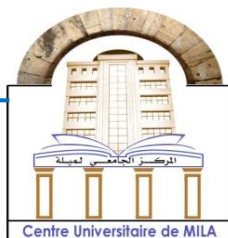


الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



N°Ref :.....

Centre Universitaire Abdelhafid BOUSSOUF-Mila
Institut des Sciences de la Nature et de la vie
Département d'Ecologie et Environnement
Mémoire préparé En vue de l'obtention du diplôme de
Master

Domaine:Sciences de la Nature et de la Vie

Filière: Ecologie et Environnement

Spécialité : Protection des Ecosystèmes

Thème :

Etude des paramètres physico-chimiques des eaux du
barrage Beni Haroune- Mila

Présenté par:

- Meryem Zalif
- Wissem Sedari

Devant le jury:

- | | |
|----------------------------------|-----------------------------------|
| ➤ Présidente: Dr. Lilia KADECHE | Dr . Centre Universitaire de Mila |
| ➤ Encadreur : Dr.DOUAFFER Louiza | MCA. Centre Universitaire de Mila |
| ➤ Examineur : Dr. Youssef BOUDEN | MAA. Centre Universitaire de Mila |

Année universitaire : 2023/2024

Remercîments

« Avant tout, nous remercions notre créateur « Allah » tout Puissant qui nous a guidé, nous a donné la force, la santé et la volonté pour réaliser ce travail et arriver à ce stade scientifique.

*Nous tenons à remercier vivement **Dr.Louiza Douafer**, notre encadreur, pour sa patience, sa contribution, son encouragement et sa disponibilité qui nous a permis d'achever ce modeste travail*

*Nous exprimons nos plus vifs remerciements et notre profonde gratitude à **Dr.Lilia Kadeche** d'avoir accepté de présider le jury, Qu'elle reçoive toute notre gratitude et notre respect.*

*Nos remerciements s'adressent également à **Dr. Youssef Bouden**, pour avoir accepté d'évaluer ce travail.*

*Un remerciements spécial pour tout le personnel de la station d'épuration (STEP) de Sidi Merouane- Mila, particulièrement à **M.Guamboure .Y**, ingénieur d'état à la STEP, qui nous a guidé et nous a orienté techniquement sur le terrain et au laboratoire, aussi nos vifs remerciements au **Mr le Directeur** de la station.*

Enfin, un grand merci à nos familles, nos parents, tous nos professeurs, et Toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à ce travail. Nous leur exprimons notre reconnaissance et notre gratitude »

Dédicace :

*Grâce à dieu tout puissant, qui m'a guidé tout le long de ma vie et qui m'a permis de réaliser ce mémoire que je dédie à
Mes très chers merveilleux parents;*

Mon père « Houssine » et ma mère « Cherifa », Aux quels je leur dois tout mon respect et mon amour pour tous leurs tendresse, soutien, encouragement, patience et sacrifice.

À mes frères qui m'a toujours aidé et encouragé, et était à mes côtés durant toute la période d'élaboration de cette modeste étude

« Amin, Soufiane, Yesser et Youssef » et mon cœur « Soumya et Abir et son enfant Tamim » que j'aime tant pour leur soutien et leur encouragement.

Et aussi tout mes très chères amies avec lesquelles j'ai partagé des moments et des souvenirs inoubliables durant tout au long de ma carrière parcours universitaire.

« Meryem »

Dédicace :

Avec l'aide de Dieu, il nous a donné le courage de surmonter tous les moments difficiles et de mener à bien notre projet de fin d'année.

À mon père «NOURE DINE »l'homme de ma vie, mon éternel modèle, la personne qui s'est toujours sacrifiée pour me voir réussir.

À ma mère «AKILA » pour son amour et pour avoir toujours montré ma gratitude pour sa confiance, son sacrifice et sa compassion.

A mon grand frère Kamal en particulier, et à tous mes frères Imad Mohammad Al-Amin et mon frère jumeau Wassim, merci pour votre soutien.

À ma sœur Lamia, ma sœur Mona, sa fille Bilsan et son fils Haythem.

À mes cousines, Widad Assia, Romaisa Hanin et Assil, et à mes compagnes

Meryem, Houda, Nariman, Ghada et Amani.

A mes oncles et a tous mes proches et amis que j'ai connus jusqu'à présent.

Merci pour leur amour et leurs encouragements.

« Wissem »

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste d'abréviations

1.Introduction.....	1
2 .Synthèse bibliographique : Généralités sur l'eau et ces sources de pollution.....	4
2. 1. Définition de l'eau.....	4
2. 2. Cycle naturel de l'eau.....	5
2. 3. L'importance de l'eau.....	7
2. 4. La composition de l'eau	8
2. 5. Les ressources de l'eau.....	9
2. 5.1. Les eaux de mer.....	9
2. 5.2. Les eaux de Surface.....	9
2. 5.3. Les eaux souterraines.....	9
2. 6. Propriétés de l'eau.....	9
2. 6.1. Propriétés physiques.....	10
2. 6.2. Propriétés Chimiques.....	10
2. 6.3. Propriétés Biologiques.....	10
2. 7. Usage de l'eau.....	11
2. 8. La Pollution de l'eau.....	12
2. 8.1. Définition.....	12
2. 8.2. L'origine de la pollution.....	12
2. 8.2.1. Pollution domestique.....	13
2. 8.2.2. Pollution Agricole.....	13
2. 8.3. Les types de la pollution de l'eau.....	14
2. 8.3.1. Pollution physique.....	14
2. 8.3.2. Pollution chimique.....	14
2. 8.3.3. Pollution biologique.....	15
2. 9. Maladies liés à la pollution des eaux.....	15
2. 9.1. Maladies d'origine bactérienne.....	16
2. 9.2. Maladies d'origine virale.....	16
2. 9.3. Maladies d'origine parasitaire.....	16
2. 9.4. Maladies liées à la présence de substance chimique dans l'eau.....	16

3. Matériel et Méthodes

3. 1. Situation géographique de la Wilaya de Mila.....	18
3. 2 .Situation géographiques de la commune de Sidi Merouane.....	18
3. 2.1. Climatologie.....	19
3. 2.1.1. Température.....	20
3. 2.1.2. Pluviométrie.....	21
3. 2.1.3. Humidité.....	21
3. 2.1.4. Vent.....	22
3.2.1.5. L'indice pluviométrique d'Emberger.....	23
3.3. Présentation du Barrage Beni Haroun.....	24
3. 3.1. Situation et hydrologie du barrage Beni Haroun.....	25
3. 3.2. Les caractéristiques principales du Barrage Beni Haroun.....	25
3.3.3.L'exploitation du barrage Beni Haroun.....	26
3.4.Les problèmes des barrages en Algérie.....	26
3. 5. Problèmes de la pollution des eaux.....	27
3. 6. Présentation de la station d'épuration STEP Sidi Marouane.....	28
3.7. Nature et période de l'échantillonnage.....	29
3.7.1. Echantillonnage instantané des eaux usées et épurées.....	30
3.7.2. Echantillonnage composé des eaux usées et épurées.....	31
3.8. Les analyses physico-chimiques des aux.....	32
3. 8. 1. Les analyses physiques.....	32
3.8.1.1. La Température(T°).....	32
3.8.1.2. La Conductivité Électrique (CE).....	33
3.8.1.3. Le Potentiel d'hydrogène (pH).....	34
3.8.1. 4. Oxygène dissous.....	35
3.8.1. 5. La Turbidité.....	35
3.8.1.6. Matières en suspension.....	36
3.8.2. Les Analyse chimique.....	38
3.8.2. 1. Demande chimique en oxygène (DCO).....	38
3.8.2. 2. Demande biologique en oxygène (DBO_5).....	40
3.8.2. 3.Azote Total(Nt).....	43
3.8.2.4.Azote Ammonical ($N-NH^{3+}$).	45

3.8.2. 5. Le Nitrite (NO_2^-).....	47
3.8.2. 6. Phosphore (P-PO_4).....	49
4. Résultats	
4.1. Les résultats des analyses physico-chimiques.....	52
4.1.1. Les résultats des analyses physiques.....	52
4.1.1.1. Température.....	52
4.1.1.2. pH.....	54
4.1.1.3. La Conductivité Électrique (CE).....	55
4.1.1.4. Oxygène dissous.....	57
4.1.1.5. Matière en suspension.....	58
4.1.2. Les résultats des analyses chimiques.....	60
4.1.2.1. La Demande Biochimique en Oxygène (DBO_5).....	60
4.1.2.2. La Demande Chimique en Oxygène (DCO).....	62
4.1.2.3. Azote Ammoniacal (N-NH_4^+).....	66
4.1.2.4. Nitrites(NO_2^-).....	68
4.1.2.5. Nitrate(NO_3^-).....	70
4.1.2.6. Phosphore (P-PO_4^{3-}).....	71
4.2. Comparaison des paramètres physique-chimiques des eaux (brutes et épurées).....	73
4.3.Les Rendement épuratoire.....	75
5.Discussion.....	78
6. Conclusion.....	81
7.Résumés.....	82
8.Références Bibliographiques.....	85
9.Annexes.....	92

Liste des figures

Fig. 1 : La molécule de l'eau.....	5
Fig. 2 : Le cycle naturel de l'eau.....	8
Fig. 3 : Cartegéographique de la localisation de la wilaya de Mila.....	18
Fig. 4 : Carte géographique de la localisation de la commune de Sidi Merouane.....	19
Fig.5 : Température moyen maximale et minimale à Sidi Merouane.....	20
Fig.6: Pluviométrie moyenne maximale et minimale à Sidi Merouane.....	21
Fig.7 : L'Humidité moyen maximale et minimale à Sidi Merouane.....	22
Fig.8 : Le vent moyen maximal et minimal à Sidi Merouane.....	23
Fig.9 : La situation de la commune de sidi Merouane dans le climagramme d'emberger.....	24
Fig. 10 : Situation géographique de barrage Beni Haroun-Mila.....	25
Fig.11 : Situation de la STEP de Sidi Merouane.....	28
Fig.12 : Echantillons d'eau brute et d'eau épurée.....	31
Fig.13: Préleveur automatique.....	31
Fig.14 : Les eaux dans le préleveur automatique.....	32
Fig. 15: Mesure de température.....	33
Fig.16: Mesure de conductivité.....	34
Fig.17 : Mesure de pH d'eau.....	34
Fig.18 : Mesure d'oxygène dissous.....	35
Fig.19: Détermination de la MES des eaux brutes par centrifugation.....	37
Fig.20 : Détermination de la MES des eaux épurées par filtration.....	38
Fig.21 : Mesure de DCO l'eau brute.....	39
Fig.22: Mesure de DCO l'eau épurée.....	40
Fig.23: Mesure de DBO ₅	43
Fig.24 : Mesure de Nitrogène totale.....	45
Fig.25 : Mesure de l'ammonium.....	47
Fig.26 : Mesure de Nitrite.....	48
Fig.27 : Mesure de phosphore total.....	50
Fig. 28 : Variation de la température moyen des eaux (épurées et brutes) du barrage Beni Haroun pendant les années (2020-2023).....	52
Fig. 29: Variation de la température des eaux de barrage Beni Haroun durant la période (janvier-avril, 2024).....	53
Fig. 30 : Variation du pH moyen des eaux de barrage Beni Haroun (brutes et épurées) mesurée pendant les années (2020-2023).....	54
Fig.31 : Variation du pH moyen des eaux de barrage Beni Haroun (brutes et épurées) mesurée pendant la période (janvier-avril, 2024).....	55
Fig. 32: Variation de la Conductivité électrique moyen des eaux de barrage Beni Haroun (brutes et épurées) enregistrée pendant les années (2020-2023).....	56
Fig. 33: Variation de la Conductivité électrique moyen des eaux de barrage Beni Haroun (brutes et épurées) enregistrée durant la période (janvier- avril2024).....	56
Fig. 34: Variation de l'Oxygène Dissous moyen des eaux de barrage Beni Haroun (brutes et épurées) mesuré pendant les années (2020-2023).....	57
Fig. 35: Variation de l'Oxygène Dissous moyen des eaux de barrage Beni Haroun mesuré durant la période (janvier-avril, 2024).....	58
Fig. 36 : Variation de la Matière en suspension moyen des eaux de barrage Beni Haroun mesurée pendant les années (2020-2023).....	59
Fig.37 : Variation de la Matière en suspension des eaux de barrage Beni Haroun(brutes et épurées) mesuré pendant la période (janvier-avril, 2024).....	60
Fig.38: Variation de la DBO ₅ moyen des eaux de barrage Beni Haroun enregistrée pendant les années (2020-2023).....	61
Fig.39 : DBO ₅ moyen des eaux de barrage Beni Haroun mesuré durant la période (janvier-avril, 2024).....	62
Fig.40 : Variation de la DCO moyenne des eaux de barrage Beni Haroun(brutes et épurées) mesuré	

pendant les années (2020-2023).....	63
Fig.41: Variation de la DCO moyen des eaux de barrage Beni Haroun (brutes et épurées) enregistrée pendant la période (janvier-avril, 2024).....	64
Fig.42 : Variation de l'Azote total moyen des eaux de barrage Beni Haroun mesurée pendant les années (2020-2023).....	65
Fig.43: Variation de l'Azote total moyen des eaux de barrage Beni Haroun (brutes et épurées) mesuré pendant la période (janvier-avril, 2024).....	66
Fig.44: Variation de l'Azote Ammoniacal N-NH^{3+} des eaux de barrage Beni Haroun (brutes et épurées) mesuré pendant les années (2020-2023).....	67
Fig.45: Variation de l'Azote Ammoniacal N-NH^{3+} moyen des eaux de barrage Beni Haroun (brutes et épurées) mesurée pendant la période (janvier- avril 2024).....	67
Fig.46 : Variation des Nitrites moyennes des eaux de barrage Beni Haroun (brutes et épurées) mesurés durant les années (2020-2023).....	68
Fig.47: Variation des Nitrites moyennes (NO_2^-) des eaux de barrage Beni Haroun (brutes et épurées) mesurés durant la période (janvier-avril, 2024).....	69
Fig.48 : Variation des Nitrates moyennes des eaux de barrage Beni Haroun (brutes et épurées) mesurée pendant les années (2020-2023).....	70
Fig.49 : Variation des Nitrates moyennes des eaux de barrage Beni Haroun (brutes et épurées) mesurée dans la période (Janvier- avril 2024).....	71
Fig.50 : Variation du Phosphore moyen des eaux de barrage Beni Haroun mesuré pendant les années (2020-2023).....	72
Fig.51: Variation du Phosphore moyen des eaux de barrage Beni Haroun mesuré pendant la période (janvier-avril, 2024).....	73
Fig.52 : Les rendements des MES, DCO, DBO_5 et Nt des eaux du barrage Beni Haroun (janvier- Avril, 2024).....	77

Liste des Tableaux

Tableau. 1 : Synthèse climatique de la commune de Sidi Merouanea la période (2016-2023).....	20
Tableau.2 : Les caractéristiques du barrage Beni Haroun	26
Tableau. 3: La période de prélèvement et d'analyse des eaux de barrage Beni Haroun (Janvier-Avril, 2024).....	29
Tableau.4 : Représenté le volume et le facteur d'échantillonnage.....	41
Tableau.5 : La grille d'appréciation de la qualité générale des eaux.....	53
Tableau.6 : La Grille d'estimation de la qualité de l'eau selon le pH.....	55
Tableau.7: Grille de la qualité des eaux superficielles pour la conductivité électrique.....	57
Tableau.8: Grille de la qualité des eaux superficielles pour l'Oxygène Dissous.....	58
Tableau .9 : Grille de la qualité des eaux superficielles pour les teneurs en MES.....	60
Tableau. 10 : Grille de la qualité des eaux superficielles pour la DBO ₅	62
Tableau.11: Grille de la qualité des eaux superficielle pour la DCO.....	64
Tableau.12 : Grille de la qualité des eaux de N-NH ³⁺	68
Tableau. 13: Grille de la qualité des eaux en nitrites.....	69
Tableau .14: Grille de qualité des eaux en nitrates.....	71
Tableau.15 : Rendements mensuels de : MES, DCO, DBO ₅ et Nt dans les Eaux Brutes et les Eaux Epurées, et leur élimination au cours déferents années (2020-2023)... ..	76
Tableau.16 : Rendements mensuels de : MES, DCO, DBO ₅ et Nt dans les Eaux Brutes et les Eaux Epurées, et leur élimination.....	76

Liste d'abréviation :

Mg/l : Miligramme par litre

g/cm³ : gramme par centimètre cube

hm³ : Hictomètre cube

Km² : Kilomètre carré

°C : Degrés celsius

°K : Kelvin

STEP : station d'épuration

BCR : Béton Compacté au Rouleau

SME : Système de Managements Envirenmental

OMS : Organisation mondial de la santé

T :La Température

CE : La Conductivité Électrique

pH : Le Potentiel d'hydrogène

OD : Oxygène dissous.

MES : Matières en suspension.

DCO : Demande chimique en oxygène

DBO₅ : Demande biologique en oxygène

N-NH³⁺: Azote Ammonical

NO²⁻:Le Nitrite

P-PO₄: Phosphore

Introduction

1. Introduction :

L'eau est une ressource vitale pour la vie et les besoins essentiels de l'Homme ainsi que pour son environnement. Elle constitue également un élément fondamental des écosystèmes. Toutefois, sa qualité est cruciale pour garantir son utilisation sûre par l'Homme et par la nature. Dans de nombreux cas, l'eau n'est pas directement utilisable pour la consommation humaine en raison de la présence de divers éléments naturels ou artificiels pouvant altérer sa qualité (**Olivaux, 2007**). En effet, la santé humaine peut être compromise si l'eau disponible est de mauvaise qualité ou contaminée par des agents pathogènes. Par conséquent, il est primordial de surveiller et de comprendre les caractéristiques physico-chimiques de l'eau afin de garantir sa qualité et son adéquation à divers usages (**Brahmi, 2013**). D'après un rapport de l'Organisation Mondiale de la Santé, cinq millions de nourrissons et d'enfants meurent chaque année de maladies diarrhéiques dues à la contamination des aliments ou de l'eau potable. L'eau captée peut contenir des éléments pouvant avoir des effets indésirables sur la santé, comme des micro-organismes pathogènes, des substances indésirables ou même des substances toxiques (**Lanjriet al., 2014**).

En Algérie, la croissance continue des besoins en eau douce, dépassant les ressources naturelles conventionnelles, reste une préoccupation majeure des autorités publiques. Pour répondre à cette demande croissante, un programme de construction des barrages a été lancé dans les années 80. Cependant, la qualité des eaux demeure extrêmement variable et dépend de nombreux facteurs. Afin de mieux évaluer cette qualité, l'Agence Nationale des Bassins Hydrauliques a introduit en 2009 une grille de classification des eaux superficielles.

Parmi les 85 barrages actuellement en exploitation dans le pays, le barrage de Beni Haroune, qui occupe une place de choix. Il représente le plus important projet national dans le secteur hydraulique depuis l'indépendance de l'Algérie. Classé comme le deuxième plus grand barrage d'Afrique après Al Sad El Alli en Égypte, il constitue une ressource vitale en eau potable pour plusieurs wilayas de l'Est algérien, notamment Mila, Constantine, Jijel, Oum El Bouaghi, Khenchela et Batna. En outre, il joue un rôle crucial dans l'irrigation de 30 000 hectares de terres agricoles (**Benayache, 2014**). Ce barrage est doté d'une station d'épuration (STEP) de Sidi Merouane, qui traite les eaux de barrage selon certaines techniques.

La qualité des eaux de surface est souvent altérée par la pollution, ce qui entraîne une variabilité importante et rend leur traitement nécessaire. Chaque source d'eau nécessite des traitements adaptés en fonction de sa nature et du degré de pollution qu'elle présente. Ces

traitements peuvent impliquer des modifications physico-chimiques ou biologiques afin de rendre les eaux propres et sûres à la consommation humaine(**Dudiene,1990**).

Notre travail se focalise sur le contrôle de la qualité des eaux brutes et épurées du barrage Beni Haroune-Mila, au sein de la STEP de Sidi Merouane. Nous évaluons cette qualité en mesurant divers paramètres physiques et chimiques tels que : la température (T), le pH, la conductivité électrique (CE), l'oxygène dissous (OD), la DCO, la DBO₅, les MES, l'ammonium, les nitrites, les nitrates, le phosphate...etc.

Ces paramètres nous permettent d'évaluer la qualité des eaux et à quantifier les éléments présents dans l'eau, dont beaucoup sont des indicateurs de la charge polluante résultant des activités humaines rejetées dans le barrage et évaluer l'efficacité et le rôle de la station d'épuration dans le traitement des eaux pour leur usage.

Notre objectif principal est de surveiller une gamme de paramètres physico-chimiques et organiques des eaux brutes et épurées du barrage Beni Haroune pendant une période de quatre mois, de janvier à avril 2024. Parallèlement, nous avons mené une étude descriptive analytique des paramètres physico-chimiques des eaux (brutes et épurées), réalisée au laboratoire de la STEP Sidi Merouane durant la période s'étalant de 2020 à 2023. Cette étude vise à caractériser la qualité des eaux dans ce contexte spécifique.

Les différentes parties de ce mémoire sont présentées comme suit :

- La première partie est une synthèse bibliographique généralités sur l'eau et ces sources de pollution.
- La deuxième partie est consacrée à l'étude des paramètres physico-chimiques des eaux.
- La troisième partie présente les résultats de l'étude et la discuss

Synthèse bibliographique

2. Synthèse bibliographique : Généralités sur l'eau et ces sources de pollution.

L'eau était considérée comme l'un des quatre (4) éléments fondamentaux par les Anciens et considérée comme un corps simple jusqu'au XVIIIe siècle. Cependant, des chimistes tels que Priestley, Watts et Monge ont découvert que cette dernière n'était pas un corps simple grâce à la synthèse et l'analyse de l'eau. L'eau est un élément crucial de notre planète, recouvrant 71% de la surface terrestre. Cependant, seulement 3% de cette eau est douce, le reste étant salé. L'eau douce est issue de différents réservoirs tels que les lacs, les rivières, les fleuves et les nappes phréatiques (Christophe, 2006).

1.1.Définition de l'eau :

L'eau appelée aussi Oxyde de dihydrogène, elle est partout présente dans la nature. C'est un composé liquide incolore, inodore, sans saveur, mais avec des propriétés complexes à cause de sa polarisation et sa composition de différents sels minéraux, de pH neutre et c'est un excellent solvant entrant dans la composition de la majorité des organismes vivants. L'eau est un corps pur dont la molécule est composée de deux atomes d'hydrogène (H) reliés à un atome d'oxygène (O). Sa formule chimique est H_2O (Fig. 1). Voici deux représentations de la molécule d'eau (Bernard, 2007).

Aussi, c'est la seule molécule présente sur terre sous trois états : solide, liquide et gazeux. Elle se trouve en général dans son état liquide et possède à température ambiante des propriétés uniques. L'eau est un solvant efficace pour beaucoup de corps solides c'est pour cette raison qu'elle est souvent désignée de « solvant universel ». L'eau que l'on trouve sur terre est rarement pure. Les chimistes utilisent de l'eau distillée pour leurs solutions, mais cette eau n'étant pure qu'à 99 %, il s'agit techniquement d'une solution aqueuse (Birech et Messaoudi, 2006).

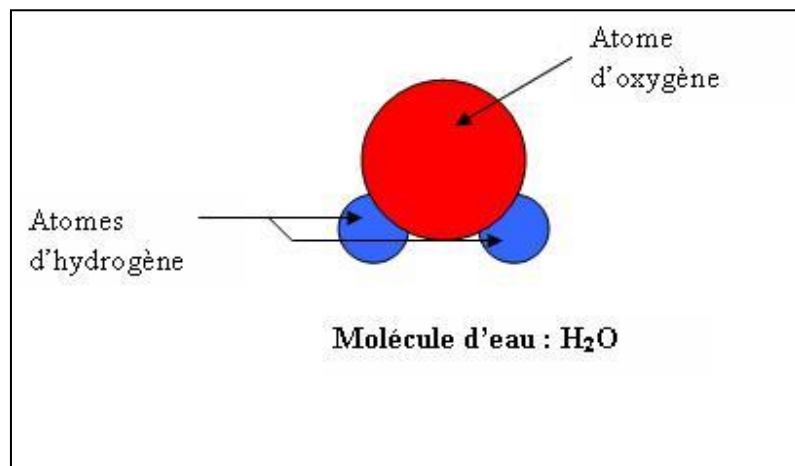


Fig. 1 : La molécule de l'eau (Site.01).

2.2. Cycle de l'eau :

L'eau est un corps essentiel pour tous les organismes vivants. 71 % de la surface de la terre est recouverte d'eau, soit 97 % d'eau salée et 3 % d'eau douce dans différents réservoirs. L'eau peut changer d'état sans intervention humaine. Ces changements d'états dépendent essentiellement de la température et de la pression mais aussi des composés chimiques. Le cycle de l'eau décompose le phénomène complexe de ces transformations successives de l'eau en différents états(**Beniston, 2009**).

Les substances présentes dans l'eau peuvent être classées selon deux modes différents: Suivent leur nature chimique : organique ou minérale ; Suivent leur état physique : matières dissoutes, colloïdales ou en suspension. Ces distinctions sont arbitraires dans la mesure où, d'une part, une substance peut se trouver soit à l'état dissous, soit en suspension selon les conditions du milieu, et d'autre part, l'eau est le siège de phénomènes de dégradation biologique qui peuvent transformer des substances organiques en substances minérales(**Frank, 2002**).

