg/l	0,5	0,02	0,02	0,01
Nitrite NO ₂ ⁻	mg/l	0,2		0	
Nitrate NO ₃ ⁻	mg/l	50	9,59	10,32	8,18
Phosphate PO ₄ ⁻	mg/l	0,5		0	
MINERALISATION GLOBALE					
Calcium Ca ²⁺	mg/l CaCO ₃	200	90,1	69,37	88,57
Magnésium Mg ²⁺	mg/l	150	32,03	42,39	41,44
Sodium Na ⁺	mg/l	200	58,97	52,5	53,68
Potassium K ⁺	mg/l	12	3,65	3,6	3,5

ANEXE

Chlorures Cl-	mg/l	500	96,9	95,14	100,86
Sulfate SO42-	mg/l	400	258,9	241,1	259,7
Bicarbonate HCO3-	mg/l	/	222,04	206,18	201,3
Carbonate CO32-	mg/l	/	0		
Dureté Totale TH	mg/l	500	368	376	404
Dureté Permanente	mg/l	/	186	217	235
Titre d'alcalinité	mg/l	/	0	0	0
Titre d'alcalinité complete	mg/l	/	182	159	169

PARAMETRE INDESIRABLE					
Fer	mg/l	0,3	0		
Manganese	mg/l		0		
Aluminium	mg/l	0,5	0,017	0,08	0,05

Les différentes analyses de l'eau traitée de la station de traitement de l'ADE KOUDIAT ACERDOUNE-BOUIRA ont été effectuées pendant 3 mois.

EAU TRAITE DE MOIS MAI 2024					
		Normes	un prelevement		
PARAMETRES ORGANOLEPTIQUES					
Couleur	mg/l Platine	15			
PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES					
Concentration en ions Hydrogène	PH	6,5-9	7,63		
Conductivité à 25 °C	µS/cm	2800	786		
Température	°C	25	18,4		
Turbidité	NTU	5	0,53		
Oxygène dissous	mg/l	8			
Salinité	%				
TDS	mg/l				
Matière organique	Mg/l				
Résidu sec à 105 °C	mg/l	2000	720		
M.E.S à 105 °C	mg/l		0		
PARAMETRES DE POLLUTION					
Ammonium	mg/l	0,5	0,05	0,06	
Nitrite NO-2	mg/l	0,2	0		
Nitrate NO3-	mg/l	50	10,86		

ANEXE

Phosphate PO ₄ ⁻	mg/l	0,5	0		
MINERALISATION GLOBALE					
Calcium Ca ²⁺	mg/l CaCO ₃	200	88,24		
Magnésium Mg ²⁺	mg/l	150	28,26		
Sodium Na ⁺	mg/l	200	61,36		
Potassium K ⁺	mg/l	12	3,37		
Chlorures Cl ⁻	mg/l	500	100,82		
Sulfate SO ₄ ²⁻	mg/l	400	259,2		
Bicarbonate HCO ₃ ⁻	mg/l	/	197,64		
Carbonate CO ₃ ²⁻	mg/l	/	0		
Dureté Totale TH	mg/l	500	360		
Dureté Permanente	mg/l	/	186		
Titre d'alcalinité	mg/l	/	0		
Titre d'alcalinité complete	mg/l	/	162		

PARAMETRE INDESIRABLE					
Fer	mg/l	0,3	0		
Manganese	mg/l		0		
Aluminum	mg/l	0,5	0,06	0,13	0,12