Les trois phases principales du cycle peuvent être résumées ainsi : évaporation, précipitation, écoulements souterrains et ruissellement. Leur élément moteur est l'énergie solaire. En fonction des caractéristiques géologiques du sous-sol, les eaux souterraines peuvent connaître de longues périodes d'emmagasinement de l'ordre du millénaire.

Il y a autant d'eau qui s'évapore que d'eau qui retombe sous forme de précipitations. La fréquence des précipitations et leur quantité sont toutefois très différentes en fonction de la

localisation et conditionnent la disponibilité de réserves d'eau douce. Cela implique un accès à l'eau potable très inégal en fonction des différentes zones géographiques terrestres. L'eau est par conséquent un bien précieux car très inégalement réparti.

Toute cette eau est présente sur terre sous 3 états :

- Liquide (pluie, brouillard, cours d'eau, lacs, nappes, mers et océans)
- Solide (neige, givre, glaces et glaciers)
- Gazeux (vapeur d'eau).

Il y a 4 grandes étapes dans le cycle de l'eau(**Fig. 2**) :

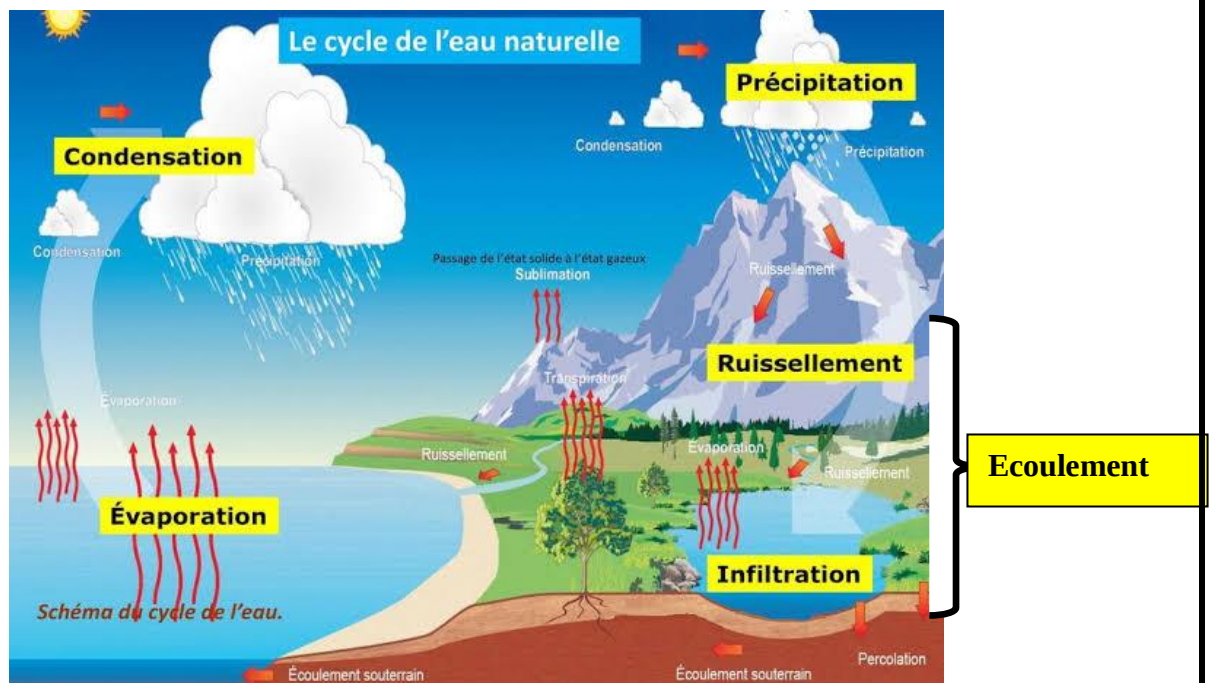


Fig. 2 : Le cycle naturel de l'eau (site.02).

-**L'évaporation** : le soleil chauffe l'eau des mers océans, lacs et rivières et la transforme en vapeur. La transpiration des végétaux et des animaux produit également de la vapeur.

-**La condensation** : en s'élevant la vapeur se refroidit et se condense sous forme de gouttelettes ou de cristaux et forme ainsi les nuages,

-**Les précipitations** : les nuages déversent leur contenu (pluie, bruine, neige ou grêle) sur les océans ou les continents,

-L'écoulement : soit les précipitations tombent sur les mers ou les océans, soit elles tombent sur les continents. Dans ce dernier cas, elles vont ruisseler et alimenter les eaux superficielles lacs et rivières ou s'infiltrer dans le sol pour rejoindre des rivières ou des nappes d'eau souterraines pour inévitablement rejoindre un jour les mers ou les océans... et le cycle recommence(Site.02).

2. 3. L'importance de l'eau:

Pour l'être humain:

L'eau joue un rôle essentiel dans notre organisme et ce d'autant plus qu'un corps adulte contient environ 70 % d'eau, soit 30 à 40 litres.Elle transporte les globules qui nous défendent des agressions extérieures, approvisionne les organes en nutriments, transporte les déchets jusqu'aux organes d'élimination, participe à la circulation sanguine, aux systèmes digestif et urinaire, joue un rôle central dans la transmission des influx nerveux et des hormones,...Autant dire que son rôle est vital. Il sert à :

- Dissoudre pour apporter des éléments et des informations aux cellules
- Éliminer les déchets, toxines et cellules mortes
- Assimiler les aliments
- Réguler les fonctions métaboliques
- Véhiculer des informations multiples sur le plan hormonal et électromagnétique
- Assurer la régulation thermique (transpiration)(O.M.S,2013).

Pour les végétaux :

Elle représente 80 à 90 % du poids frais de la majorité des plantes herbacées. Dans les cellules matures (cellule du parenchyme foliaire, cellules des tiges, cellules racinaire), elle est essentiellement contenue dans les vacuoles où elle est retenue par des forces osmotiques.

L'état hydrique de la plante, qui peut être caractéristique par la teneur en eau ou le potentiel des tissus foliaire, influence un certain nombre de processus physiologique :

La croissance cellulaire ne peut être assurée que si le potentiel hydrique est supérieur à un potentiel hydrique critique.

Les mécanismes d'ouverture et de fermeture stomatique sont directement liés à la teneur en eau dans la plante, précisément à la turgescence des cellules stomatiques(**IBMP,2012**).

La pollution et la rareté de l'eau menacent la santé et la qualité de vie de l'Homme. Or, des préoccupations écologiques plus larges entrent également en ligne de compte. Le libre écoulement des eaux, inaltéré par la pollution, est important pour soutenir les écosystèmes dépendant de l'eau (**Brasilia,2013**).

2. 4. Composition générale de l'eau :

Aucune entrée de table des matières n'a été trouvée. D'après le **CNRS**, l'eau renferme une quantité significative d'ions dissous, parmi lesquels on retrouve principalement le calcium (Ca^{2+}), le magnésium (Mg^{2+}), le sodium (Na^+), le potassium (K^+), les carbonates (CO_3^{2-}), les bicarbonates (HCO_3^-), les sulfates (SO_4^{2-}), les chlorures (Cl^-) et les nitrates (NO_3^-). Ils proviennent pour l'essentiel du lessivage des sols par les eaux de pluie. Aussi, leur teneur dépend-elle directement de la nature des roches du bassin versant. Elle peut varier du milligramme par litre au gramme par litre pour les eaux les plus salées. En plus faible concentration (de l'ordre du microgramme au milligramme par litre), l'eau contient également des éléments nutritifs ou nutriments tels que l'azote (sous forme d'ammoniac, de nitrites et de nitrates), le phosphore (sous forme de phosphates) et la silice, ainsi que du fer et du manganèse. D'autres éléments ne sont présents qu'à l'état de trace (de 0,1 à 100 microgrammes par litre), comme l'arsenic, le cuivre, le cadmium, le manganèse, le fer, le zinc, le cobalt, le plomb... Ils proviennent des roches mais aussi parfois des activités industrielles et domestiques.

L'eau contient aussi des matières minérales en suspension (matériaux argileux, limons, etc).

2.4.2. Composition organique

La matière organique présente dans l'eau se compose de divers composés chimiques contenant du carbone, de l'hydrogène, de l'oxygène, de l'azote, ainsi que des traces d'éléments tels que le soufre et le phosphore. Elle peut être d'origine naturelle, provenant de la décomposition des plantes, des animaux morts et des déchets organiques, ou d'origine anthropique, telle que les eaux usées, les effluents agricoles et les produits chimiques synthétiques. La quantification de la matière organique peut être réalisée à l'aide du carbone organique total ou de la demande biochimique en oxygène (DBO), qui mesure la quantité d'oxygène nécessaire à la dégradation de la matière organique par les microorganismes.

2. 5. Les ressources de l'eau :

2. 5.1. Les eaux de mer :

Les eaux de mer sont une source d'eau brute qu'on n'utilise lorsqu'il y a pas moyen de s'approvisionner en eau douce. Les eaux de mer sont caractérisées par leurs concentrations en sels dissous ; c'est ce qu'on appelle leur salinité, la plupart des eaux de mer varie de 33000 à 37000 mg /l de salinité(Ayad, 2017).

2. 5.2.Les eaux de surface :

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

2. 5.3. Les eaux souterraines :

Il s'agit dans ce cas de nappes plus au moins profondes formées par l'accumulation des infiltrations dans le sol à travers le temps conditionnées par la porosité et de la structure géologique du sol. Les eaux souterraines sont habituellement à l'abri des sources de pollution, elles sont donc d'excellent qualité physico-chimique et microbiologique par rapport aux eaux de surface. Selon les roches-magasins et selon la nature du réservoir, on distingue plusieurs types de nappes (Mebarki, 1982).

2.6.Propriétés de l'eau :

Indispensable à la vie, catalyseur de nombreuses réactions chimiques, l'eau est également le principal agent d'érosion et sédimentation et donc un facteur déterminant de la formation des paysages. Sur la terre, l'eau existe dans les trois états : liquide (eau proprement dite), solide (glace) et gazeux (vapeur d'eau). Ces trois phases coexistent dans la nature, toujours observables deux à deux, et plus ou moins en équilibre : eau- glace, eau- vapeur, glace- vapeur selon les conditions de température et de pression(Bliefert et Perraud, 2008).

2. 6.1. Propriétés physiques :

Le caractère polaire de la molécule d'eau est à l'origine d'associations possibles entre les molécules d'eau ; il donnera lieu à bien des anomalies physiques que nous signalons brièvement, telles que :

La température d'ébullition: anormalement élevée, si on la compare avec celle des composés de masse moléculaire du même ordre et possédant plusieurs atomes d'hydrogène. Dans les conditions normales elle est de 100°C.

La masse volumique : elle varie avec la température et la pression, mais aussi avec la teneur en sels dissous. L'eau a une masse volumique de 1g/cm^3 .

La viscosité : elle diminue lorsque la température croît ; par contre, elle augmente avec la teneur en sels dissous. Contrairement aux autres liquides, une pression modérée, rend l'eau moins visqueuse aux basses températures (**Boglin, 2001**).

La tension superficielle : elle est définie comme une force de traction qui s'exerce à la surface du liquide en tendant toujours à réduire le plus possible l'étendue de cette surface. Elle est extrêmement élevée ; égale à 73erg/cm à 18°C (**Bliefert et Perraud, 2008**).

2. 6.2. Propriétés chimiques :

L'eau est également connue sous le nom de H_2O en chimie. Sa formule moléculaire est composée d'hydrogène et d'oxygène. Cela a pris du temps pour arriver à cette connaissance commune en raison de controverses et d'obstacles rencontrés (**Dumon, 2021**). L'eau peut être dissociée en protons H^+ et en ions hydroxydes OH^- , ce qui est mesurable par le pH allant de 0 à 14 où un pH de 7 est considéré neutre. En raison de ses propriétés chimiques, l'eau est importante dans les réactions impliquant des substances électriquement chargées. Elle sert également de véhicule pour des agents corrosifs tels que les acides ou le gaz carbonique, qui, une fois dissous dans l'eau, se transforment en acide faible pouvant dissoudre des substances comme le calcaire (**Cieau, 2023**). L'eau pure est neutre, avec un pH proche de 7,0 à 25°C. Les précipitations normales ont un pH d'environ 5,6 (légèrement acide) en raison du gaz de dioxyde de carbone atmosphérique. Les plages de pH sécuritaires pour l'eau potable sont de 6,5 à 8,5 pour un usage domestique et les organismes vivants.

2. 6.3. Propriétés Biologiques :

L'un des indicateurs les plus utiles de la qualité de l'eau peut être la présence ou l'absence d'organismes vivants.

Les biologistes peuvent étudier la vie des poissons et des insectes dans les eaux naturelles et évaluer la qualité de l'eau en se basant sur un indice de diversité des espèces calculé. Ainsi, un plan d'eau avec un grand nombre d'espèces bien équilibrées est considéré comme un système sain. Certains organismes peuvent être utilisés comme indication de la présence de polluants en fonction de leur tolérance connue à un polluant spécifique (**Omar, 2019**).

L'eau, l'oxygène et le dioxyde de carbone contribuent à créer des conditions favorables au développement des êtres vivants. Il existe un cycle biologique au cours duquel se produisent une série d'échanges dus à l'eau. C'est le composant principal (en volume) des êtres vivants, en particulier le protoplasme de toutes les cellules. L'eau constitue également la majeure partie de notre alimentation (70 à 95 % de la plupart de nos viandes, fruits et légumes). On peut voir que « l'eau c'est la vie »(**Aouissi et Merabti, 2019**).

2. 7. Usage de l'eau :

L'eau est une substance indispensable à la pérennité de tous les êtres vivants ayant besoin de leur ration quotidienne d'eau. L'eau est également une ressource essentielle au développement des sociétés humaines qui se sont implantées au bord des cours d'eau. Grâce à ses propriétés exceptionnelles, l'eau est en effet nécessaire à toutes les activités humaines. Ses usages se sont d'ailleurs intensifiés et les volumes d'eau utilisés par l'homme ont décuplé depuis le début du XXe siècle(**Defrance, 1996**). Les utilisations de l'eau sont traditionnellement réparties entre trois secteurs : domestique, agricole et industrielle en pourcentage de l'utilisation totale de l'eau :

Le secteur domestique : comprend généralement des utilisations domestiques et municipales ainsi que l'utilisation commerciale et gouvernementale de l'eau.

Le secteur industriel : comprend généralement l'eau utilisée pour le refroidissement des centrales électriques et la production industrielle.

Le secteur agricole : comprend l'eau pour l'irrigation et l'élevage.

Le secteur de l'énergie : (compris la production d'électricité et la production d'énergie primaire) est souvent inclus dans le secteur industriel dans les analyses de l'utilisation de l'eau; gros utilisateur et consommateur, il peut faire d'autre-part l'objet d'un comptage séparé.

2. 8. La Pollution de l'eau :

2. 8.1. Définition:

Le terme pollution peut être défini comme suit : « c'est une modification défavorable du milieu naturel qui apparaît en totalité ou en partie comme un sous-produit de l'action humaine, au travers des effets directs ou indirects des niveaux de radiation, de la constitution physico- chimique du milieu naturel et de l'abondance des espèces vivantes. Ces modifications peuvent affecter l'Homme directement ou au travers des ressources agricoles, en eau et autre produits biologiques. Elles peuvent aussi l'affecter en altérant les objets physiques qu'il possède, les possibilités récréatives des milieux ou encore en enlaidissant la nature **(Koller, 2004)**.

2. 8.2. L'origine de pollution :

Toute modification défavorable des propriétés naturelles de l'eau (biologiques, ou physico-chimiques) est définie comme une pollution de l'eau.

Dans l'environnement, des polluants sont émis sous forme de substances dissoutes, de particules ou de gaz, qui atteignent les milieux aquatiques par les précipitations atmosphériques, le ruissellement de surface, la filtration du sol ou le déversement direct de déchets. La pollution peut résulter de phénomènes naturels tels que des éruptions volcaniques, des épanchements sous-marins, d'hydrocarbures, ou gisements d'éléments toxiques et la présence d'une thermo-minérale **(Chibani, 2009)**. La croissance démographique et l'extension de l'agriculture, le développement des unités des développements des unités des élevages avicoles et l'utilisation des fosses septiques non contrôlées, tous sont des causes de pollution, entraînant une modification de la ressource en eau souterraine, qui s'avère de plus en plus vulnérable au changement climatique et au développement humain, et son utilisation à des fins humaines représente une menace pour la santé**(Barrés et Roux, 1999 ; Blundell et al., 2004 ; Atteia, 2005)**.

2.8.2.1.Pollution domestique :

Elle provient de l'utilisation de l'eau par les habitants, on distingue les eaux de vannes (eau des toilettes), les eaux ménagères (eau de lavages). La pollution domestique est surtout organique (déchets organiques, graisses), elle peut aussi chimique (poudre à laver, détergents, produits utilisés dans les jardins...). Pollution aux pesticides pour traiter les espaces verts et les voiries, en plus des eaux usées domestiques traditionnelles, des eaux pluviales et des eaux

collectives de lavage des rues, des marchés, des commerces, des bâtiments scolaires, des hôpitaux(ONEMA). Les ordures ménagères accumulées dans les décharges sauvages ou non mises à la norme libèrent également des presse-agrumes riche en polluants (**Faurie et al., 2003**).

La pollution domestique se caractérise par :

- De fortes teneurs en matière organique;
- Des sels minéraux, dont l'azote et le phosphore ;
- Des détergents ;
- Des germes fécaux (**Bouchritet, 2016**).

2.8.2.2. Pollution agricole :

Les intrants utilisés par les agriculteurs pour augmenter leurs rendements et les effluents d'élevage sont des sources de pollution des eaux lorsque la capacité de prélèvement des végétaux et d'épuration naturelle des sols est dépassée. Les phénomènes en cause sont le lessivage et l'érosion des parcelles cultivées et le non étanchéité des bâtiments d'élevage.

Le phosphore : provient des effluents d'élevage et des engrais de synthèse. Il est entraîné vers les cours d'eau par ruissellement. Les pollutions phosphorées d'origine agricole se concentrent en zone d'élevage intensif.

L'azote : est naturellement présent dans le sol sous forme organique.

Les nitrates : correspondent à une partie de l'azote qui avec le temps se minéralise sous forme lessivable. Les apports organiques de fertilisants ajoutent de l'azote qui n'est pas toujours utilisé en totalité par la végétation. Le milieu est alors contaminé. Les nitrates étant très solubles, l'azote migre par voie souterraine. Une trop forte concentration d'azote est donc source des pollutions des eaux superficielles et des eaux souterraines. L'azote et le phosphore sont responsables de l'eutrophisation des cours d'eau. Leur excès entraîne un développement de phytoplancton responsable de la turbidité de l'eau puis de la chute des diatomées et chlorophycées. Le plancton vient à manquer de nourriture, suivis des poissons. À cause de la consommation d'oxygène dissous par la décomposition des végétaux, il y a une hausse de la mortalité des espèces et une baisse de la diversité (**A.R.R.A, 2015**).

Les pesticides : On désigne généralement les pesticides comme, des produits utilisés pour lutter contre les organismes portant atteinte à la santé publique ou s'attaquant à tous les stades

et de toutes les manières aux ressources végétales ou animales nécessaires à l'alimentation humaine, à l'industrie ou encore à la conservation de l'environnement.

D'après leurs usages, les pesticides sont classés de la manière suivante :

Les insecticides, les fongicides, les nématodes, les rodenticides, les herbicides, les acaricides..., etc. Les sources de pollution sont :

- Les industries fabricant les pesticides.
- L'utilisation des pesticides en agriculture et en santé publique.
- Le lessivage des terrains traités par les eaux de pluie (**Gasmi et Refice, 2020**).

2. 8.2.3. Pollution industrielle :

Une usine doit être équipée d'une station d'épuration (**STEP**). Un traitement primaire élimine les matières en suspension (exp : résidus de lavage, corps gras, huiles), puis un traitement secondaire élimine les matières en solution (ex : métaux lourds). En réalité, seulement 65% des eaux usées passent en station d'épuration ou le traitement secondaire n'est généralement pas mis en application (bien souvent pour des raisons de coût (**Birech et Messaoudi, 2006**).

2. 8.3. Les types de pollution de l'eau :

La pollution est due à toute substance physique, chimique ou biologique rejetée dans une eau naturelle qui perturbe l'équilibre de cette eau, induit d'importantes (nuisances mauvaise odeur, fermentation, risques sanitaires...etc (**Ladjel, 2006**).

2.8.3.1. Pollution physique:

Il s'agit d'une pollution qui se traduit par la présence des particules de taille et de matière très variés dans l'eau, qui lui confèrent un caractère trouble. On distingue aussi les matières décantées (plus lourdes que l'eau), les matières flottables (plus légères que l'eau) et les matières non séparables (de même densité que l'eau) (**Bouziati, 2000**). La pollution physique désigne l'autre type de pollution, telle que la pollution thermique due aux températures élevées, qui cause une diminution de la teneur en oxygène dissous ainsi qu'une réduction de la solubilité des gaz et la pollution radioactive (**Boudeal et Djouid, 2003**).

2.8.3.2. Pollution chimique:

La pollution chimique de l'eau est due essentiellement aux déversements polluants organiques et minéraux par les unités industrielles. L'enrichissement des sols pour intensifier

l'agriculture par diverses catégories d'engrais et de pesticides est également à l'origine de la pollution chimique des sources et des nappes souterraines (**Aroua, 1994**). Ces substances exercent un effet toxique sur les matières organiques et les rendent plus dangereuse (**Boudeal et Djouid, 2003**). Les polluants chimiques dits indésirables (nitrate, les composés phosphorés et les sels ammoniacaux: Les polluants chimiques toxiques.

- Les pesticides et produits apparentés.
- Les hydrocarbures.
- Les détergents.

2.8.3.3. Pollution biologique:

Un grand nombre de microorganismes peut proliférer dans l'eau qui sert d'habitat naturel ou comme un simple moyen de transport pour ces microorganismes. Les principaux organismes pathogènes qui se multiplient ou qui sont transportés dans l'eau sont : les bactéries, les virus, les parasites et les champignons. On parle ainsi de pollution bactérienne, virale ou parasitaire (**Thomas, 1995**).

2.9. Maladies liées à la pollution des eaux:

L'eau contaminée par les excréta est susceptible de transmettre les maladies gastro-intestinales. En effet la pollution fécale peut introduire dans l'eau de boisson des risques:

- A court terme lorsque les sources de pollution sont urbaines, il s'agit du déversement incontrôlé de teinture, des eaux domestiques. Il peut arriver que ces eaux soient évacuées vers des puisards qui sont en communication directe avec la nappe.
- A moyen terme lorsque les sources de pollution sont industrielles. Il peut s'agir des industries polluantes par leurs déchets.
- A long terme avec le développement agricole, les produits utilisés dans le but d'améliorer les rendements agricoles. On peut citer : les engrais, les pesticides etc... (**C.R.A.A.Q, 2003**).

Les différents risques de l'eau sont : le risque d'ingestion ou risque direct, le risque de contact et le risque indirect. Le péril fécal pollue l'eau par les excréments dans les ressources aquatiques, directement lorsque celles-ci sont de surface (rivière, lac, ...) ou par infiltration de la nappe phréatique. La mauvaise gestion des eaux souterraines polluées peut causer un multiple nombre de maladie (**Bekkouche et al., 2013**).

2.9.1. Maladies d'origine bactérienne:

Les eaux peuvent transmettre un certain nombre de maladie d'origine bactérienne. On les cite avec les différents germes en cause:

- Le choléra (*Vibrio cholerae*).
- La fièvre typhoïde et gastro-entérite (*Salmonella typhi* et *E. Coli*).
- Schigellose (*shigellaspp*).
- La tuberculose (*Mycobacterium tuberculosis*) (**Bekkouche et al., 2013**).

2. 9.2. Maladies d'origine virale:

Aux cotés des maladies d'origine bactérienne, nous avons des maladies virales. On peut citer:

- La poliomyélite
- Les hépatites virales et entérovirus (**Bekkouche et al., 2013**).

2.9.3. Maladies d'origine parasitaire:

En plus des maladies d'origine bactérienne et virale, on trouve les épidémies d'origine hydrique dues à des parasites exemples l'ankylostomose, la dracunculose, le téniasis...etc (**Bekkouche et al., 2013**).

2.9.4. Maladies liées à la présence de substance chimique dans l'eau:

La fluorose qui est due à une intoxication chronique par le fluor. Le saturnisme qui est l'ensemble des manifestations dues à une intoxication par le plomb.

L'hyperthyroïdie, et la méthémoglobine provoquent des troubles graves, par altération de l'hémoglobine du sang et formation de méthémo-hémoglobine toxique pouvant conduire à l'asphyxie et la mort s'il n'y a pas de traitement (**Anonyme, 2003**).

Matériel et Méthodes

3. Matériel et Méthodes

3.1. Présentation de la wilaya de Mila :

La wilaya de Mila (**Fig.3**),est située au Nord-Est de l'Algérie, dans la partie est de l'Atlas-tellien. Elle culmine à 464 m d'altitude et est distante de 33 km de la mer Méditerranée.Elle occupe une superficie totale de 3480,54 km² soit de 0,14% de la superficie totale du pays pour une population qui s'élevait en décembre 2011 à 810370 habitants, soit une densité de 90,75 habitants par km². C'est en découpage administratif de 1984, que Mila a été décomposé en 32 communes (**Chaalal, 2012**).

La wilaya de Mila est limitée par 6 wilayas:

- Au Nord- Ouest par la wilaya de Jijel.
- Au Nord-Est par la wilaya de Constantine et Skikda.
- À l'Ouest par la wilaya de Sétif.
- Au Sud-Est par la wilaya D'Oum-El Bouaghi et Batna.



Fig. 3 : Cartegéographique de la localisation de la wilaya de Mila (**ANIREF**).

3.2 .Situation géographiques de la commune de Sidi Merouane :

Sidi Mérouane (**Fig. 4**), est une commune de la Daira de Sidi Merouane (wilaya de Mila), couvre une superficie de 33.27 (Km²) abrite une population et de l'ordre 34089 habitants (**D.P.A.T, 2008**), elle est située au Nord-Ouest du chef-lieu de la Wilaya de Mila, limitée par :

- Au Nord par la commune de Chigara.

- Au Sud par la commune de Mila.
- A l'Ouest par la commune de Zeghaia.
- A l'Est par La commune de Grarem gouga.

La commune de Sidi marouane, chef-lieu de daïra issue du dernier découpage administratif est située à 15 Km du chef-lieu de Wilaya Mila.

Selon la carte d'état-major Sidi maroune (à l'échelle 1/50000) la position géographique est définie par les coordonnées Lambert suivantes :

X1 = 360 (Km)

X2 = 364 (Km)

Y1 = 818 (Km)

Y2 = 820 (Km)

Z = 362(Km)



Fig. 4 : Carte géographique de la localisation de la commune de Sidi Merouane(Google-earth, 2024)

3.2.1. Climatologie et moyennes météorologiques de Sidi Merouane :

Le climat de la région est de type continental, semi-aride avec un hiver pluvieux et froid et un été sec et chaud (Mebarki, 1982). À Sidi Merouane, les étés sont courts, très chaud, sec et

dégagé dans l'ensemble et les hivers sont long, frisquet, précipitation et partiellement nuageux (Tab. 1) (Site03).

Tableau. 1 : Synthèse climatique de la commune de Sidi Mérouane pendant la période (2016-2023).

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aôu	Sep	Oct	Nov	Déc
T(C°)	9,5	10	12	14,5	19	23,5	26,5	27	23,5	19,5	14	10,5
PP (mm)	72,4	61,2	54,4	50,6	38,6	17,1	5,8	13,3	36,9	47,7	60,9	74,3
Ven(Km /h)	13,9	13,8	13,2	12,8	11,6	11,0	11,0	10,9	10,9	11,6	13,2	14,0

3.2.1.1. La Température:

La température est un facteur écologique de première importance qui a une grande Influence sur les propriétés physico-chimiques des écosystèmes aquatiques (**Ramade, 1993 ; Angelier, 2003**). La saison très chaude dure 2-8 mois, du 17 juin au 10 septembre, avec une température quotidienne moyenne maximale supérieure à 30 °C. Le mois le plus chaud de l'année à Sidi Merouane est Août, avec une température moyenne maximale de 33 °C et minimale de 21 °C. La saison fraîche dure 1-4 mois, du 20 novembre au 22 mars, avec une température quotidienne moyenne maximale inférieure à 18 °C. Le mois le plus froid de l'année à Sidi Merouane est janvier, avec une température moyenne minimale de 5 °C et maximale de 14 °C (Fig. 5).

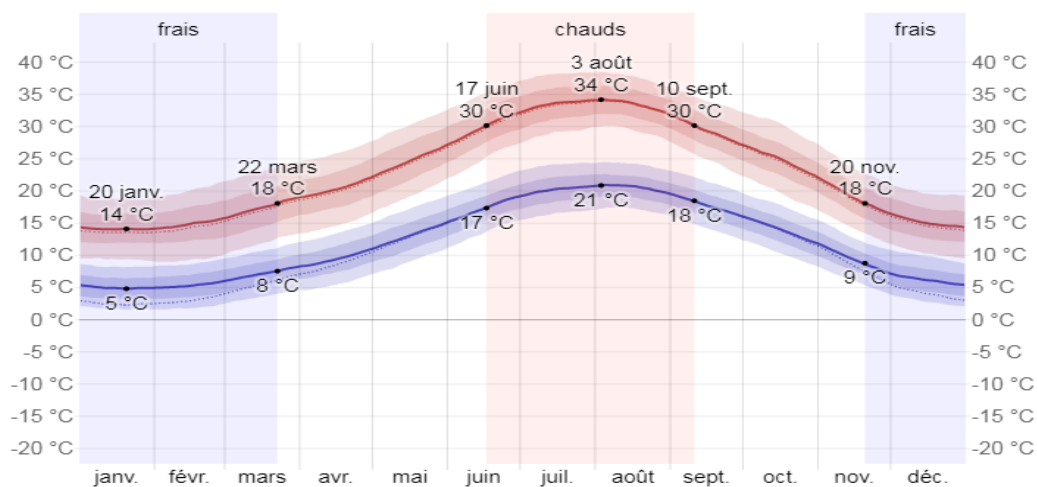


Fig.5 : Température moyenne, maximale et minimale à Sidi Merouane (2016-2023)(Site.3).

3.2.1.3. Pluviométrie :

Pour montrer la variation au cours des mois et pas seulement les totaux mensuels, nous montrons l'accumulation de pluie au cours d'une période glissante de 31 jours centrée sur chaque jour de l'année. Sidi Merouane connaît des variations saisonnières considérables en ce qui concerne les précipitations de pluie mensuelles. La période pluvieuse de l'année dure 10 mois, du 15 août au 21 juin, avec une chute de pluie d'au moins 13 millimètres sur une période glissante de 31 jours. Le mois le plus pluvieux à Sidi Merouane est décembre, avec une chute de pluie moyenne de 74 millimètres.

La période sèche de l'année dure 1 mois, du 21 juin au 15 août. Le moins pluvieux à Sidi Merouane est juillet, avec une chute de pluie moyenne de 6 millimètres (Fig.6).

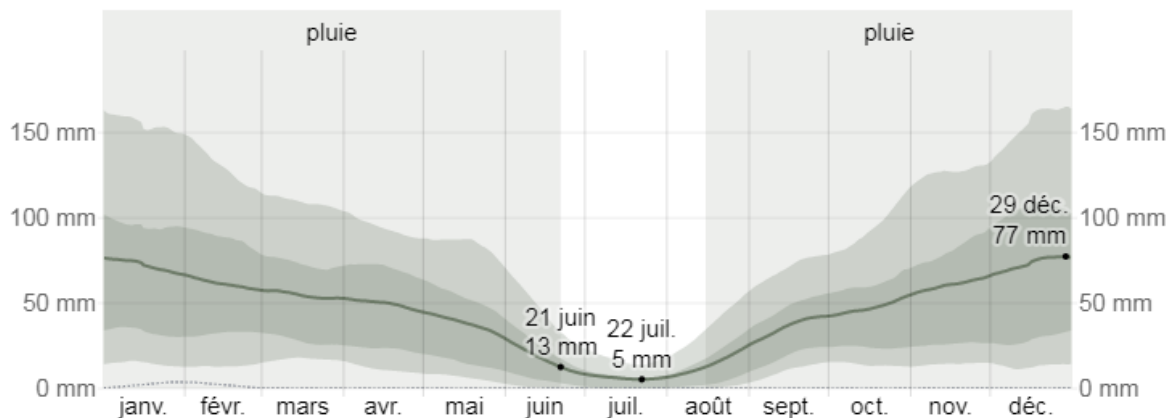


Fig.6:Pluviométrie moyenne maximale et minimale à Sidi Merouane(2016-2023)(Site3).

3.2.1.4. Humidité :

Nous estimons le niveau de confort selon l'humidité sur le point de rosée, car il détermine si la transpiration s'évaporerait de la peau, causant ainsi un rafraîchissement de l'organisme. Les points de rosée plus bas sont ressentis comme un environnement plus sec et les points de rosée plus haut comme un environnement plus humide. Contrairement à la température, qui varie généralement considérablement entre le jour et la nuit, les points de rosée varient plus lentement. Ainsi, bien que la température puisse chuter la nuit, une journée lourde est généralement suivie d'une nuit lourde. Sidi Mérouane connaît des variations saisonnières modérées en ce qui concerne l'humidité perçue. La période la plus

lourde de l'année dure 1-3 mois, du 23 juin au 26 septembre, avec une sensation de lourdeur, oppressante ou étouffante au moins 4 % du temps. Le mois ayant le plus grand nombre de jours lourds à Sidi Mérouane est août, avec 4-4 jours lourds ou plus accablants. Le jour le moins lourd de l'année est le 20 février, avec un climat lourd quasiment inexistant (Site 2) (Fig.7).

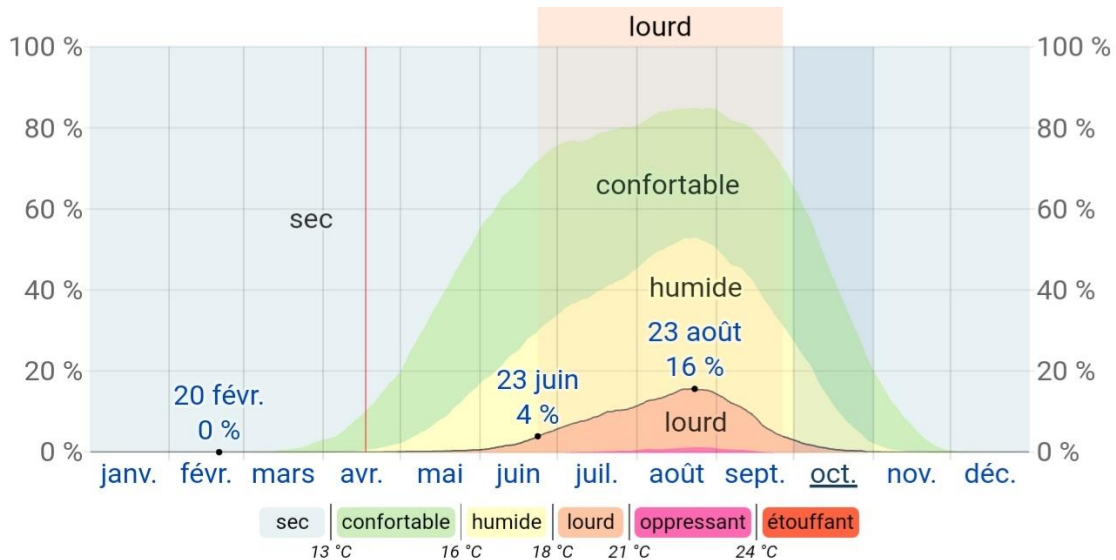


Fig.7 : L'Humidité moyenne maximale et minimale à Sidi Merouane(2016-2023)(Site3).

3.2.1.5.Le vent :

Cette section traite du vecteur vent moyen horaire étendu (vitesse et direction) à 10 mètres au-dessus du sol. Le vent observé à un emplacement donné dépend fortement de la topographie locale et d'autres facteurs, et la vitesse et la direction du vent instantané varient plus que les moyennes horaires. La vitesse horaire moyenne du vent à Sidi Merouane connaît une variation saisonnière modérée au cours de l'année. La période la plus venteuse de l'année dure 5- 7 mois, du 1 novembre au 22 avril, avec des vitesses de vent moyennes supérieures à 12,6 kilomètres par heure. Le mois le plus venteux de l'année à Sidi Merouane est décembre, avec une vitesse horaire moyenne du vent de 14,0 kilomètres par heure(Fig.8).

La période la plus calme de l'année dure 3-6 mois, du 22 avril au 1 novembre. Le mois le plus calme de l'année à Sidi Merouane est août, avec une vitesse horaire moyenne du vent de 10,9kilomètres par heure(Site2).

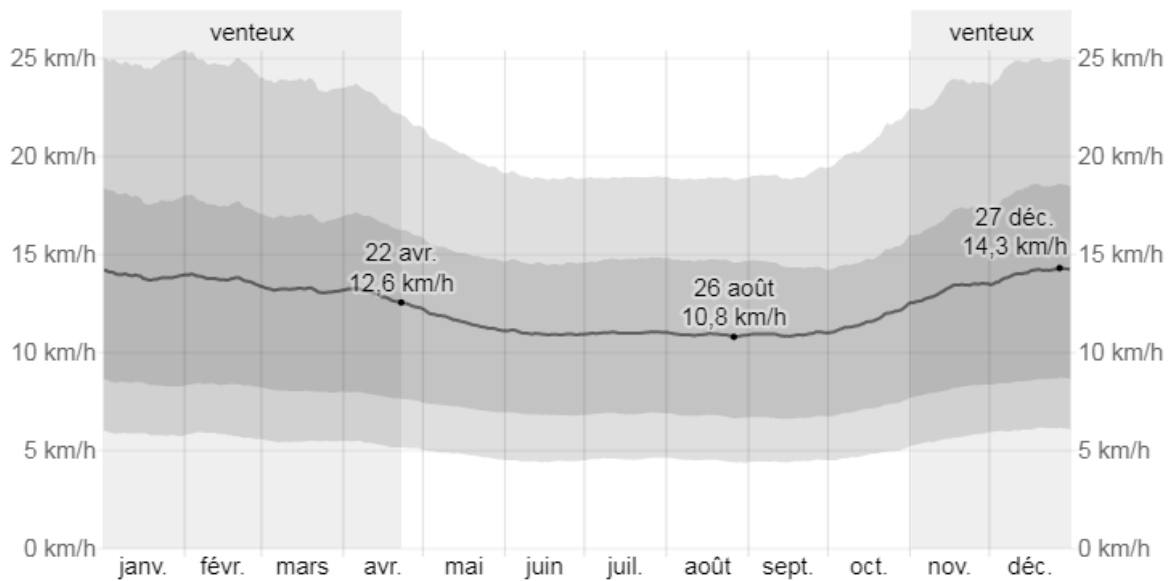


Fig.8 :Le vent moyen maximal et minimal à Sidi Merouane(2016-2023) (Site 3).

3.2.1.6. L'indice pluviométrique d'Emberger :

L'indice pluviométrique d'Emberger aide à définir les cinq étages de climat méditerranéen du plus aride jusqu'à celui de haute montagne (**Emberger, 1955**). Il se base sur le régime des précipitations et des températures et s'exprime selon la formule suivante:

$$Q_2 = \frac{1000 \cdot P}{\left[\frac{M + m}{2} \right] (M - m)}$$

Q =quotient pluviométrique d'Emberger.

P =Précipitation annuelle moyenne (mm).

M =Températures des maximal du mois le plus chaud (°K).

m =Températures des minimal du mois le plus froid (°K).

Les températures sont exprimées en degrés absolus [$T^{\circ}K = T^{\circ}C + 273,15$].

Pour déterminer l'étage bioclimatique de la région d'étude, il faut procéder au calcul du quotient pluviométrique d'Emberger (Q2).

Les données climatiques et météorologiques de Sidi Mérouane pendant les années (**2016-2023**),sont :

$P = 533,2 \text{ mm}$

$M = 27^\circ\text{C} = 300,2\text{K}^\circ$

$m = 9,5^\circ\text{C} = 282,7\text{K}^\circ$

Alors : $Q_2 = 104,54$

Alors que l'indice d'Emberger équation de la commune de Sidi Merouane égale à 104,54, Alors la commune située dans l'étage semi aride(**Fig.9**).

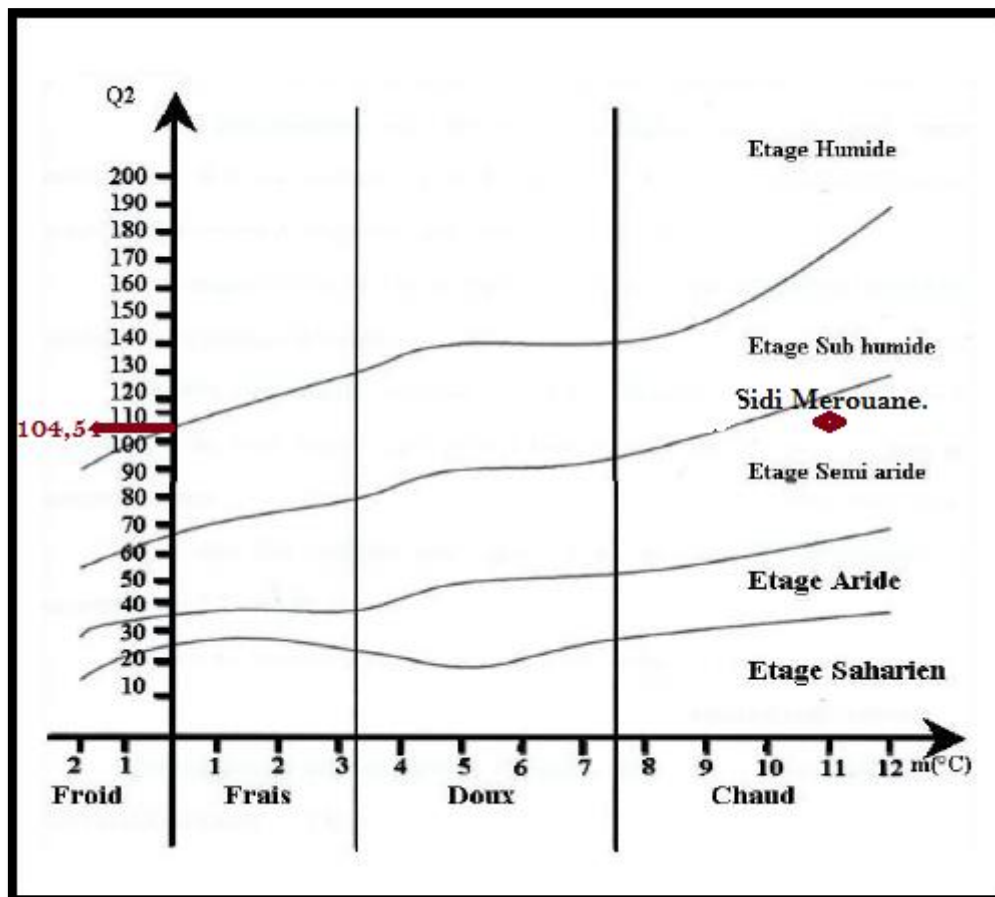


Fig.9 : La situation de la commune de sidi Mériouane dans le climagramme d'emberger (2016-2023)(Emberger, 1955).

3.3. Présentation du barrage Beni Haroune:

Le barrage de Beni-Haroun (**Fig. 10**),est situé dans la commune Sidi Merouane, sur l'oued El Kébir dans la wilaya de Mila (Est-Algérien). Il est alimenté par Oued Rhumel et Oued Endja, le bassin versant du Béni-Haroun est situé en grand partie sur le versant méridional du bombement tellien (**Kerdoud, 2006**).Il fait partie du grand bassin Kébir-Rhumel avec une

superficie de 6595 Km². Ce bassin est limité naturellement par les limites du Kébir-Rhumel qui sont :

- Au Nord par les bassins des côtières constantinois Ouest et Constantinois Centre (Bassin versant n°03)
- Au Sud, le bassin versant des hautes plateaux Constantinoises (Bassin versant n°07);
- A l'Ouest le bassin de Soummam (Bassin versant n°15);
- A l'Est le bassin de Seybouse (Bassin versant n°14).



Fig. 10 : Situation géographique de barrage Beni Haroune-Mila (Google Earth, 2024)

3.3.1. Situation hydrologique du barrage Beni Haroun :

L'ouvrage est de type poids rectiligne, en BCR (Béton Compacté au Rouleau), avec une longueur en crête de 710 m, arasée à la cote 216,3 m, une hauteur d'ordre de 118 m au-dessus de fondation. Le lac de la retenue épouse la partie captée de l'Oued El Kébir et les deux vallées de l'Oued Rhumel et d'Oued Endja, sur une surface de 39,29 Km², soit près de 4000 ha. Le bilan pluie réservoir permet de déterminer un déstockage net par évaporation, équivalant à une tranche annuelle moyenne de 350 mm (Mebarki, 2009). La retenue d'eau permet d'emmagasiner 963 Hm³ (BV n°14) (Kerdoud, 2006), soit un volume utile de 732 Hm³; elle permet de régulariser un apport annuel de 435 Hm³, avec une réserve de 1 milliard de m³, d'eau atteinte le 12 Février 2012 ; le barrage est mis en exploitation en 2003 (ANBT, 2000 ; Mebarki, 2009).

3.3.2. Les caractéristiques du Barrage Beni Haroune : ces caractéristiques sont présentées dans le tableau 2.

Tableau.02 : Les caractéristiques du barrage Beni Haroune :

Caractéristiques	Valeures
Année de finalisation	2003
Capacité	960m ³
Volume de la digue du barrage	1,9 millions de m ³ de BCR*
Hauteur au –dessus du lit	114m
Largeur du barrage à la base	100m
Longueur du barrage en crête	710m

3.3.3. L'exploitation du barrage Beni Haroune :

L'objectif de ce barrage est de stocker l'eau pour les différentes utilisations:

- Irriguer les cultures à l'environ d'une surface de 30000ha.
- Alimenter la zone en eau potable... d'environ 4,62 millions d'habitants.

Le barrage de Beni Haroune alimente actuellement les wilayas de Constantine, Mila, Jijel et prochainement les wilayas d'Oum El-Bouaghi; Batna et Khenchela (Mrabet, 2010).

3.4. Les Problèmes des barrages en Algérie :

La plupart des barrages se trouvent toujours confrontés au moins à l'un des problèmes quantitatifs, comme la pollution, les fuites d'eau et même l'évaporation, et/ou à l'un des problèmes qualitatifs qui se résument à la dégradation de la qualité d'eau vis-à-vis de leur différente utilisation.

À l'heure actuelle le plus grand barrage en Algérie, celui de Beni Haroune a des problèmes entraînant des pertes en eau et des pertes de capacité de stockage.

La qualité de l'eau dépend de plusieurs facteurs : physiques, chimiques, biologiques et humains. La contamination de l'eau est un problème majeur de pollution qui est à l'origine de différentes maladies hydriques qui ont responsables de vastes épidémies de dysenteries, fièvre typhoïde, choléra et autre(Rodier, 2005).

2. 5. Problèmes de la pollution des eaux :

Selon **GIAD (1984)**, la pollution des eaux des barrages en général c'est une modification de nature physicochimique(sels minéraux, matières en suspension, micropolluants organiques et minéraux)et biologique (bactéries, virus, parasites, cyanobactéries...)qui touche la qualité de l'eau et créer aussi un risque sanitaire pour les populations exposées via les produits agricoles c'est-à-dire la qualité d'eau utilisée pour irrigation est un paramètre essentiel pour le rendement des cultures, le maintien de la productivité du sol et la protection de l'environnement, d'une part , les eaux des barrages qui doivent être destinées à la consommation humaine est impératif de se contrôler et traiter au niveau des stationsd'épuration pour le potabilité, parmi les procédés utilisés, la désinfection est universellement appliquée et empêche la propagation des maladies en inactivant des microorganismes pathogènes.

La station d'épuration d'eau potable doit éliminer la plus grande partie des germes présents dans l'eau lors de l'étape de la désinfection, mais certain nombre des micro-organismes (des bactéries, algues)peuvent se développer et former des biofilms dans les réseaux et se fixent sur les parois des canalisations, plusieurs points offrent des voies d'entrée à la contamination par des micro-organismes c'est le cas des interventions sur le réseau (réparations, branchements), les fuites (dépression) et les accidents tel que des retours d'eau ou des cassures peuvent également être responsables de plusieurs problèmes sanitaires(Adnane, 2015).

3.6. La situation géographique de la station d'épuration de Sidi Merouane :

D'après Le Système de Management Environnemental (SME) sera mis en place au niveau de la station d'épuration des eaux usées de Sidi Merouane (**Fig.11**), située dans la commune

de Sidi Merouane à une dizaine de Km au Nord du chef lieu de la Wilaya de Mila. Le site de la STEP s'étend sur une assiette de 08 hectares, à 4,5Km en amont de la cuvette du barrage de Beni Haroune. Sa capacité est de 137 711 Eq/hab. Le traitement des eaux se fait par le procédé de boues activées à faible charge. Cette Station a pour impact la protection du barrage de Beni Haroune (la plus grande infra structure de mobilisation des eaux en Algérie). De la Station de Relevage Viaduc/Ferdoua assure le refoulement de l'ensemble des eaux usées des localités : Mila, Grarem Gouga et Ferdoua depuis le Viaduc jusqu'à l'entrée Est de Sidi Merouane, en direction de la STEP (ONA,2011).

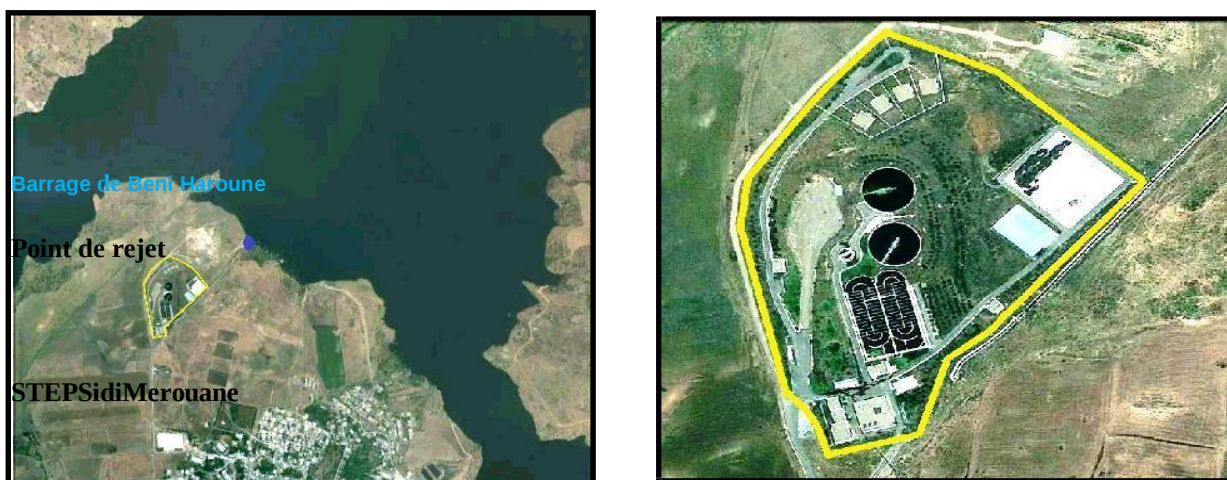


Fig.11 : Situation de la STEP de Sidi Merouane(ONA,2011).

Pour déterminer l'efficacité de la chaîne du traitement des eaux usées et leur rendement dans la station d'épuration de Sidi Merouane, il est nécessaire d'effectuer une série d'analyses selon les paramètres indicateurs de la pollution des eaux usées à l'entrée et à la sortie de la STEP.

Nous allons présenter les analyses faites sur les échantillons d'eaux usées et épurées effectuées au niveau du laboratoire de la station de Sidi Merouane ainsi que, les différents appareils utilisés.

3.7. Nature et période de prélèvement des eaux :

L'étape de prélèvement constitue l'une des plus importantes étapes dans l'étude des eaux car, elle influence directement la qualité des résultats analytiques. Des précautions nécessaires doivent être prises afin de collecter un échantillon représentatif, aussi pour minimiser les risques associés à la contamination de l'échantillon (Rodier,2005).

Nous avons adopté la méthode utilisée au laboratoire de la station d'épuration pour évaluer le degré de pollution des eaux (brutes et épurées) ainsi que l'efficacité du processus de traitement et le rendement de la station. Des prélèvements mensuels ont été effectués sur les eaux (brutes et épurées) afin d'étudier les paramètres physico-chimiques de ces eaux, dans la période allant de janvier jusqu'à avril 2024 (Tab. 3).

Par ailleurs, nous avons entrepris une étude descriptive analytique des paramètres physique-chimiques des eaux (brutes et épurées) réalisée au laboratoire de la STEP Sidi Merouane sur durant la période (2020 à 2023). Cette démarche vise à caractériser la qualité des eaux sur cette période antérieure.

Tableau. 03: La période de prélèvement et d'analyse des eaux de barrage Beni Haroune(Janvier-Avril, 2024).

Paramètres /Mois	Janvier	Février	Mars	Avril
-Température	Le 2- 3-4 2024.	Le 4-5-6-7-	Le 3-4-5-6-7	Le1-2-3-4 /2024.
-pH	Le 7-8-9-10-	8/2024.	/2024.	Le 7-8-9 /2024.
-Conductivité	11/2024.	Le 11-12-13-14-	Le 10-11-12-13-	Le15-16-17-
électrique(CE)	Le 14-15-16-17-	15/ 2024.	14/ 2024.	18 /2024.
-Oxygène dissous	Le 14-15-16-17-	Le 18-19-20-21	Le17-18-19-20	Le21-22-23-24-
(mg/l)	18 /2024.	/2024.	/2024.	25/2024.
	Le 21-22-23-24-	Le 25-26-27-28	Le 24-25-26-27-	Le28-29-30/2024.
	25 /2024.	/2024.	28 et 31/2024	

DBO5 (mg/l d'O₂)	Le09-16-23-25/2024.	Le 06-13-20-27/2024	Le 05-12-19-26/2024	Le02-16-23-28/2024.
DCO (mg/l d'O₂)				
MES (mg/l)				
PO₄(mg/l)				
Nt mg/l)				

3.7.1. Echantillonnage instantané des eaux usées et épurées :

Les échantillons instantanés sont prélevés en milieux dynamiques en une prise de 05 fois/Jour. Les échantillons instantanés sont principalement utilisés.

Le prélèvement des échantillons instantanés se fait habituellement par la méthode manuelle. Ils sont prélevés par immersion d'un contenant dans l'effluent à échantillonner. L'ouverture du contenant doit être face au courant de l'effluent et sous la surface du liquide. Il faut maintenir le contenant par l'autre extrémité de façon à garder les mains aussi loin que possible de l'ouverture. Le contenant peut également être fixé à une tige d'échantillonnage pour faciliter le prélèvement lorsque l'effluent est difficile d'accès.

On prend des échantillons et c'est pour ça on fait construire deux points de prélèvement(**Fig.12**) :

Premier point : dans le canal venturé pour prélever les échantillons des eaux brutes.

Deuxième point : Dans le canal de rejet des eaux épurées pour prélever des échantillons des eaux épurées.

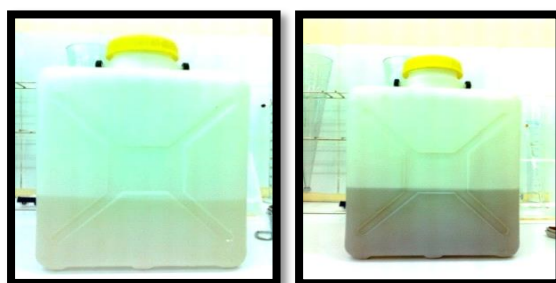


Fig.12: Echantillons d'eau brute et d'eau épurée.

Le volume de prélèvement minimal suggéré pour un échantillon instantané est d'environ un litre, peu importe le volume requis pour l'analyse au laboratoire, et ce, afin d'avoir un volume < d'échantillon représentatif du rejet.

Il est également possible de prélever un échantillon instantané par l'intermédiaire d'un échantillonneur automatique (**Fig.13**). L'échantillon est aspiré par l'appareil directement dans les bouteilles qui seront expédiées au laboratoire. L'échantillonneur utilisé doit être conforme aux exigences.

On prélève des échantillons instantanés lorsque les paramètres à analyser peuvent être altérés tels que le pH, T (°C), Conductivité, Oxygène dissous, les paramètres, les composés organiques volatils, les sulfites, les sulfures (**STEP de Sidi Merouane, 2018**).

3.7.2. Echantillonnage composé des eaux usées et épurées :

Un échantillon composé est obtenu en combinant dans un même contenant des échantillons instantanés prélevés périodiquement en fonction du temps ou du débit en respectant l'égalité des proportions. Un échantillon composé peut se prélever automatiquement (**Fig.13**).



Fig.13:Préleveur automatique

On obtient un échantillon composé en fonction du temps en prélevant des échantillons de même volume à intervalles de temps régulier. On obtient des échantillons composés en fonction du débit en prélevant des échantillons proportionnellement au débit des eaux. Un échantillon composé couvre une période de temps définie en fonction des besoins (généralement 24 heures).

Un prélèvement composé en fonction du débit s'effectue en utilisant un échantillonneur automatique asservi à un débitmètre selon le principe de volume fixe, à intervalles de temps

variables. L'échantillonneur doit être ajusté en fonction du débit pour obtenir un volume équivalent à au moins six prélèvements par heure. Pour atteindre cet objectif, il faut obtenir les renseignements nécessaires pour estimer le débit moyen journalier (**Fig.14**).



Fig.14 : Les eaux dans le préleveur automatique

Le volume minimal de chacun des prélèvements pour former un échantillon composé est d'au moins 50 ml afin de s'assurer de la représentativité de l'échantillon prélevé. Dans tous les cas, le volume total prélevé ne doit pas être inférieur à 1,5 fois le volume nécessaire pour effectuer toutes les analyses(**STEP de Sidi Merouane, 2018**).

3. 8.Les analyses physico-chimiques des eaux :

3.8. 1. Les analyses physiques :

3.8.1.1. La Température (T°) :

Température ,c'est un paramètre physique important pour la détermination des processus chimiques et biologique au sien d'un cours d'eau. Elle joue un rôle dans la solubilité des gaz, la dissociation des sels dissouts, et la détermination du pH cela pour connaître l'origine de l'eau (**Ghazali, 2013**).

La palatabilité, la viscosité, la solubilité, les odeurs et les réactions chimiques sont influencées par la température Ainsi, les processus de sédimentation et de chloration et la demande biologique en oxygène (DBO) dépendent de la température. Elle affecte également le processus de biosorption des métaux lourds dissouts dans l'eau. La plupart des gens trouvent que l'eau à des températures de 10-15°C est la plus agréable à boire(**Omar, 2019**).

Mode d'opérateur :

Sur terrain soit eau brute ou eau épurée on immerge les électrodes du Thermomètre jusqu'au niveau de la lecture et on laisse l'indicateur se stabiliser puis lire la température(**Fig.15**).



Fig. 15: Mesure de température.

3.8.1.2. La Conductivité électrique (CE) :

La conductivité est la propriété que possède une eau de favoriser le passage d'un courant électrique. Elle est due à la présence dans le milieu d'ions qui sont mobiles dans un champ électrique. Elle dépend de la nature de ces ions dissous et de leurs concentrations(**Rejsek,2002**). La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 à 2 cm. L'unité de conductivité est le siemens par mètre (S/m), $1 \text{ S/m} = 104 \mu\text{S/cm} = 103 \text{ mS/m}$ (**Rodier, 2005**).

Mode d'opérateur:

Sur terrain soit eau brute ou eau épurée on planage les électrodes du conductimètre(**Fig.16**), jusqu'au niveau de la lecture et laisser l'indicateur se stabiliser puis lire la conductivité.

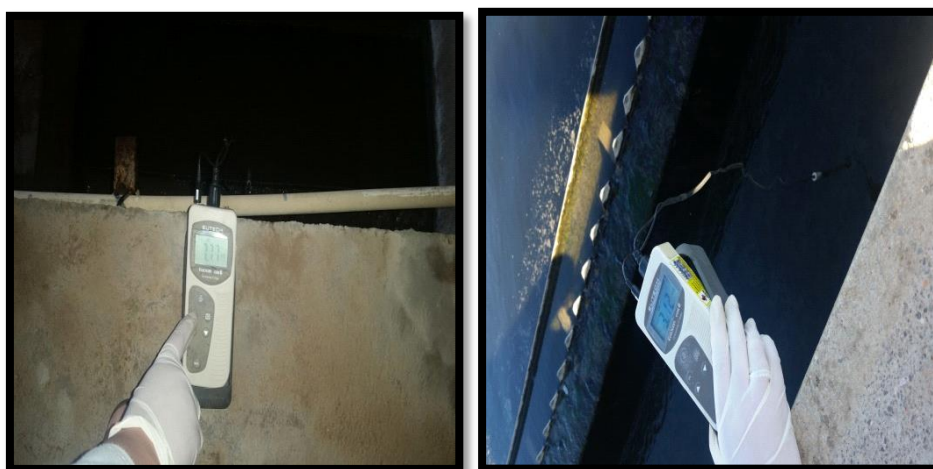


Fig.16: Mesure de conductivité.

3.8.1.3. Le potentiel d'hydrogène (pH) :

Le pH de l'eau est une mesure du degré d'acidité ou de basicité de l'eau (Tchobanoglous, 1985 ; Tomar, 1999). L'eau acide contient des ions hydrogène (H^+) supplémentaires et l'eau basique contient des ions hydroxydes (OH^-) supplémentaires (Alley, 2007). Le pH varie de 0 à 14, et 7 est considéré comme neutre. Un pH inférieur à 7 indique une acidité, tandis qu'un pH supérieur à 7 indique une solution basique (Omar, 2019).

- Le pH d'une eau naturelle est compris généralement entre 6 et 8.
- Le pH d'une eau neutre correspond à une concentration d'ions H^+ de 10^{-7} .

Mode opératoire :

Sur terrain soit eau brute ou eau épurée on immerge les électrodes du pH mètre (Fig.17), jusqu'au niveau de la lecture et on laisse l'indicateur se stabiliser puis lire.



Fig.17 : Mesure de pH d'eau.

3.8.1.4. Oxygène dissous (OD):

L'oxygène dissous mesure la concentration du dioxygène dissous dans l'eau. La teneur en oxygène est une indication importante pour la qualité de l'eau. Une bonne concentration en oxygène est essentielle pour la vie des plantes et des animaux aquatiques. Généralement 3 à 6 mg/l d'oxygène dissous est la dose létale et la quantité idéale est la valeur la plus élevée possible, c'est-à-dire la valeur de saturation (Rodier, 1996 ; Louvain, 2010)

Mode d'opératoire :

Sur terrain soit eau brute ou eau épurée on prolonge les électrodes de l'oxymètre (Fig.18), jusqu'au niveau de la lecture, laissé l'indicateur se stabiliser puis lire les résultats.



Fig.18 : Mesure d'oxygène dissous.

3.8.1.5. La Turbidité :

La turbidité d'une eau est due à la présence des matières en suspension à savoir : Argiles, grains de silice, matières organiques, etc. L'appréciation de l'abondance de ces matières mesure son degré de turbidité.

Méthode néphélo-métrique, le faisceau lumineux traverse horizontalement la cuvette contenant l'échantillon, une partie de cette lumière est diffusée par effet Tyndall grâce aux particules en suspension. Le photomultiplicateur d'électron situé à un angle de 90° par rapport au faisceau lumineux capte les photons diffusés et transforme cette énergie lumineuse en signal électrique dont le potentiel est fonction de la turbidité (Lazhar, 2011 ; Sari, 2014).

- Les classes de turbidité de l'eau (Rodier *et al.*, 2009) :

- NTU < 5 Eau Claire
- $5 < \text{NTU} < 30$ Eau légèrement trouble
- NTU > 50 Eau trouble

3.8.1.6. Matières en suspension (MES):

La pollution particulaire est due à la présence des particules de grande taille, supérieure à $10\mu\text{m}$, en suspension dans l'eau, et que l'on peut assimiler aux matières en suspension (MES).

En fait, les matières en suspension ne sont des particules solides véritablement en suspension que dans des conditions moyenne d'écoulement des effluents correspondant à une vitesse minimale de $0,5 \text{ m/s}$. En fonction de la taille des particules, on distingue les matières grossières ou décantables (diamètre supérieure à $100 \mu\text{m}$) et les matières en suspension. On peut également prendre en compte une partie des matières colloïdales, de dimension

inférieure, qui constitue la limite entre la phase solide et la phase dissoute (entre 1 et 10^{-2} μm) (Rejsek, 2002)

a)Analyse de la Matière en suspension (MES) dans l'eau brute (méthode de centrifugation):

A. Matériel utilisé :

- Une centrifugeuse.
- 04 flacons de centrifugation
- Etuve à 105°C.
- Creuset en porcelaine.
- Dessiccateur.
- Pince à creuset

B. Mode opératoire :

- Vérification de l'état de la centrifugeuse.
- Prélèvement d'un échantillon de 1 litre minimum.
- Homogénéiser soigneusement le contenu du flacon.
- Introduire l'eau dans les flacons de centrifugation à des volumes similaires.
- Placer les flacons dans la centrifugeuse.
- Centrifuger pendant 10 min à 3600 tr/min.
- Vider l'eau surnageant et recueillir le culot de boue dans un creuset de porcelaine (celle-ci a été préalablement tarée soit m1).
- Sécher 24h à l'étuve à 105°C.

Refroidir au dessiccateur et peser, soit m^2 teneur en matière en suspension en mg/l(**Fig.19**).





Fig.19: Détermination de la MES des eaux brutes par centrifugation.

b)Analyse de la MES dans l'eau épurée (méthode filtration sous vide) :

A. Matériel utilisé :

- Appareil de filtration sous vide.
- Membranes en fibres de verre borosilicaté « Millipore »
- Balance de précision (+ 0.1 mg).
- Etuve à 105°C
- Dessiccateur
- Pince

B. Mode d'opérateur :

- Sécher la membrane 15 min à l'étuve 105°C.
- Refroidir le dans le dessiccateur et peser : soit m1
- Prélever un volume d'eau V tel que la masse de matières retenues sur le filtre soit au moins de 1mg/cm V ne doit pas être inférieur à 100 ml.
- Placer la membrane sur le support, fixer l'ensemble de filtration, verser l'eau sur la membrane, mettre sous vide et laisser filtrer le liquide jusqu'à écoulement complet.
- Rincer à l'eau distillée, couper le vide et retirer la membrane et la sécher à l'étuve à 105°C jusqu'à avoir une masse constante (au moins 2h).
- Refroidir au dessiccateur et peser : soit m2.

Poids de matières en suspension est exprimé en mg/l(**Fig.20**).



Fig.20 : Détermination de la MES des eaux épurées par filtration.

3. 8.2. Analyses chimiques:

3.8.2.1. Demande chimique en oxygène (DCO) :

La demande chimique en oxygène (DCO) est la mesure de la quantité d'oxygène requise pour oxyder la matière organique et inorganique oxydable contenue dans un échantillon. Ce paramètre donne une estimation de la quantité de polluants présents dans un effluent industriel ou une eau usée (CEAEQ, 2016). On a utilisé la méthode par microdosage (Test en tube) :

A. Matériel utilisé :

- Thermo réacteur.
- Spectrophotomètre.
- Pince à tube.
- Portoir des tubes.
- Poire pour pipette
- 1.2. Réactifs utilisés :

Réactifs en tube :

(02) tubes : 0 – 150 mg / l pour le dosage du DCO de l'eau épurée.

(02) tubes : 0 – 1500 mg / l : pour le dosage du DCO de l'eau entrée de la station.

Le contenu du kit : chaque kit standard contient les réactifs suivants :

- Acide sulfurique 85%,
- Mercure II sulfate

- Dichromate de potassium.

B. Mode d'opérateur :

Eau brute :

[DCO MR par des tubes à essai varié : 0 – 1500 mg / l O₂].

- Retirer le bouchon d'un tube de réaction et ajouter 2 ml de l'eau distillée (C'est le tube de blanc).
- Retirer le bouchon d'un autre tube de réaction et ajouter 2ml de l'eau Brute (c'est le tube de l'essai).
- Fermer les tubes avec le bouchon et homogénéiser les soigneusement et plusieurs fois pour mélanger le contenu.(Attention : les tubes prennent beaucoup de temps pour bien homogénéiser).
- Chauffer les tubes pendant 120 minutes dans un thermo réacteur à une température de 150°C.(Attention : les tubes sont chauds).
- Homogénéiser les tubes plusieurs fois pendant l'opération d'échauffement.
- Retirer les tubes du thermo réacteur.
- Laisser les refroidir à la température ambiante avant de prendre les mesures.

Pour le résultat appuyer sur le bouton test, Les résultats sont exprimés en mg / l O₂(Fig.21).



Fig.21 : Mesure de DCO l'eau brute.

Eau épurée :

[DCO LR par des tubes à essai varié : 0 – 150 mg / L O₂]

- Retirer le bouchon d'un tube de réaction et ajouter 2 ml de l'eau distillée. (C'est le tube de blanc).
- Retirer le bouchon d'un autre tube de réaction et ajouter 2ml de l'eau épurée (c'est le tube de l'essai).

Et les restes étapes de mode opération d'eaux épurée comme le mode d'opération de l'eau Brute.

Pour le résultats appuyer sur le bouton test, le résultat est exprime en $\text{mg} / \text{l O}_2$ (**Fig.22**).

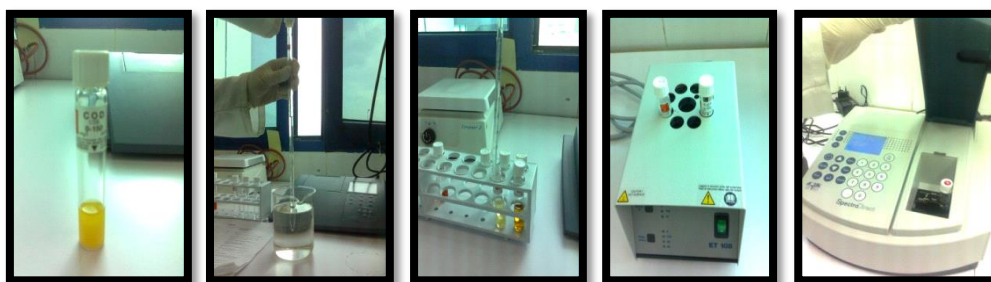


Fig.22: Mesure de DCO l'eau épurée.

3.8.2.2.Demande biologique en oxygène (DBO_5) :

Elle exprime la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction ou à la dégradation des matières organiques par les microorganismes du milieu. Mesurée par la consommation d'oxygène à 20°C à l'obscurité pendant 5 jours d'incubation d'un échantillon préalablementensemencé, temps qui assure l'oxydation biologique des matières organiques carbonées.

La moyenne pondérée de la DCO et la DBO_5 mesurée après décantation pendant 2h suivant la formule: $(\text{DCO} + 2 \text{ DBO}_5) / 3$ correspond aux matières existantes. Le rapport entre la DCO et la DBO_5 constitue une mesure indicative de la dégradabilité biochimique des composés présents dans l'eau (**Rodier, 2009**) :

- Si $\text{DCO}/\text{DBO}_5 > 3$ La majorité de la MO existante est non biodégradable.
- Si $\text{DCO}/\text{DBO}_5 < 3$ La majorité de la MO existante est biodégradable.

Le rapport détermine le choix de la filière de traitement à adopter. Si l'effluent est biodégradable on applique un traitement biologique, sinon on applique un traitement physico-chimique (**Metahri, 2012**).

Selon (Ouali,2001), les eaux résiduaires urbaines sont correctement biodégradables si elles ne contiennent pas de composés toxiques tels que surfactants ou produits pétroliers. La valeur du rapport DCO/DBO₅ d'une eau usée mixte nous permet d'avoir une idée sur sa biodégradabilité

- DCO/DBO₅ ~ 1 → bonne biodégradabilité
- DCO/DBO₅ ~ 1.5 à 2.0 → biodégradabilité moyenne
- DCO/DBO₅ ~ 3.0 à 4.0 → biodégradabilité faible.

Mode d'opération de la DBO₅:

a. Instruments et accessoires requis:

- Système de mesure OxyTop
- Système d'agitation inductif
- Armoire thermostatique d'incubateur (température 20 ° C ± 1° C)
- Bouteilles d'échantillon marron (volume nominal 510 ml)
- Tiges d'agitation
- Dissipateur de tige
- béchers de mesure de débordement appropriés
- Tremblements de caoutchouc

b.Réactifs utilisés:

- Comprimés d'hydroxyde de sodium.
- Inhibiteur de nitrification.

c. Choix du volume d'échantillon:

Estimer la valeur DBO₅ à attendre pour l'échantillon d'eaux usées:

Valeur attendue de la « DBO₅ » 80 % de la valeur DCO.

Nous Recherchons la plage de mesure correspondante dans le **Tableau 4**, suivant est rassemblez les valeurs correctes pour le volume et le facteur d'échantillonnage.

Tableau 4 :Représenté le volume et le facteur d'échantillonnage.

Volume d'échantillon(ml)	Plage de mesure(mg / l)	Facteur de dilution
432	0 – 40	1
365	0 – 80	2
250	0 – 200	5
164	0 – 400	10
97	0 – 800	20
43.5	0 – 2000	50
22.7	0 – 4000	100

d. La préparation des échantillons:

1- Rapport d'application WTW 895230: "Mesure de la DBO dans les eaux usées domestiques"

2- Rapport d'application WTW 895231: "Mesure de la DBO dans les eaux usées fortement contaminées organiquement"

3- Rapport d'application WTW 895232: "Mesure de la DBO avec présence de substances gênantes ou toxiques"

e. Les mesures:

Pour mesurer le volume de l'échantillon, on utilise généralement des béchers ou des cylindres de mesure à débordement. Choisissez le volume en fonction de la valeur mesurée attendue. Trop grande, Les plages de mesure conduisent à des résultats inexacts. Estimer la valeur mesurée :

- Rincer la bouteille de mesure avec l'échantillon. Vide à fond.
- Mesurer exactement la quantité d'oxygène saturée (bien homogénéisée)
- Placer le barreau magnétique dans la bouteille.
- Mettre une quantité de l'inhibiteur de nitrification dans la bouteille.
- Insérer un carquois en caoutchouc dans le goulot de la bouteille

- Mettre 1 comprimé d'hydroxyde de sodium dans le carquois en caoutchouc avec une pince à épiler.
- Visser l'OXITOP directement sur le flacon d'échantillon (bien fermé).
- Conserver la bouteille de mesure avec l'OXITOP enfilé pendant 5 jours à 20 ° C (Dans un incubateur).
 - Après les mesures : la température a été atteinte (après 1 heure au plus tôt, après 3 heures au dernier);
 - L'OXITOP démarre automatiquement la mesure de consommation de l'oxygène.
- Pendant les 5 jours, l'échantillon est continuellement agité. L'OXITOP stocke automatiquement une valeur toutes les 24 heures pendant 5 jours. Pour afficher la valeur actuelle, on appuye sur la touche M
- Ficher la valeur mesurée actuelle: on appuyesur M jusqu'à ce que la valeur mesurée s'affiche (1 seconde)(Fig.23).



Fig .23: Mesure de DBO₅.

3.8.2.3. L'azote (Nt) :

Se trouve dans l'eau usée sous forme organique ou ammoniacale dissoute. Il est souvent oxydé pour éviter une consommation d'oxygène (O₂) dans la nature et un risque de toxicité par l'ammoniaque gazeux dissous (NH₃), en équilibre avec l'ion ammoniac (NH₄⁺) (**Martin, 1979**)

A. Matériels utilisés pour la la mesure de l'azote total :

- Spectrophotomètre.
- Pipettes.
- Thermo réacteur.
- Portoir des tubes.
- Pince à tube.
- Poire pour pipette.

B. Réactifs utilisés :

- 04 sachets en poudre de persulfate.
- 04 sachets en poudre réactif A.
- 04 sachets en poudre réactif B.
- 04 tubes de réactif C.
- 2.5 ml de l'eau distillée.

C. Mode d'opérateur :

Eau brute :

Par tube d'essai : 5-150 mg /L N Code 281.

- Ouvrir deux tubes de digestion d'hydroxyde HR et ajouter dans chaque tube un sachet de réactif de persulfate.
- Ajouter 0.5 ml de l'eau distillée dans le tube de témoin.
- Ajouter 0.5 ml de l'eau brute dans le 2^{ème} tube de digestion (tube test).
- Fermer les deux(02) tubes avec des bouchons et agiter les pour mixer le contenu au moins 30 secondes.
- Chauffer les pendant 30minutes dans le thermo réacteur à la température 100°C.
- Ouvrir les tubes et ajouter dans chaque tube un sachet de réactif A.
- Fermer les tubes avec des bouchons et agiter pour mélanger le contenu pendant 15 secondes.
- Après la fin de la période de réaction, Ouvrir les et ajouter un sachet de réactif B dans chaque tube.

- Fermer les tubes et homogénéiser les soigneusement pour dissoudre le contenu (au moins 15 seconde).
- Ouvrir un tube d'acide (Réactif C) et ajouter 2 ml de la préparation de digestion (tube de témoin).
- Ouvrir un autre tube d'acide (Réactif C) et ajouter 2 ml de la préparation de digestion d'eau brute dans le 2^{ème} tube de réactif C (tube test).
- Fermer les tubes d'acide avec des bouchons et homogénéiser les soigneusement quelques secondes.
- Placer le tube de témoin dans la chambre de mesure.

Pour l'expression de résultat appuyez sur le bouton « Test », et le résultat est affiché automatiquement en mg/l N.

Eau épurée:

Par tube d'essai : 0,5-25 mg /L N Code 280.

- Le mode d'opération de l'eau épurée comme le mode d'opération d'eau brute.

Pour l'expression résultat appuyez sur le bouton « Test », Le résultat est affiché automatiquement en mg/l N (Fig.24).





Fig.24 : Mesure de Nitrogène totale.

3.8.2.4. Azote ammoniacal (N-NH_3^+):

L'ammonium constitue le produit de la réduction finale des substances organiques azotées et de la matière inorganique dans les eaux et les sols. Il provient également d'excrétion des organismes vivants et de la réduction et la biodégradation des déchets, sans négliger les apports d'origine domestique, industrielle et agricole (**Derwich , 2010**).

a- Matériel utilisé pour Mesurer de l'ammonium(Méthode par microdosage (Test en tube)) :

- Spectrophotomètre.
- Pince à tube.
- Portoir des tubes.
- Poire pour pipette.

b- Réactifs utilisés :

- (02) tubes : 0.02 – 2.5 mg / l pour le dosage du NH_3 de l'eau épurée.
- (02) tubes : 0 – 50 mg / l pour le dosage du NH_3 de l'eau brute.
- 2.1 ml d'eau distillée.
- (04) sachets en poudre de salicylate d'ammonium F5.
- (04) sachets en poudre de cyanurates d'ammonium F5.

c-Mode opératoire :

Eau brute : 0-50 mg/l N .Code 66.

- Retirer le bouchon d'un tube de réaction et ajouter 0.1 ml de l'eau distillée (C'est le tube de blanc).
- Retirer le bouchon d'un autre tube de réaction et ajouter 0.1 ml de l'eau brute (c'est le tube de l'essai).
- Ajouter dans chaque tube un sachet de salicylate d'ammonium F5.
- Ajouter dans chaque tube un sachet de cyanurates d'ammonium F5.
- Fermer les tubes avec les bouchons et homogénéiser les soigneusement et plusieurs fois pour mélanger le contenu.
- Attendre la réaction pendant 20 min.

Et pour le résultat appuyer sur le bouton « Test », Les résultats sont exprimés en mg / l NH_3 .

Eau épurée : 0.02-2.5 mg/l N .Code 65.

- Retirer le bouchon d'un tube de réaction et ajouter 2 ml de l'eau distillée (C'est le tube de blanc).
- Retirer le bouchon d'un autre tube de réaction et ajouter 2 ml de l'eau épurée (c'est le tube de l'essai).

Et les restes mode d'opération pour mesurer l'eau épurée comme le mode d'opération d'eaux brut.

Et pour le résultat appuyer sur le bouton « Test », Le résultat est exprimé en mg / l N- NH_3^+ (**Fig.25**).

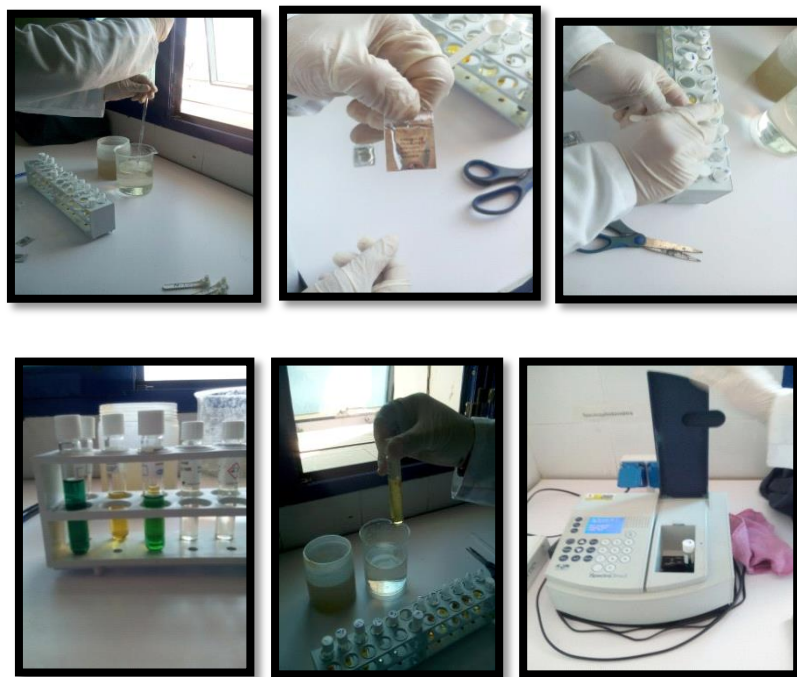


Fig.25 : Mesure de l'ammonium.

3.8.2.5. Le Nitrite(NH_2^-):

Les nitrites proviennent d'une oxydation incomplète des matières organiques. Comme les nitrates, les nitrites sont très répandus dans l'environnement, les uns et les autres se retrouvent dans la plupart des produits alimentaires, dans l'atmosphère et dans une grande partie des eaux. Les fortes teneurs correspondent à la réduction des nitrates en nitrites par les anaérobies sulfito-réducteurs. Elles peuvent également être liées à l'oxydation bactérienne de l'ammoniac (**Bengoumi , 2013**).

Le taux normal en nitrites est fixé à 0,1mg/l selon l'OMS. La présence des Nitrites dans l'eau en quantité importante dégrade la qualité de l'eau et pourrait affecter la santé humaine. La toxicité liée au nitrite est très significative en raison de leur pouvoir oxydant (**Belghiti, 2013**).

A. Mode d'opérateur de nitrite (Méthode par microdosage (Test en tube) :

a- Matériel utilisé :

- Spectrophotomètre.
- Pince à tube.
- Portoir des tubes.
- Poire pour pipette.

b- Réactifs utilisés :

- (04) Tubes: 0.003 – 0.5 mg / l N-NO₂.
- (10) ml d'eau distillée.

c- Mode d'opérateur :

Eau brute : 0-0.5 mg/l N-NO₂ .

- Retirer le bouchon d'un tube de réaction et ajouter 5 ml de l'eau distillée (C'est le tube de blanc).
- Retirer le bouchon d'un autre tube de réaction et ajouter 5 ml de l'eau brute (c'est le tube de l'essai).
- Fermer les tubes avec les bouchons et homogénéiser les soigneusement en plusieurs fois pour mélanger le contenu.
- Attendre la réaction pendant 20 min.

Et pour le résultat appuyer sur le bouton « Test », Les résultats sont exprimés en mg / l N-NO₂.

Eau épurée : 0.003-0.5 mg/l N-NO₂ .

- Retirer le bouchon d'un tube de réaction et ajouter 5 ml de l'eau distillée (C'est le tube de blanc).
- Retirer le bouchon d'un autre tube de réaction et ajouter 5 ml de l'eau épurée (c'est le tube de l'essai).

Et les restes mode d'opération pour mesurer l'eau épurée comme le mode d'opération d'eaux brut. Pour l'expression de résultat appuyer sur le bouton « Test », Le résultat est exprimé en mg / l N-NO₂ (**Fig.26**).

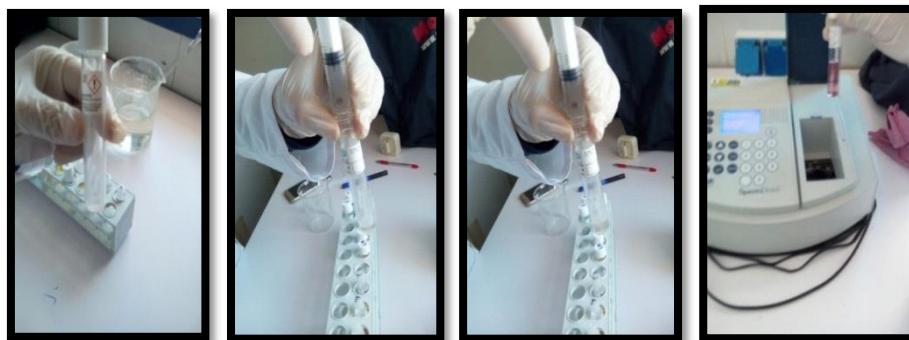


Fig.26 : Mesure de Nitrite.

3.8.2.6.Phosphore (P-PO₄) :

Le phosphore est un constituant de la matière vivante, qui se trouve également dans des produits de synthèse, engrais ou détergents. Dans les sols, le phosphore est retenu dans les complexes argilo-humiques (Bourrier, 2017).

a- Matériels utilisés pour la mesure de phosphore totale (la méthode de microdosage) :

- Spectrophotomètre.
- Thermo réacteur.
- Pipettes.
- Portoir des tubes.
- Pince à tube.
- Poire pour les pipettes.

b- Réactifs utilisés :

- 02 tubes de gestion P-PO₄.
- 02 sachets en poudre de persulfate de potassium F10.
- 04 ml de solution d'hydroxyde de sodium 1.54 N.
- 02 sachets de réactif en poudre de phosphate F10.

c- Mode d'opérateur :

Eau brute : Gamme de mesure : 0.06 - 3.50 mg/L PO₄(0.02 - 1.10 mg/L P).

- Ouvrir un tube de digestion P-PO₄ (Réactif C) et ajouter dans le tube 5 ml de l'eau brute.
- Ajouter un sachet poudre de persulfate de potassium F10 dans le tube de digestion.
- Fermer le tube avec le bouchon et agiter le pour mixer le contenu au moins 30 secondes.
- Chauffer les pendant 30 minutes dans le thermo réacteur à la température 150°C.(Attention : le tube est chaud).
- Retirer le tube au thermo réacteur.
- Agiter le tube et laisser le refroidir à la température ambiante.
- Ouvrir le tube de digestion et ajouter 2 ml de solution d'hydroxyde de sodium 1.54 N

Matériel et Méthode

- Fermer le tube avec de bouchon et agiter le soigneusement pour mélanger le contenu pendant 15 secondes.
- Retirer le tube de digestion.
- Ouvrir le tube de digestion et ajouter un sachet poudre de réactif de phosphate.
- fermer le tube de digestion et homogénéiser le soigneusement pour dissoudre le contenu (au moins 10 seconde).

Pour l'expression de résultat est affiché automatiquement en mg/l P_t .

Eau épurée : Gamme de mesure : 0.06 - 3.50 mg/L PO_4 (0.02 - 1.10 mg/L P).

- Ouvrir un tube de digestion P- PO_4 (Réactif C) et ajouter dans le tube 5 ml de l'eau épurée.

Et les restes mode d'opération pour mesurer l'eau épurée comme le mode d'opération d'eaux brut. Pour l'expression de résultat est affiché automatiquement en mg/l P_t (**Fig.27**).

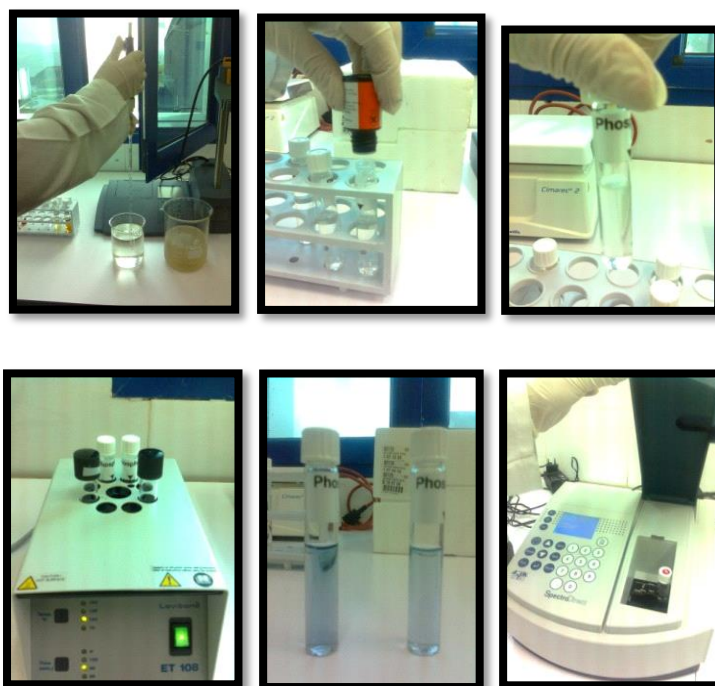


Fig.27 : Mesure de phosphore total..

Résultats

4. Résultats

4.1. Les analyses physico-chimiques des eaux (brutes et épurées):

4.1.1. Les analyses physiques des eaux (brutes et épurées):

4.1.1.1. La température($T^{\circ}\text{C}$) :

La température agit comme un facteur écologique majeur dans les biotopes terrestres et aquatiques, la température est une mesure momentanée en fonction du temps, de l'heure et du lieu de prélèvement. Elle agit comme un facteur écologique majeur dans les biotopes terrestres et aquatiques (**Ramade, 2000**).

On a noté une variation de la température des eaux du barrage Beni Haroun au cours des années 2020 à 2023 (**Fig. 28**). La température moyenne est variée entre ($17,9^{\circ}\text{C}$ - $20,6^{\circ}\text{C}$) des eaux brutes et épurées. La température maximale d'eaux brutes a été enregistrée en 2023 ($19,8^{\circ}\text{C}$), et celle de l'eau épurée, elle est de $20,6^{\circ}\text{C}$ en 2023 ; et sa valeur minimale a été notée en 2020 ($17,9^{\circ}\text{C}$) pour l'eau épurée , et $19,8^{\circ}\text{C}$ pour l'eau brute en 2023.

Selon la grille d'appréciation de la qualité générale des eaux (**Monod, 1989**) (**Tab. 5**), et d'après les résultats au cours des années 2020 jusqu'à 2023, la qualité des eaux du barrage Beni Haroun était classée comme **normale (Classe 1A)** pour les eaux brutes et en **bonne** qualité en 2023 (**Classe 1B**) pour les eaux épurées, comparativement aux autres années.

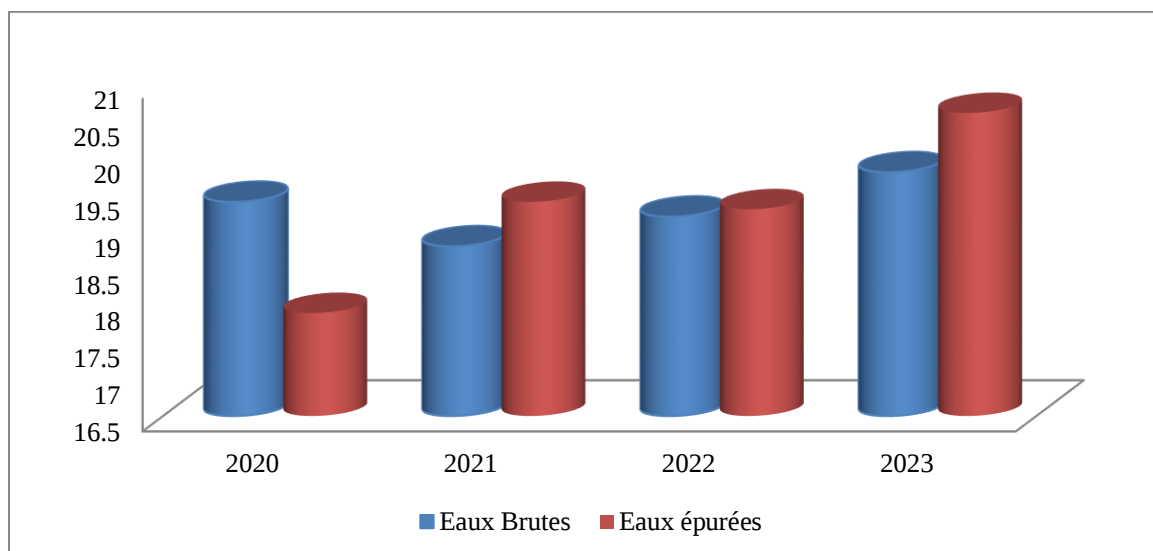


Fig. 28 : Variation de la température moyen des eaux (épurées et brutes) du barrage Beni Haroun pendant les années (2020-2023).

Concernant la variation de la température des mois (janvier à avril, 2024)(Fig. 29)dans les deux points de prélèvements (eaux brutes et épurées), les résultats montrent que dans lepremier point (eaux brutes), la température varie entre 14,2°C et18,8°C, avec une température maximale enregistrée en avril de 18,8°C. Pour le deuxième point (eaux épurées), la température varie entre 14°C et 19,8°C, et la température maximale, également enregistrée en avril, qui atteint 19,8°C.

Selon la grille d'appréciation de la qualité générale des eaux(Monod, 1989)(Tab.5),et d’après les résultats enregistrés au cours la période (janvier-avril 2024) la qualité des eaux du barrage Beni Harounest considérée comme **normale (Classe1A)** durant ces mois.

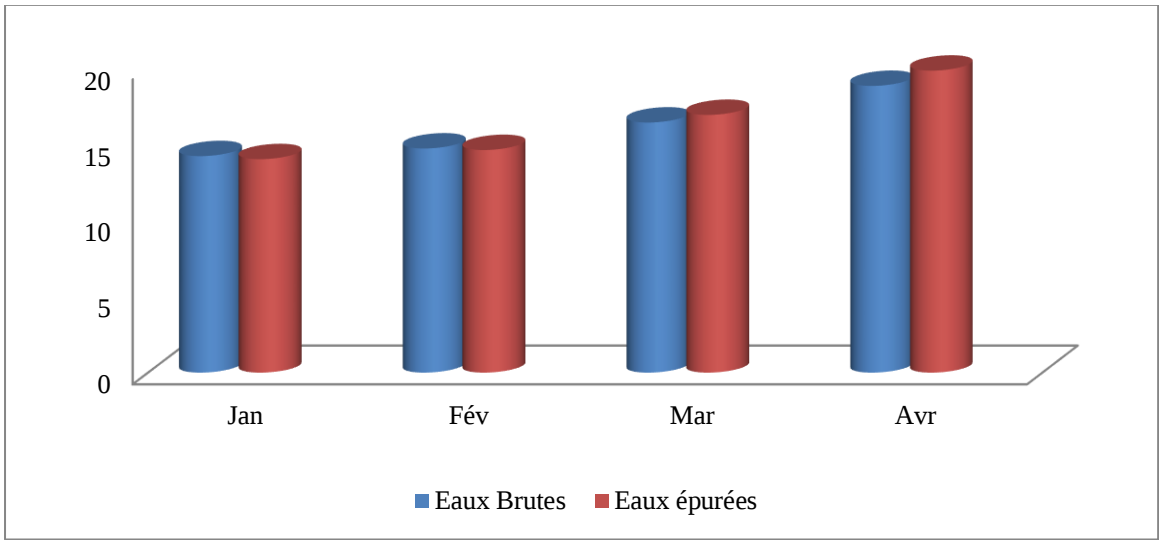


Fig. 29: Variation de la température des eaux de barrage Beni Haroun durant la periode (janvier-avril , 2024).

Tableau.5 :La grille d'appréciation de la qualité générale des eaux(Monod,1989).

Temérature	Qualité	Classe
<20°C	Normal	1A
20°C-22°C	Bonne	1B
22°C-25°C	Moyenne	2
25°C-30°C	Midiocre	3
>30°C	Mauvaise	4

4.1.1.2. Le pH :

Le pH est un élément important pour définir le caractère agressif ou incrustant d'une eau (**Abdeselem, 1999**). Le pH représente l'acidité ou l'alcalinité d'une solution aquatique.

On a noté une variation du pH des eaux du barrage Beni Haroun au cours des années 2020 à 2023 (**Fig.30**), le pH moyen des eaux brutes et épurées varie entre (7-7,87). Le pH maximal des eaux enregistrées en 2023 était de 7,87 pour les eaux brutes et de 7,58 pour les eaux épurées. Le pH moyen minimal a été enregistré en 2020 pour les eaux brutes (pH=7), et en 2022 pour les eaux épurées (pH= 7,28).

D'après le (**Tab .6**), de la Grille d'estimation de la qualité de l'eau selon le pH (**Benslimane, 2002**), la qualité des eaux du barrage Beni Haroun est classée comme étant de "**Neutralité rapprochée**" (eau de surface), pour les années (2020 à 2023).

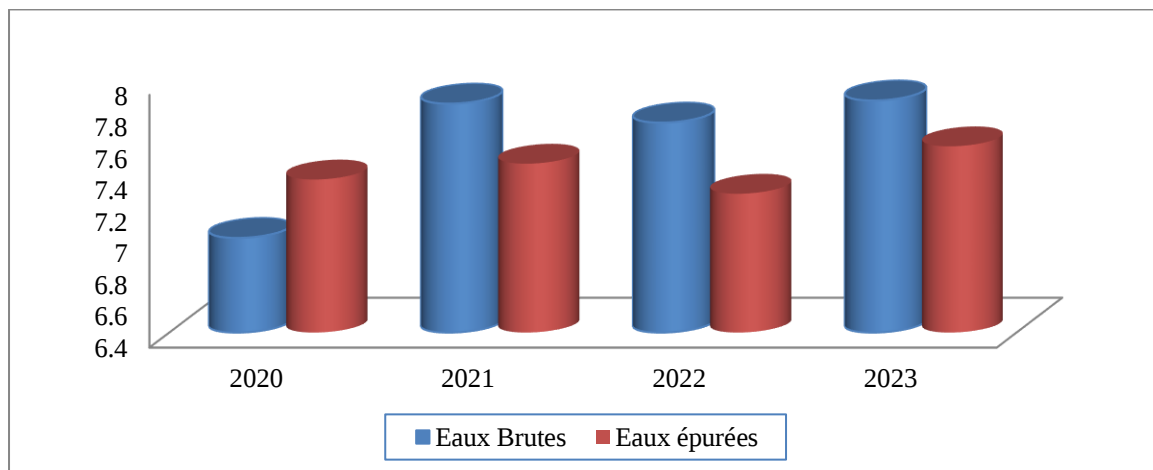


Fig. 30 : Variation du pH moyen des eaux de barrage Beni Haroun (brutes et épurées) mesuré pendant les années (2020-2023).

Cernant les variations du pH durant les mois (janvier à avril) dans les deux points de prélèvements (eaux brutes et épurées) (**Fig.31**), les résultats montrent que dans le premier point (eaux brutes), le pH varie entre 7,62 et 7,77, avec un pH maximal enregistré en février de 7,77. Pour le deuxième point (eaux épurées), le pH varie entre 7,31 et 7,39 ; et le pH maximal a été noté en mars, avec une valeur de 7,39.

D'après l'analyse des résultats de pH au cours la période de prélèvements janvier à avril 2024, et selon la Grille d'estimation de la qualité de l'eau du pH (**Benslimane, 2002**) (**Tab.6**), la qualité des eaux du barrage Beni Haroun est classée comme étant de "**Neutralité rapprochée**" (eau de surface).

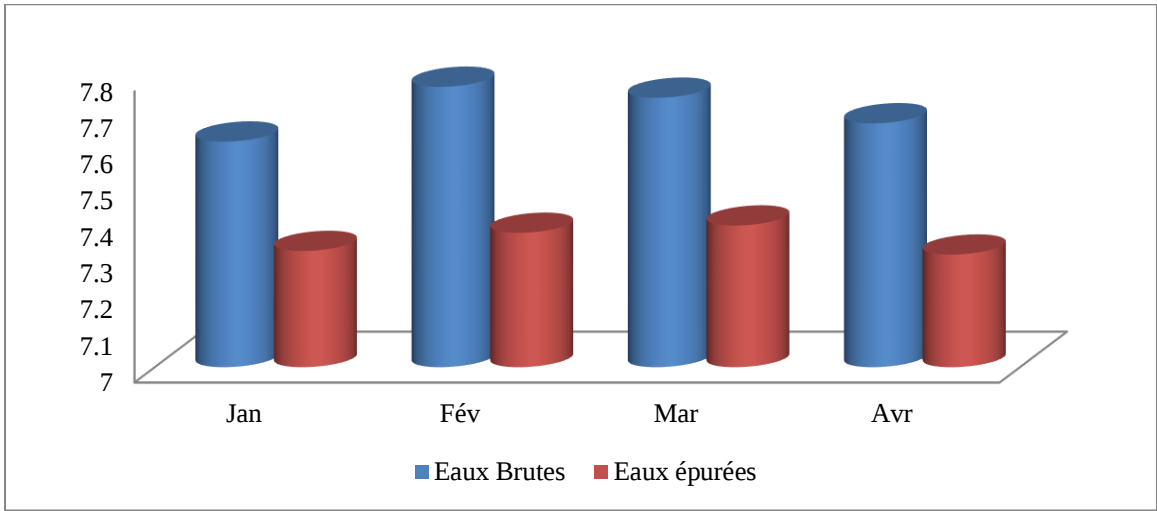


Fig.31 :Variation du pH moyen des eaux de barrage Beni Haroun(brutes et épurées)mésuré pendant la période (janvier-avril, 2024).

Tableau.6 : La Grille d’estimation de laqualité de l’eau selon le pH (Benslimane, 2002)

Qualité de l’eau	pH
Acidité forte	pH<5
Neutralité (eau pure)	pH=7
Neutralité rapproché (eau de surface)	7<pH<8
Majorité des eaux souterraines	5.5<pH>8
Alcalinité, évaporation intense	pH>8

4.1.1.3. La Conductivité électrique (CE):

La mesure de la conductivité électrique permet d’évaluer rapidement mais très approximativement la minéralisation globale de l’eau (Rodier et al., 2005). Elle dépend de la quantité des sels ionisables. Elle constitue une bonne appréciation des concentrations globales des matières en solutions dans l’eau.

On a enregistrédes variations de laconductivité électrique des eaux de barrage Beni Harounau cours des années (2020-2023)(Fig.32). La CE moyenneest varie entre(1524 ,7µS/cm et 2645,5µS/cm) des eaux brutes est épurées. La CEmoyenne maximale des eaux brutes et épurées enregistrée dans l'année 2020,avec une valeur de 2645 ,5µS/cm d'eau brute et 2389,2µS/cm d'eau épurée ,et laCE moyenne minimale enregistrée dans l'année 2023 d'eau

brute avec une valeur de 1973,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$; et une valeur de 1524,7 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour l'eau épurée en 2023.

Selon le (Tab.7) de la grille de la qualité des eaux superficielles del'ABH, la qualité des eaux de barrage Beni Haroun en 2020 est Bonne par rapport les autre années.

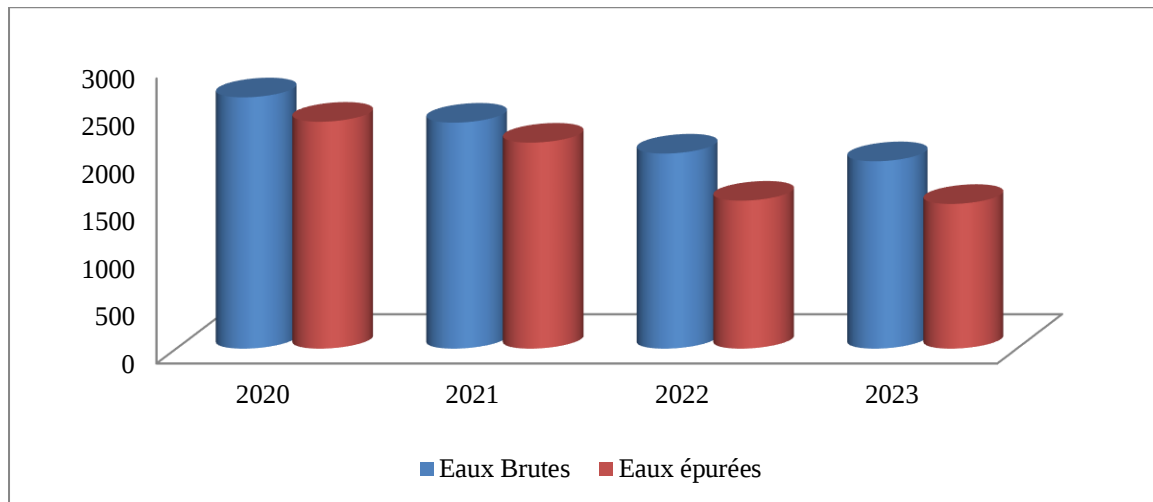


Fig. 32: Variation de la Conductivité électrique moyennes eaux de barrage Beni Haroun(brutes et épurées) enregistrée pendant les années (2020-2023).

Durant les mois (janvier à avril) la variation de la CE dans les deux points de prélèvements (Brute et épurée) (**Fig. 33**), la CE des eaux brutes varie entre (1897 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 2185 $\mu\text{S}/\text{cm}$) et la CE élevée enregistrée dans le mois d'avril (2185 $\mu\text{S}/\text{cm}$); et la CE des eaux épurées varie entre (1365 $\mu\text{S}/\text{cm}$ -1495 $\mu\text{S}/\text{cm}$), laCE maximale aété notéeen Février (1495 $\mu\text{S}/\text{cm}$).D'après l'analyse des résultats de la CE au cours de la période du prélèvement(janvier-avril 2024), et selon le tableau de la grille de la qualité des eaux superficielles del'ABH(**Tab.7**), la qualité des eaux de Barrage Beni Haroun est **très bonne**.

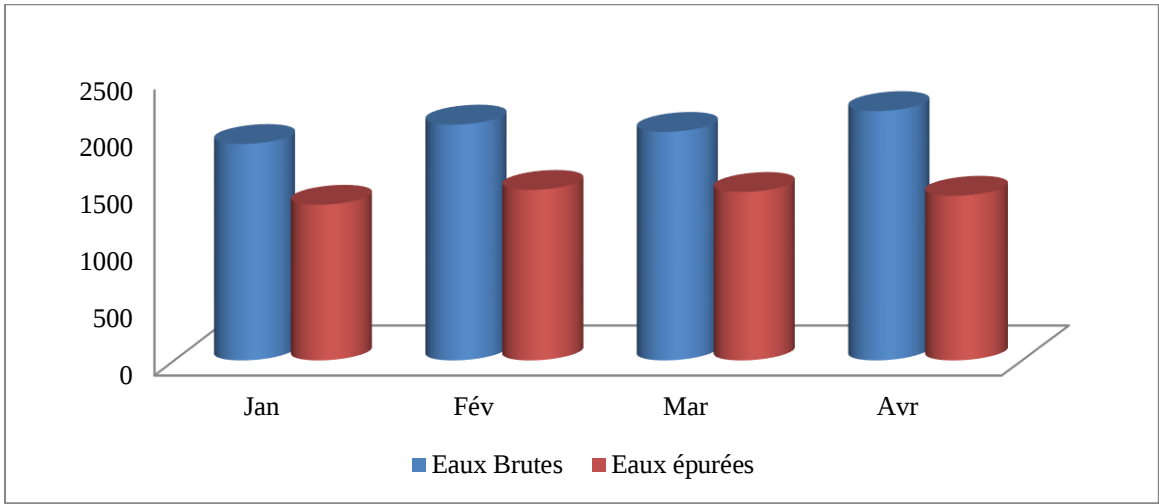


Fig. 33: Variation de la Conductivité électrique moyen des eaux de barrage Beni Haroun(brutes et épurées) enregistrée durant la période (janvier- avril2024).

Tableau.7:Grille de la qualité des eaux superficielles pour laconductivité électrique(ABH,2009).

Classe	Unité	Très Bonne	Bonne	Passable	Mauvaise	Très mauvaise
CE	µS /cm	180-2500	120-3000	60-3500	0-4000	4000

4.1.1.4.Oxygène dissous (OD):

La bonne oxygénation de l’eau en période hivernale et printanière résulte de la baisse de température et de salinité de l’eau, ainsi que les facteurs mécaniques (agitation par le vent) qui représentent le principal facteur de brassage des eaux (Millet, 1989).

On a noté des variations d’oxygène dissous des eaux de barrage Beni Harounau cours des années (2020-2023)(Fig.34). L’OD moyen est varie entre (0,79mg/l et 4,19 mg/l)des eaux brutes et épurées, l’OD maximal d’eaux brutes a été enregistré en 2021 (2,14mg/l) , et(4,19 mg/l) d'eau épurée dans l’année2022, et le OD moyen minimal a été noté dans l'année 2020 d'eau brute avec une valeur de 0,79 mg/l, et 1,66 mg/l d'eau épurée.

Selon le grille de la qualité des eaux superficielles pour l’OD(ABH, 2009) (Tab. 8) ; la qualité de l’OD des eaux de Barrage Beni Haroun est**Passable** pour l’eau épurée par contre la qualité des eaux brutes et **mediocre**.

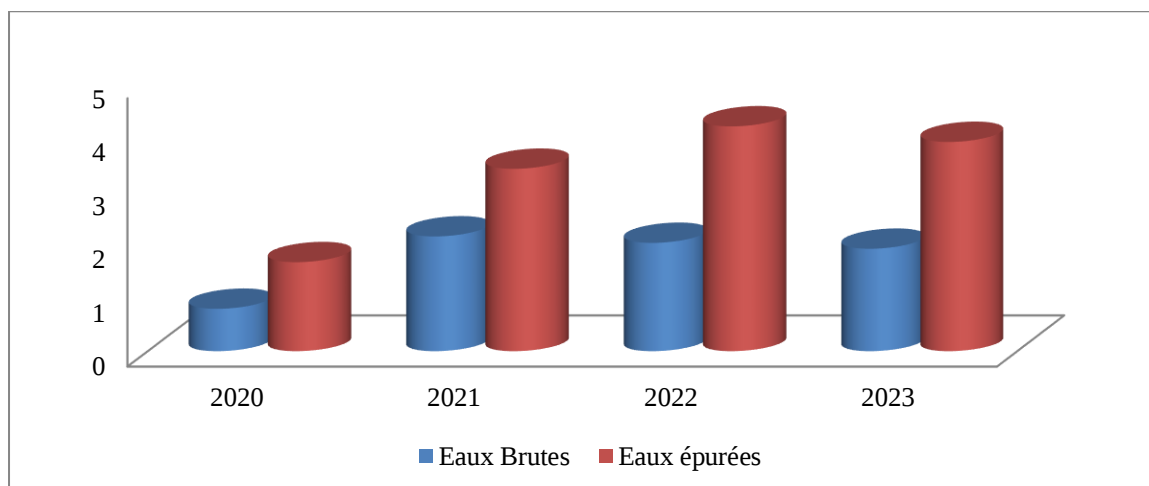


Fig. 34: Variation de l'Oxygène Dissous moyen des eaux de barrage Beni Haroun (brutes et épurées) mesuré pendant les années (2020-2023).

Des variations de l'OD sont essentiellement observées durant la période (janvier-avril 2024) dans les deux points de prélèvements (Brute et épurée) (Fig. 35), l'OD du premier point (eaux brutes) varie entre (0,99mg/l - 1,36 mg/l) et l'OD maximale enregistrée en janvier (1,36mg/l) ; et l'OD du deuxième point (eaux épurées) varie entre (3,33mg/l - 2,98 mg/l), l'OD maximale a été noté en avril (3,33mg/l).

Les teneurs en oxygène dissous sont très variables dans le temps et d'après les résultats au cours de la période de prélèvement, et selon le grille de la qualité des eaux superficielles pour l'OD (ABH, 2009) (Tab. 8). La qualité de l'OD des eaux de Barrage Beni Haroun est passable.

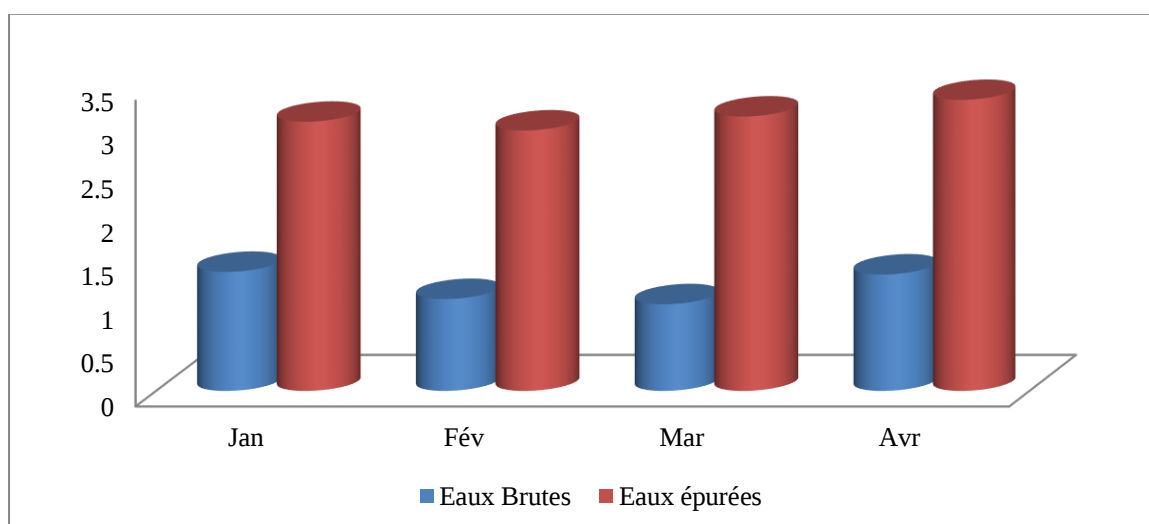


Fig. 35: Variation de l'Oxygène Dissous moyen des eaux de barrage Beni Haroun mesuré durant la période (janvier-avril, 2024).

Tableau.8: Grille de la qualité des eaux superficielles pour l'Oxygene Dissous (ABH, 2009).

OD	Très Bonne	Bonne	passable	Médiocre	Mauvaise
mg/l	> 7	5-7	3-5	< 3	0

4.1.1.5.Matière en suspension (MES):

Dans les eaux superficielles, les MES peuvent provenir soit des effets de l'érosion naturelle du bassin versant suite à de violentes précipitations, soit des rejets d'eaux résiduaires urbaines ou industrielles. Leurs effets sur les caractéristiques physico-chimiques de l'eau sont très néfastes. En effet, elles peuvent empêcher la pénétration de la lumière, diminuer l'oxygène dissous et limiter alors le développement de la vie aquatique (Rodier, 1976).

On a noté des variations de la matière en suspension au cours des années 2020-2023 (Fig.36), les résultats montrent que la MES moyenne varie entre (333,2 mg/l et 445,9 mg/l) pour les eaux brutes, et entre (4,67 mg/l et 14,29 mg/l) pour les eaux épurées. La valeur maximale de la MES des eaux brutes a été enregistrée en 2022, atteignant 445,9 mg/l, tandis que pour les eaux épurées, cette valeur maximale a été enregistrée en 2023, avec 14,29 mg/l. La valeur minimale MES des eaux brutes a été enregistrée en 2021, avec 333,2 mg/l, et pour les eaux épurées en 2022, avec 4,67 mg/l.

D'après le (Tab. 9) de la grille de qualité des eaux superficielles pour les concentrations en MES (ANRH, 1999), la qualité de l'eau brute du barrage Beni Haroun est classée dans la **catégorie (IV) mauvaise** en raison d'une pollution notable, notamment d'origine domestique, agricole et urbaine. En revanche, la qualité de l'eau épurée est jugée **bonne**, correspondant à la **classe (I)** dans les différentes années.

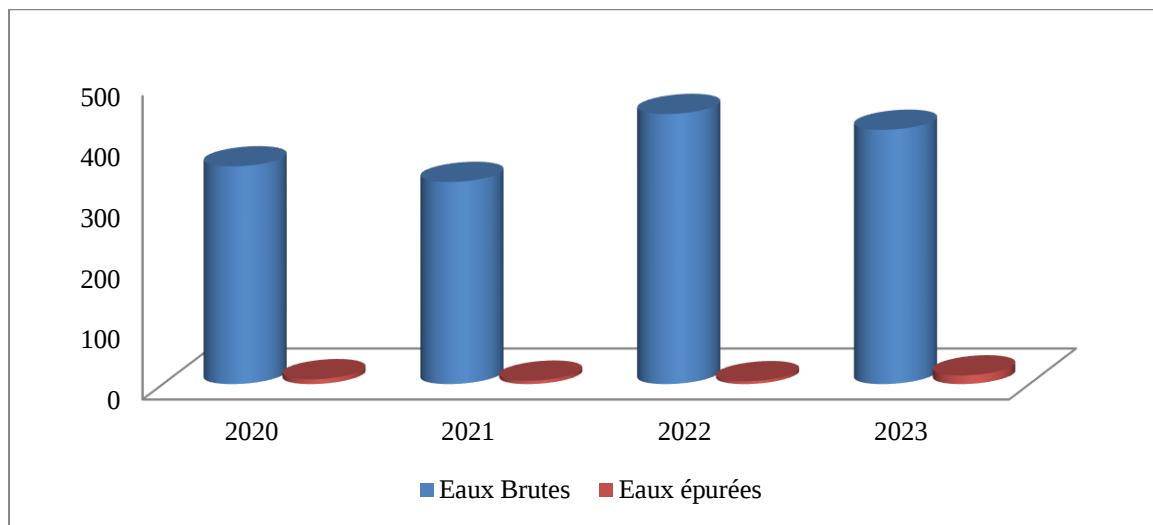


Fig. 36 : Variation de la Matière en suspension moyenne des eaux de barrage Beni Haroun mesurée pendant les années (2020-2023).

Concernant la variation de la MES dans les mois (janvier-avril, 2024) (**Fig. 37**) dans les deux points de prélèvements (eaux brutes et épurées), les résultats montrent que dans le premier point (eaux brutes), la MES varie entre 409,2 mg/l et 253,4 mg/l, et la MES maximale a été enregistrée en janvier (409,2 mg/l). Pour le deuxième point (eaux épurées), la MES varie entre 9,3 mg/l et 2,8 mg/l, et la MES maximale, également enregistrée en janvier qui atteint 9,3 mg/l.

Concernant les résultats de la MES des mois (janvier-avril, 2024), et d'après le **Tab. 9** de la grille de qualité des eaux superficielles pour les concentrations en MES (**ANRH, 1999**), la qualité de l'eau brute du barrage Beni Haroun est classée dans la **catégorie (IV) mauvaise** en raison d'une pollution notable, notamment d'origine domestique, agricole et urbaine. En revanche, la qualité de l'eau épurée est jugée **bonne**, correspondant à la **classe (I)**.

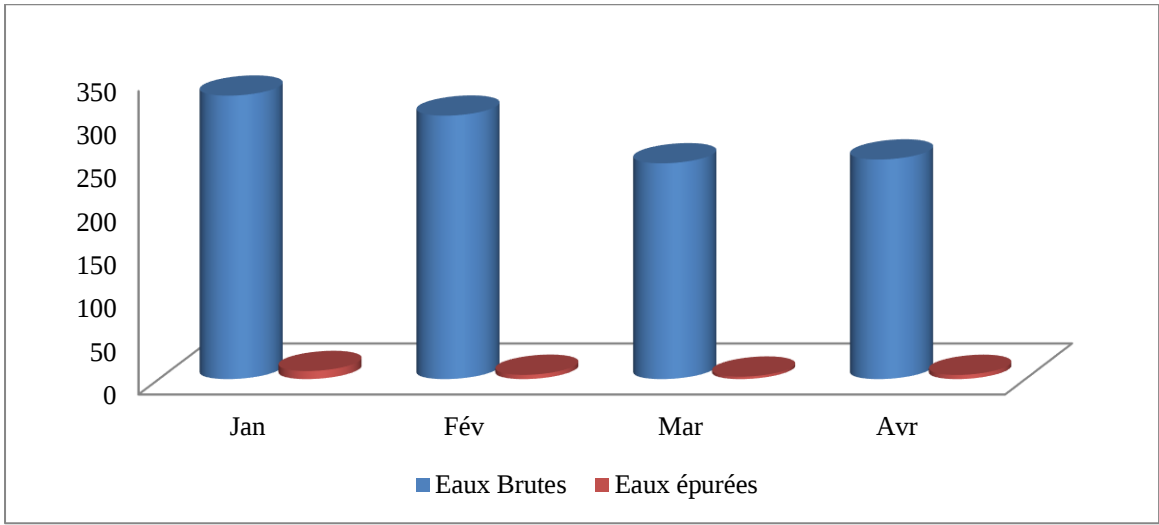


Fig.37 : Variation de la Matière en suspension des eaux de barrage Beni Haroun(brutes et épurées) mesurée pendant la periode (janvier-avril, 2024).

Tableau .9 : Grille de la qualité des eaux superficielles pour les teneurs en MES (ANRH,1999).

Classe	Unité	CI	CII	CIII	CIV
MES	mg/l	0-30	30-75	75-100	> 100

4.1.2. Les analyses Chimiques des eaux (brutes et épurées:

4.1.2.1. La Demande biologique en oxygène (DBO₅):

La DBO₅est sensiblement proportionnelle à la teneur de l’eau en matière organique biodégradable et donc à la quantité de micro-organismes et inversement proportionnelle à la teneur en oxygène dissous. Elle dépend entre autre de la nature des matières organiques dissoutes, de la présence ou de l’absence d’éléments inhibiteurs de la flore microbienne (métaux lourds, hydrocarbures, détergents..etc.). Les phénomènes d’autoépuration dans les eaux superficielles résultent de la dégradation des charges organiques polluantes sous l’action des micro-organismes. La DBO₅est une mesure du carbone organique biodégradable, et dans certaines conditions, des formes azotées réduites dans l’eau usée (Eckenfelder, 1982).

On a noté une variations de la DBO_5 des eaux de barrage Beni Harounau cours des années (2020-2023)(**Fig.38**). La DBO_5 maximale des eaux brutes et épurées enregistrée dans l'année 2021, avec une valeur de 460,94 mg/l d'eau brute et 26,58 mg/l d'eau épurée et la DBO_5 moyenne minimale a été enregistrée dans l'année 2020 pour l'eau brute (199,61 mg/l) et pour l'eau épurée a été enregistrée en 2020 avec une valeur de 2,05 mg/l.

Selon la grilleGrille de la qualité des eaux superficielles pour la DBO_5 (**ABH, 2009**)(**Tab. 10**),et d'après les résultats au cours des années 2020jusqu'a 2023, la qualité des eaux du barrage Beni Harounpour les eaux épurées esten **bonne** qualité en2020,2022et 2023, et en 2021 elle est**passable**. Par contre la qualité des eaux brutes esten **mauvaise** qualité dans les déffirentes années.

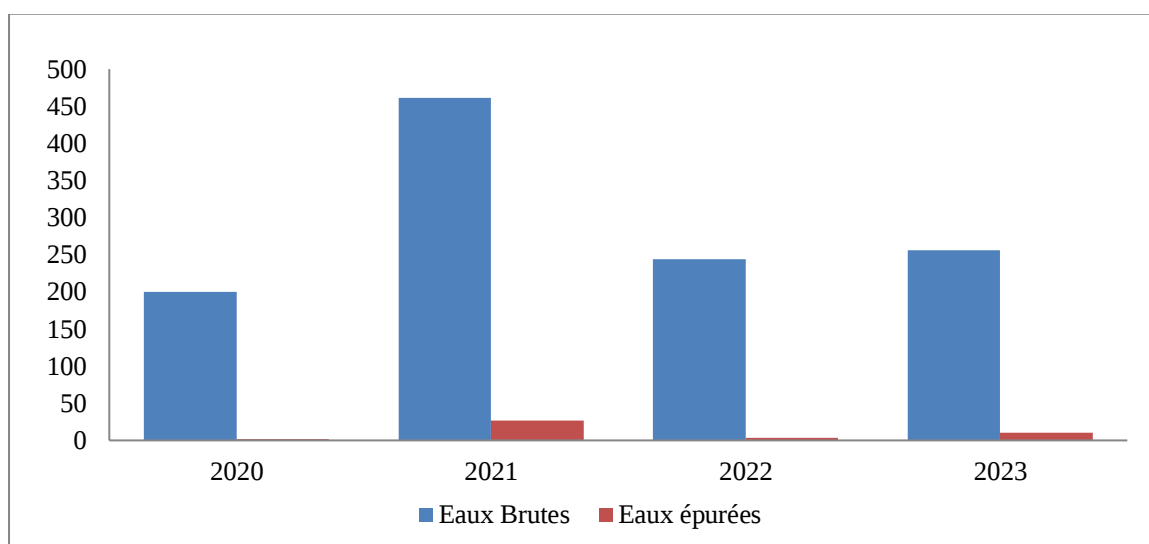


Fig.38: Variation de la DBO_5 moyendes eaux de barrage Beni Haroun enregistrée pendant les années (2020-2023).

Concernant les variations de la DBO_5 dans les mois janvier à avril (**Fig.39**) dans les deux points de prélèvements (eaux brutes et épurées), les résultats montrent que dans le premierpoint (eaux brute) la DBO_5 varie entre 127,5 mg/l et 275 mg/l, la DBO_5 maximale a été enregistrée enjanvier avec une valeur de 275 mg/l ; concernant le deuxième point (eaux épurée) la DBO_5 varie entre 4mg/l et 2,3mg/l , la valeur maximale de la DBO_5 a été noté dans le mois de Février (4 mg/l) .

Concernat les résultats de la DBO_5 enregistrée dans la période de prélèvement (janvier-avril, 2024), Et selon le grille de la qualité des eaux superficielles de l'ABH (**Tab.10**), les eaux

épurées du barrage sont de qualité**bonne**, par contre la qualité des eaux brutes est **très mauvaise**.

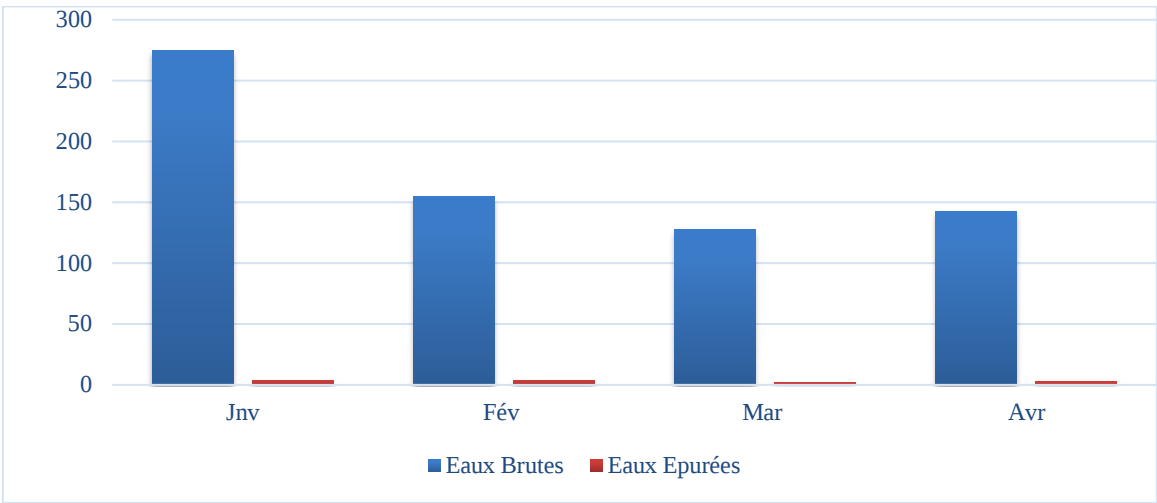


Fig.39 : DBO₅moyenne des eaux de barrage Beni Haroune mesurée durant la période (janvier-avril,2024).

Tableau. 10 :Grille de la qualité des eaux superficielles pour la DBO₅ (ABH, 2009).

Classe	Unité	Très bonne	Bonne	Passable	Mauvaise	Très mauvaise
DBO ₅	mg/l	3	6	10	25	>25

4.1.2.2. Demande chimique en oxygène(DCO) :

La demande chimique en oxygène(DCO)est la quantité d’oxygène nécessaire pour obtenir une oxydation complète des matières organiques et minérales présentes dans l’eau, Elle s’exprime par la quantité d’oxygène fournie par le dichromate de potassium et nécessaire à l’oxydation des substances organiques (protéines, glucides, lipides, etc.) présentes dans les eaux résiduaires. La différence des résultats obtenus pour la DCO constituent une indication de l’importance des matières polluantes peu ou pas biodégradables (Rodier et al., 2009).

On a noté une variation de la DCO des eaux de barrage Beni Harounau cours des années (2020-2023)(Fig.40),la DCO moyenne et varie entre(660 mg/l et 2,4mg/l)des eaux brutes et épurées. La DCO maximale des eaux brutes et épurées enregistrée dans l'année 2023, est de 660,7mg/l d'eau brute et 45,57mg/l d'eau épurée et la DCO minimale a été enregistrée dans

l'année 2020 pour l'eau brute avec (248,55mg/l) et une valeur de 7,141mg/l pour l'eau épurée en 2020.

Selon la Grille de la qualité des eaux superficielles pour la DCO (ABH, 2009) (Tab. 11). La qualité des eaux du Barrage Beni Haroun des eaux Brutes sont qualité **Très Mauvaise** dans les différents années. Et pour les eaux épurées, elle est **Bonne** en 2020 et 2022 comparativement des années 2021 et 2023, elle est **mauvaise** qualité.

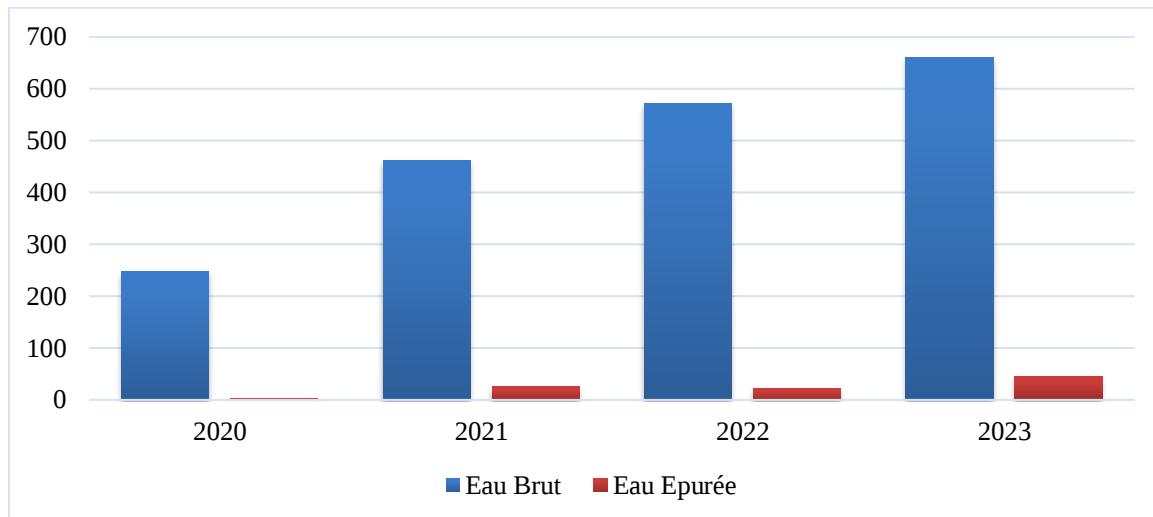


Fig.40 : Variation de la DCO moyenne des eaux de barrage Beni Haroune(brutes et épurées) mesurée pendant les années (2020-2023).

Cernant la variation de la DCO dans les mois (janvier-avril,2024) dans les deux points de prélèvements (eaux Brutes et épurées)(Fig.42), les résultats montrent que dans le premier point (eaux brutes), la DCO varie entre et 248mg/l et 569,3mg/l; la DCO maximale enregistrée dans le mois de janvier (569,3mg/l) et la plus basse dans le mois d'avril (248mg/l) ; cependant le deuxième point (eaux épurées), la DCO varie entre 26,7mg/l et 14,9mg/l, la DCO la plus élevée est noté en avril(26,7mg/l).

Selon la Grille de la qualité des eaux superficielles pour la DCO (ABH, 2009) (Tab. 11). La qualité des eaux du Barrage Beni Haroun des eaux Brutes sont de qualité **Très Mauvaise** et la qualité des eaux épurées sont de qualité **Très Bonne**.

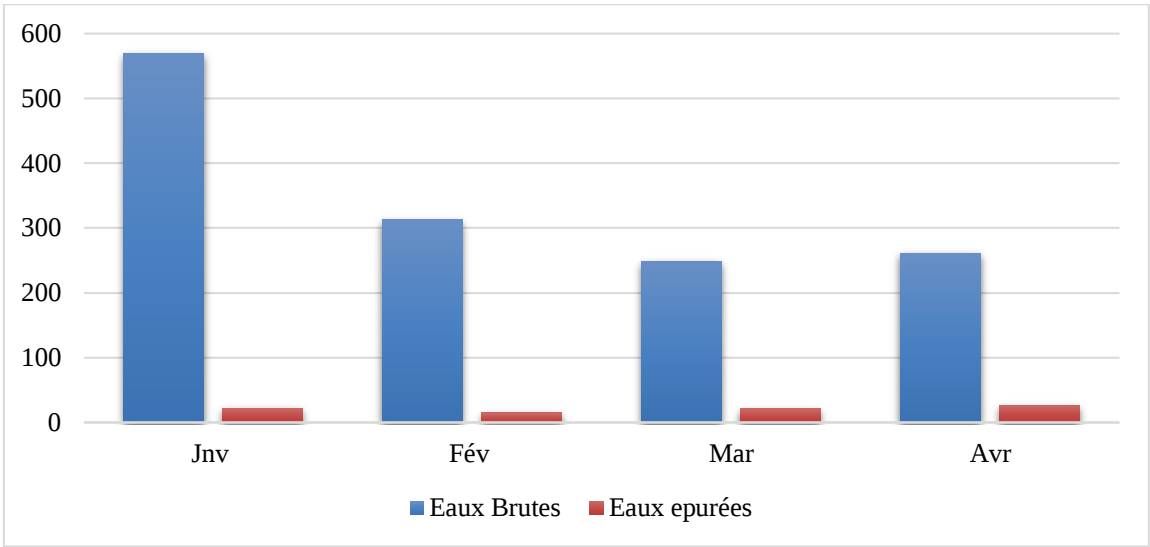


Fig.41: Variation de la DCO moyen des eaux de barrage Beni Haroune (brutes et épurées) enregistrée pendant la période (janvier-avril, 2024).

Tableau.11: Grille de la qualité des eaux superficielle pour la DCO (ABH,2009).

Classe	Unité	Très bonne	Bonne	passable	Mauvaise	Très mauvaise
DCO	mg/l	20	30	40	80	>80

4.1.2.3. Azote Total (Nt) :

L’Azote total (Nt) regroupe l’azote présent sous forme organique et celui sous forme ammoniacal (Degrémont, 1989).

On a noté des variations de l’Nt au cours des années (2020-2023) (Fig.42), l’Nt moyen est varié entre (4,9 mg/l et 79,68 mg/l) d’eaux brutes et épurées. Le l’Nt maximal d’eaux brute a été enregistré en 2022 (79,68 mg/l), et celui de l’eau épurée, il est de 14,21 mg/l en 2023. Concernant la valeur minimale notée de l’Nt est en 2020 (44,02 mg/l) pour l’eau brute, et l’eau épurée (4,90 mg /l).

D’après les valeurs limites des paramètres de rejeté d’effluents liquide industriels du STEP (J.O.R.A,2006). Pour mesurer l’azote total des eaux de barrage, les résultats des différentes années montrent que la qualité des eaux brutes **dépasse la valeur nominale** en 2021 jusqu’à 2023 (**40 mg/l**). Par contre pour les analyses des eaux épurées effectuées durant

toute ces années montrent que ces valeurs respectent la norme définie (**30mg/L**) (**Annexe II, Tab.26**).

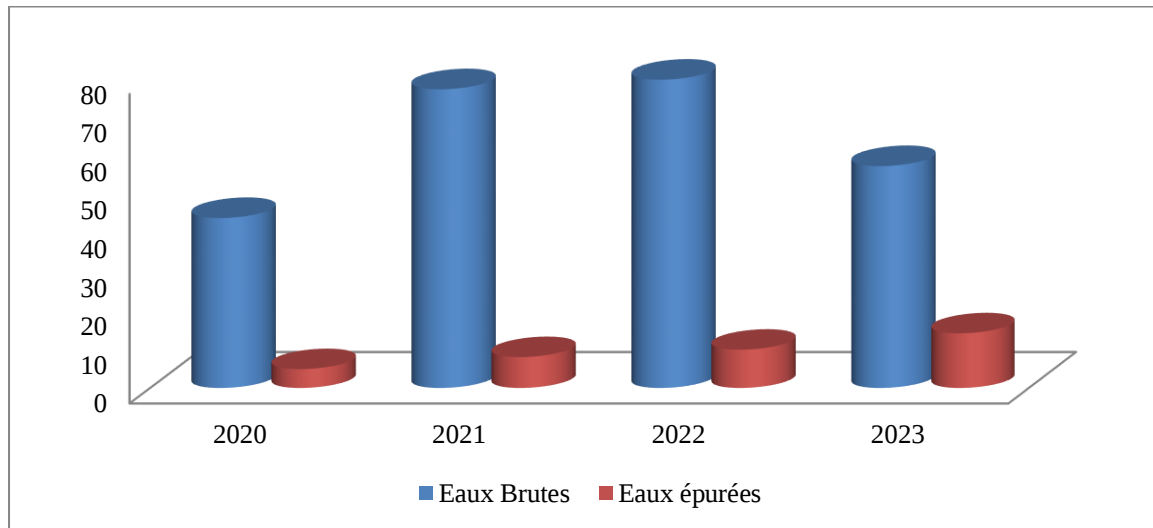


Fig.42 : Variation de l’Azote total moyen des eaux de barrage Beni Haroun mesurées pendant les années (2020-2023).

Concernant la variation de l’azote total durant les mois (janvier -avril, 2024) (**Fig. 43**) dans les deux points de prélèvements (eaux brutes et épurées), les résultats montrent que dans le premier point (eaux brutes), l’Nt varie entre 94mg/l et 39,4 mg/l, le taux maximal a été enregistré en avril (94mg/l). Pour le deuxième point (eaux épurées), l’Nt varie entre 13,2mg/l et 2,5mg/l, et le taux maximal a été noté également en avril (3,2mg/l).

Concernant l’effluent traité, les valeurs enregistrées de l’azote total sont largement inférieures à celle de l’eau brute. Elles varient entre 2,5mg /L et 13,2 mg/L avec une moyenne de 7,85mg/L. Par ailleurs, les mesures de l’azote total effectuées durant toute la période d’étude de la station montrent que ces valeurs respectent la norme définie (**30mg/L**) (**J.O.R.A, 2006**).

A l’exception du pic enregistré dans les mois de janvier, février, avril ; qui dépasse la valeur nominale (40mg/l). En sortie les concentrations sont au-dessous de la valeur nominale pendant les moins de prélèvements (**J.O.R.A, 2006**) (**Annexe II, Tab.26**).

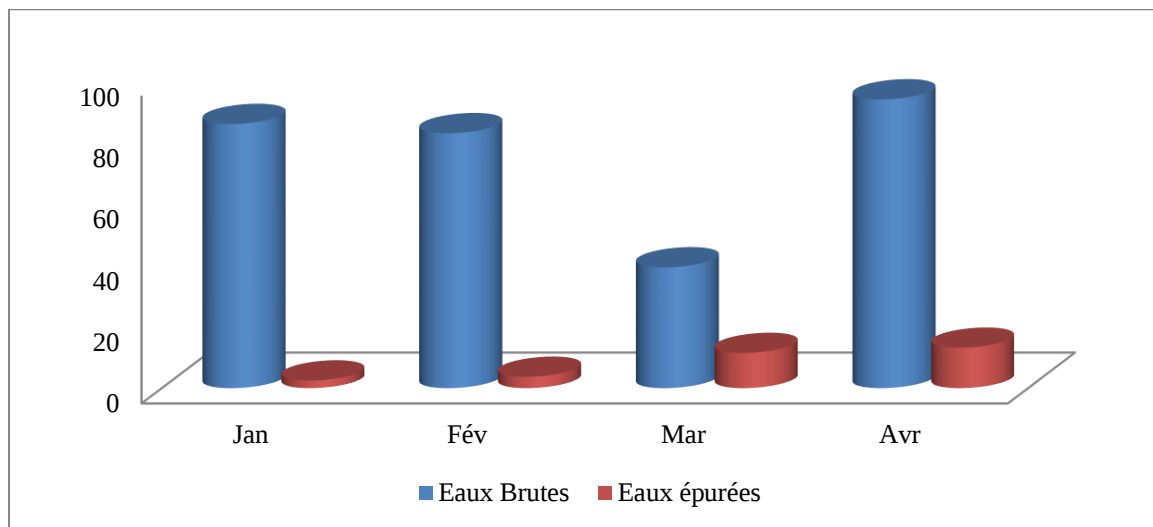


Fig.43: Variation de l’Azote total moyen des eaux de barrage Beni Haroune (brutes et épurées) mesuré pendant la période (janvier-avril, 2024).

4.1.2.4. Azote Ammoniacal ($N-NH^{3+}$) :

Dans les eaux superficielles, l’Azote Ammoniacal peut avoir pour origine ; la matière organique végétale des cours d’eau, la matière organique animale ou humaine, les rejets industriels (engrais, textiles...) (Rodier *et al.*, 2005).

On a enregistré des variations de le $N-NH^{3+}$ dans les eaux du barrage Beni Haroun au cours des années (2020- 2023) (Fig.44). Le $N-NH^{3+}$ moyen est varié entre (0,18mg/l et 64,92mg/l) des eaux brutes et épurées. Le $N-NH^{3+}$ maximal a été noté en 2022 pour les eaux brutes (64,92mg/l) et épurées (5,75 mg/l). En revanche, le taux de le $N-NH^{3+}$ minimal a été observé en 2020 pour les eaux brutes (20,16 mg/l) et épurées (0,18 mg/l).

Selon le grille de la qualité des eaux de $N-NH^{3+}$ (ANRH , 2009)(Tab.12). La qualité des eaux brutes est **très mauvaise** au cours des années. Par contre les concentrations en azote ammoniacal dans les eaux épurées révèlent une eau appartenant à une qualité des eaux **très bonne** en 2020 et 2021, mais en 2022, 2023 la qualité des eaux épurées est **mauvaise**.

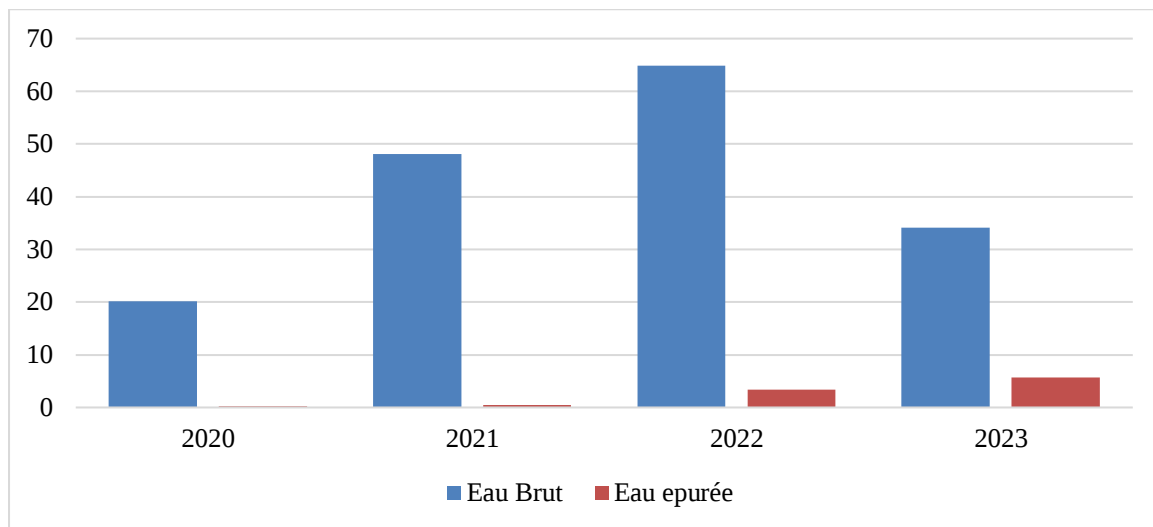


Fig.44: Variation de l'Azote Ammoniacal N-NH_3^+ des eaux de barrage Beni Haroune (brutes et épurées) mesuré pendant les années (2020-2023).

Cernant la variations de N-NH_3^+ des mois (janvier-avril, 2024) dans les deux points de prélèvements (eau brute et épurée) (Fig.45), les résultats montrent que dans le premier point (eaux Brutes), le N-NH_3^+ varie entre 18,3 mg/l et 75,4 mg/l et la valeur maximale a été enregistrée dans le mois de Février (75,4 mg/l); concernant le deuxième point (Eaux épurées), le N-NH_3^+ est varié entre 0,31 mg/l et 0,16 mg/l, le taux maximal a été noté aussi dans le mois de Février (0,31 mg/l).

Cernant ces résultats, et selon la grille de la qualité des eaux de N-NH_3^+ (ANRH, 2009) (Tab.11). Le N-NH_3^+ dans le premier point de prélèvements (eau brutes), sa qualité est **très mauvaise** car l'eau est polluée. Par contre les concentrations en azote ammoniacal dans les eaux épurées révèlent une eau appartenant à une qualité des eaux **très bonne**.

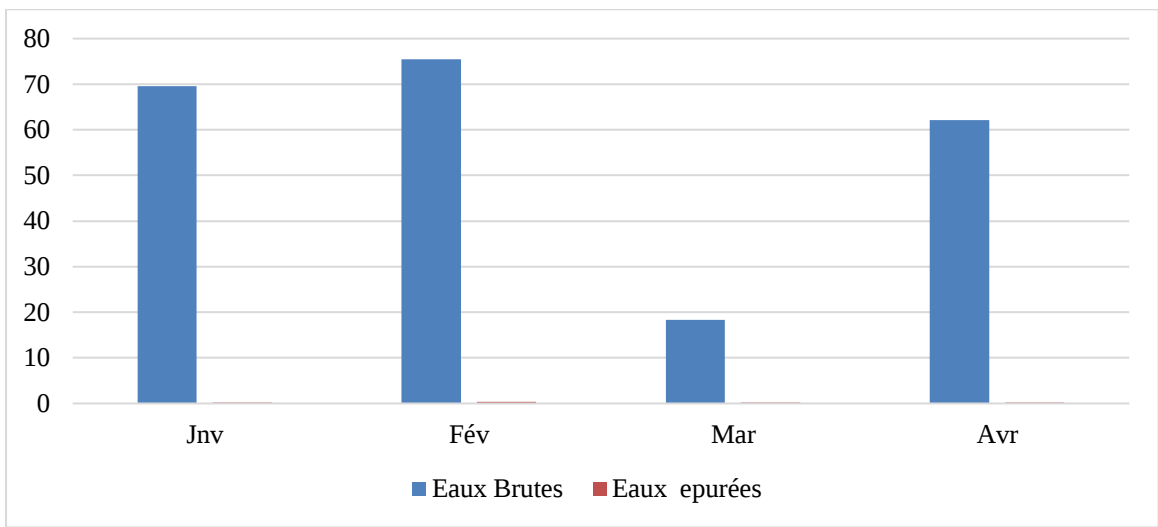


Fig.45: Variation de l’Azote Ammoniacal $N-NH_3^{3+}$ moyen des eaux de barrage Beni Haroune(brutes et épurées) mesuré pendant lapériode **(janvier- avril 2024)**.

Tableau.12 :Grille de la qualité des eaux de $N-NH_3^{3+}$ (ANRH , 2009).

Classe	Unité	Très bonne	Bonne	Passable	Mauvaise	Très Mauvaise
NH4+	mg/l	0.5	1.5	2.8	4	>4

4.1.2.5. Nitrites (NO₂⁻) :

Les nitrites dans l’eau proviennent essentiellement soit d’une oxydation incomplète de l’ammonium, la nitrification n’étant pas conduite à son terme, soit d’une réduction des nitrates sous l’influence d’une action dénitrifiant des bactéries (Rodier *et al.*, 2009).

On a observé une variation du taux de Nitritesdes eaux de barrage Beni Harounau cours des années (2020-2023) (Fig.46). Le taux moyen de Nitrites est varie entre0,036mg/l et4,51mg/l des eaux brutes et épurées. Letaux maximaldes Nitrites d’eaux brutes et épurées a été enregistré dans l’année 2022, avec une valeur de 4,51 mg/l dans l’eau bruteet 1,19 mg/l d’eau épurée, et le taux minimal a été observé dans l’année 2020 dans l’eau brute avec une valeur de 0,036 mg/l etune valeur de 2,13 mg/l dans l’eau épurée enregistrée en 2020.

Selon le grille de la qualité des eaux en Nitrites (ABH, 2001), (Tab.13), la qualité des eaux de barrage Beni Haroun est **Excellente** jusqu'à **bonne qualité** pendant les différentes années. Par contre les eaux brutes sont de **mauvaise** qualité.

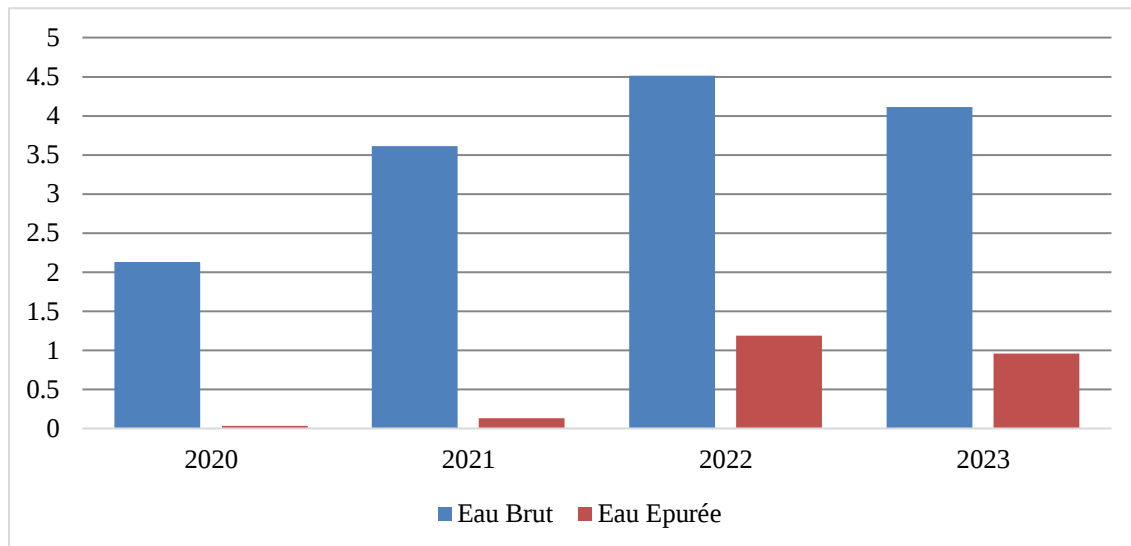


Fig.46 : Variation des Nitrites moyennes des eaux de barrage Beni Haroun (brutes et épurées) mesurées durant les années (2020-2023).

Des variations de NO_2^- dans les mois (janvier-avril, 2024) dans les deux points de prélèvements (Brute et épurée) (Fig.47). Les résultats montrent que dans le premier point (eaux brutes), les nitrites varient entre 2,4 mg/l et 12 mg/l, le taux maximal (12 mg/l) a été enregistré en Avril, et pour les résultats de deuxième point (eaux épurée), le taux des Nitrite varie entre 0,08 mg/l et 0,29 mg/l, le taux maximal aussi enregistré en Avril, qui atteint (0.25 mg/l).

Comparativement aux données de la grille de la qualité des eaux en Nitrites (ABH, 2001), (Tab.13), Donc les eaux de barrage Beni Haroun sont de qualité **Excellente** jusqu'à **bonne qualité**.

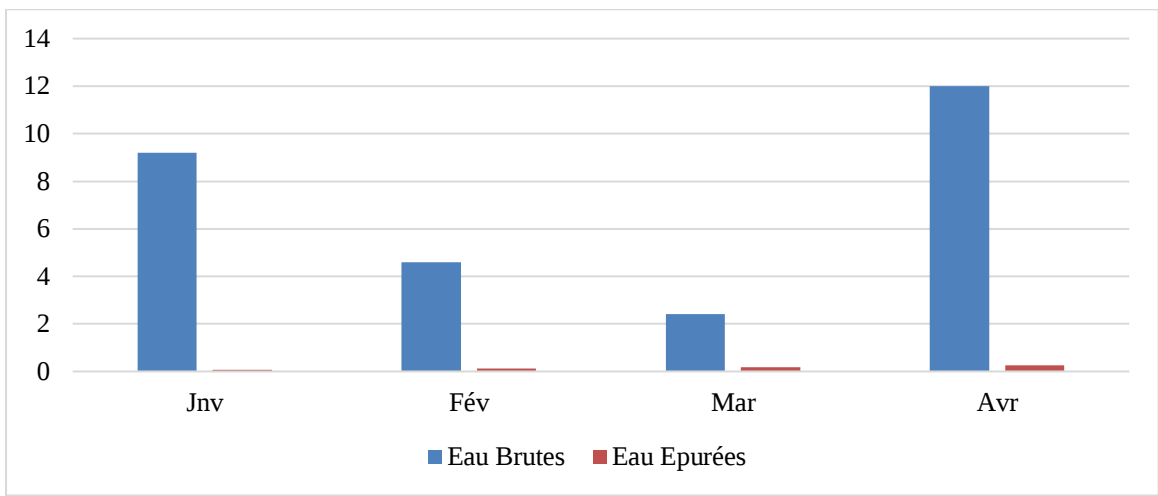


Fig.47: Variation des Nitrites moyennes (NO_2^-) des eaux de barrage Beni Haroun(brutes et épurées) mesurés durant la période (janvier-avril, 2024).

Tableau. 13:Grille de la qualité des eaux en nitrites (ANRH, 2001).

Teneurs en nitrites NO_2^- mg /l	Qualité des eaux
<0.1	Excellent
$0.1 < \text{NO}_2^- < 1$	Bonne
$0.3 < \text{NO}_2^- < 1$	Passable
$1 < \text{NO}_2^- < 2$	Médiocre
>2	Excessive

4.1.2.6. Nitrates(NO_3^-) :

Les nitrates sont naturellement présents dans notre environnement et peuvent avoir une origine naturelle par la transformation de matières organiques en décomposition par les micro-organismes ou alors d’origine domestique, industrielle et agricole (engrais, pesticides...etc.). Ils rejoignent ainsi les rivières par les nappes d’eaux souterraines et par ruissèlement des terres agricoles en période hivernale(O.M.S, 1989).

On a observé une variation de nitratesdes eaux de barrage Beni Harounau cours des années (2020-2023)(Fig.48). Le taux moyen des Nitrates est varie entre1,6mg/l et 3,6mg/l des eaux brutes et épurées.Le tauxmaximaldes Nitrates d’eaux brutes a été enregistré en 2020 (3,6 mg/l) ,et ceux de l’eau épurée est de 2,37mg/l en 2023. Concernant le taux minimal aété noté

en 2022 (2,23 mg/l) d'eau brute, et pour l'eau épurée enregistrée en 2022 avec une valeur de (1,6 mg/l).

D'après le grille de la qualité des eaux en nitrates (ANRH, 2001) (Tab.14) les eaux du barrage Beni Haroun sont en **Bonne qualité** au cours des différentes années.

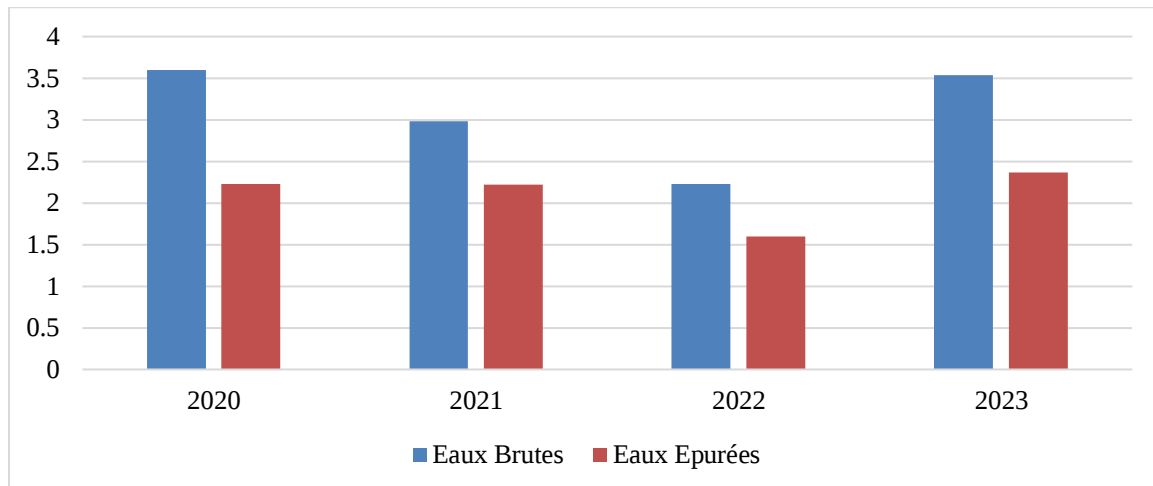


Fig.48 : Variation des Nitrates moyen des eaux de barrage Beni Haroun (brutes et épurées) mesurées pendant les années (2020-2023).

Concernant la variation des nitrates dans les mois (janvier à avril, 2024) dans les deux points de prélèvements (Brute et épurée) (Fig. 49). Les résultats montrent que dans le premier point (Eaux Brutes), les nitrates varient entre 4,2 mg/l et 8,2 mg/l, le taux maximal (8,2 mg/l) a été noté dans le mois de Mars. Et le deuxième point (Eaux épurées), les nitrates varient entre 1 mg/l et 10,2 mg/l, et atteignent le taux maximal (10,2 mg/l) en Mars.

Comparativement aux Grille de la qualité des eaux en nitrates (ANRH, 2001) (Tab.14) les eaux du barrage Beni Haroun sont de **Bonne qualité**.

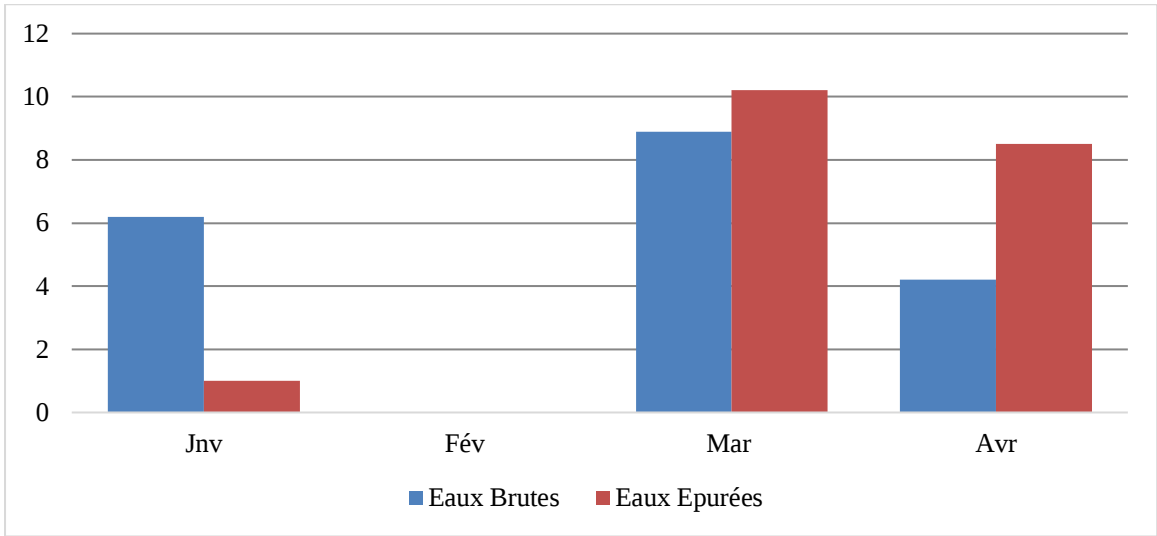


Fig.49 : Variation des Nitrates moyen des eaux de barrage Beni Haroun (brutes et épurées) mesurées dans la période (Janvier- avril 2024).

Tableau .14: Grille de qualité des eaux en nitrates (ANRH, 2001).

Teneurs en nitrates (NO ₃ ⁻)	Qualité des eaux
<10	Bonne
10< NO ₃ ⁻ <20	Moyenne avec signe de pollution
20<NO ₃ ⁻ <40	Polluée avec une pollution nette
>40	La pollution est importante

4.1.2.7.Phosphore(P-PO₄) :

Le phosphate est naturellement présent dans les eaux superficielles en faible quantité, et son absence peut être expliquée par le fait que les ions phosphates sont susceptibles d’être absorbés par les sédiments dans le cas de désoxygénations importantes. Le phosphate est un déterminant pour la productivité des écosystèmes aquatiques (Pierre *et al.*, 2004). On a enregistré des variations du phosphore dans les eaux du barrage Beni Haroun au cours des années 2020 à 2023 (Fig.50). Le PO₄ moyen est varié entre (1,61mg/l et 11mg/l) d’eaux brutes et épurées. Le taux maximal de phosphore a été enregistré en 2021, avec des valeurs de (8,21 mg/l) pour l’eau brute et de (3,05 mg/l) pour l’eau épurée. En revanche, le taux faible a été observé en 2023 pour l’eau brute (3,43 mg/l), et en 2020 pour l’eau traitée (1,61 mg/l).

D'après les valeurs limites des paramètres de rejet d'effluents liquides industriels du STEP (J.O.R.A, 2006). D'après les résultats des différentes années, les teneurs du phosphore des eaux brutes sont élevées en 2022 mais ne dépassent pas la valeur nominale. Par contre dans les eaux épurées les valeurs du phosphore respectent la norme définie (10mg/L) (Annexe II, Tab.26).

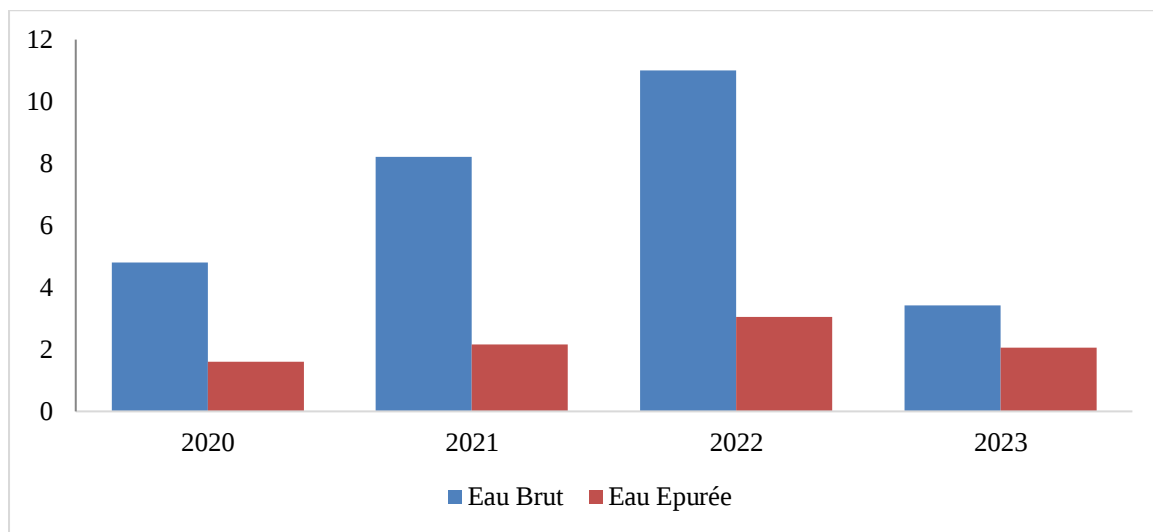


Fig.50 : Variation du Phosphore moyen des eaux de barrage Beni Haroun mesuré pendant les années (2020-2023).

Cernant les variations du phosphore dans les mois (janvier-avril) dans les deux points de prélèvements (Brute et épurée) (Fig.51). Les résultats montrent que dans le premier point (Eaux Brutes) le taux de phosphore varie entre (3,1mg/l et 8,3mg/l) avec une valeur maximale de 8,3mg/l noté dans le mois de janvier. Pour le deuxième point (Eaux épurées), le phosphore varie entre (3mg/l et 2,22mg/l). Le taux de phosphore maximal a été également observé en janvier (3mg/l).

Les données des analyses de phosphore dans l'eau brute sont élevées, après épuration nous observons qu'il y a une diminution des teneurs du phosphore. Les résultats enregistrés des eaux traitées montrent des valeurs basses en phosphore. Par ailleurs, les mesures de PO_4 effectuées durant toute la période de l'étude montrent que ces valeurs respectent la norme définie (10mg/L) (J.O.R.A, 2006) (Annexe II, Tab.26).

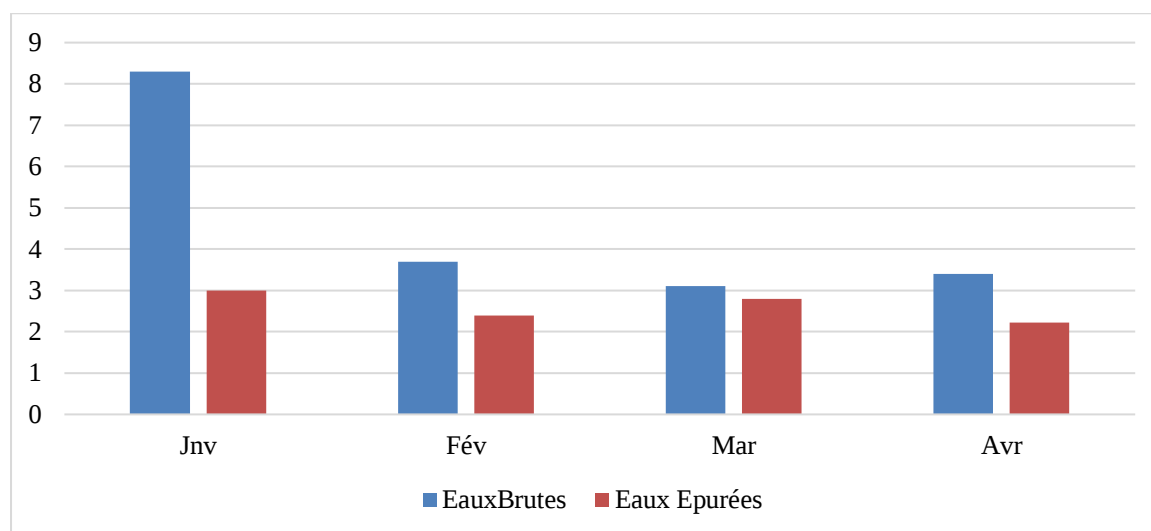


Fig.51: Variation du Phosphore moyennes eaux de barrage Beni Haroune mesuré pendant la période (janvier-avril, 2024).

4.2. Comparaison des paramètres physico-chimiques des eaux (brutes et épurées) :

L'ANOVA à deux critères de classification (année, site) en utilisant le modèle linéaire généralisé des paramètres physico-chimiques des eaux (brutes et épurées) (MES, DCO, DBO₅, NH₃⁺, NT, NH₃⁻, NH₂⁻, P-PO₄, pH, T, OD, CE) durant les années (2020, 2021, 2022, 2023) révèle :

MES : un effet (année) hautement significatif ($F_{3, 91} = 4,88$; $p < 0,01$), et un effet (site) très hautement significatif ($F_{1, 91} = 1078,47$; $p < 0,001$) (**Annexes I: Tableau 1**).

DCO : un effet (année) hautement significatif ($F_{3, 91} = 6,07$; $p < 0,01$), et un effet (site) très hautement significatif ($F_{1, 91} = 139,13$; $p < 0,001$) (**Annexes I: Tableau 2**).

DBO₅ : un effet (année) significatif ($F_{3, 91} = 3,73$; $p < 0,05$), et un effet (site) très hautement significatif ($F_{1, 91} = 884,49$; $p < 0,001$) (**Annexes : Tableau 3**).

NH₃⁺ : un effet (année) hautement significatif ($F_{3, 91} = 6,07$; $p < 0,01$), et un effet (site) très hautement significatif ($F_{1, 91} = 139,13$; $p < 0,001$) (**Annexes I: Tableau 4**).

NT : un effet (année) significatif ($F_{3, 91} = 3,37$; $p < 0,05$), et un effet (site) très hautement significatif ($F_{1, 91} = 137,25$; $p < 0,001$) (**Annexes I: Tableau 5**).

NO3-: un effet (année) non significatif ($F_{3, 91} = 0,66$; $p > 0,05$), et un effet (site) non significatif ($F_{1, 91} = 3,37$; $p > 0,05$)(**Annexes I: Tableau 6**).

NO2- : un effet (année) significatif ($F_{3, 91} = 2,76$; $p < 0,05$), et un effet (site) très hautement significatif ($F_{1, 91} = 38,88$; $p < 0,001$)(**Annexes I: Tableau 7**).

P-PO4 : un effet (année) significatif ($F_{3, 91} = 3,68$; $p < 0,05$), et un effet (site) très hautement significatif ($F_{1, 91} = 20,38$; $p < 0,001$) (**Annexes I: Tableau 8**).

pH : un effet (année) hautement significatif ($F_{3, 91} = 6,04$; $p < 0,01$), et un effet (site) très hautement significatif ($F_{1, 91} = 51,85$; $p < 0,001$)(**Annexes I: Tableau 9**).

CE un effet (année) très hautement significatif ($F_{3, 91} = 51,33$; $p < 0,001$), et un effet (site) très hautement significatif ($F_{1, 91} = 29,65$; $p < 0,001$)(**Annexes I: Tableau 10**).

OD : un effet (année) hautement significatif ($F_{3, 91} = 5,33$; $p < 0,01$), et un effet (site) très hautement significatif ($F_{1, 91} = 21,57$; $p < 0,001$)(**Annexes I: Tableau 11**).

T :un effet (année) non significatif ($F_{3, 91} = 0,23$; $p > 0,05$), et un effet (site) non significatif ($F_{1, 91} = 0,63$; $p > 0,05$) (**Annexes I: Tableau 12**).

L'ANOVA à deux critères de classification (mois, site) en utilisant le model linéaire généralisé des paramètres physique-chimiques des eaux (brutes et épurées) (MES, DCO, DBO5, NH_3^+ , NT, NH_3^- , NH_2^- , P-PO4, pH, T, OD, CE) durant les mois (janvier, février, mars et avril 2024) révèle :

DBO₅ : un effet (mois) non significatif ($F_{3, 3} = 1,03$; $p > 0,05$), et un effet (site) significatif ($F_{1, 3} = 26,20$; $p < 0,05$)(**Annexes I: Tableau 13**).

NH³⁺ :un effet (mois) non significatif ($F_{3, 3} = 1,01$; $p > 0,05$), et un effet (site) significatif ($F_{1, 3} = 18,79$; $p < 0,05$)(**Annexes I: Tableau 14**).

NT :un effet (mois) non significatif ($F_{3, 3} = 0,78$; $p > 0,05$), et un effet (site) significatif ($F_{1, 3} = 25,84$; $p < 0,05$) (**Annexes I: Tableau 15**).

NO3- : un effet (mois) non significatif ($F_{3, 3} = 4,19$; $p > 0,05$), et un effet (site) non significatif ($F_{1, 3} = 0,00$; $p > 0,05$) (**Annexes I: Tableau 16**).

NO2- :un effet (mois) non significatif ($F_{3, 3} = 1,01$; $p > 0,05$), et un effet (site) significatif ($F_{1, 3} = 10,10$; $p = 0,05$)(**Annexes I: Tableau 17**).

P-PO4 :un effet (mois) non significatif ($F_{3, 3} = 1,49$; $p > 0,05$), et un effet (site) non significatif ($F_{1, 3} = 3,28$; $p > 0,05$)(**Annexes I: Tableau 18**).

pH :un effet (mois) non significatif ($F_{3, 3} = 6,20$; $p > 0,05$), et un effet (site) tres hautement significatif ($F_{1, 3} = 293,81$; $p < 0,001$)(**Annexes I: Tableau 19**).

CE : un effet (mois) non significatif ($F_{3, 3} = 2,50$; $p > 0,05$), et un effet (site) hautement significatif ($F_{1, 3} = 137,99$; $p = 0,001$)(**Annexes I: Tableau 20**).

OD : un effet (mois) non significatif ($F_{3, 3} = 2,61$; $p > 0,05$), et un effet (site) tres hautement significatif ($F_{1, 3} = 476,30$; $p < 0,001$)(**Annexes I: Tableau 21**).

T : un effet (mois) hautement significatif ($F_{3, 3} = 70,73$; $p < 0,01$), et un effet (site) non significatif ($F_{1, 3} = 1,15$; $p > 0,05$)(**Annexes I: Tableau 22**).

MES :un effet (mois) non significatif ($F_{1, 3} = 1,27$; $p > 0,05$),et un effet (site) hautement significatif ($F_{1, 3} = 237,37$; $p < 0,01$) (**Annexes I: Tableau 23**).

DCO : un effet (mois) non significatif ($F_{1, 3} = 1,00$; $p > 0,05$),et un effet (site) significatif ($F_{1, 3} = 18,82$; $p < 0,05$)(**Annexes I: Tableau 24**).

4.3. Les Rendement épuratoire :

L'évaluation du pouvoir épuratoire étudié et l'interprétation des résultats obtenus sont basées essentiellement sur l'évaluation des paramètres physico-chimiques et sur le calcul du rendement d'élimination de la charge polluante. Le pourcentage d'abattement de la pollution :

(R %) : **Rendement**, est donné par la relation suivante :

$$(R \%) = \frac{(C_0 - C_f) * 100}{C_0}$$

Avec :

C0:Concentration du paramètre considéré dans l'eau usée brute (EB).

Cf: Concentration du paramètre considéré dans l'eau épurée (EE).

Selon le moyne des rendements épuratoires (**Tab. 15**) au cours des années 2020 jusqu'à 2023; de différents paramètres (MES, DCO, DBO₅ et Nt). Les rendement de MES, DCO, DBO₅ observées sont **bons** dans les défférentes années ; et pour le Nt en 2022 avrc une valeur de (98,42 %)de **bon rendement**, mais en 2020,2021 et 2023 sont moyenne

Tableau.15 :Rendements mensuels de : MES, DCO, DBO₅ et Nt dans les Eaux Brutes et les Eaux Epurées, et leur élimination au cours défférentes années(2020-2023).

Paramètre Mois	MES	DCO	DBO₅	Nt
2020	97,40%	97%	98,88%	85,84%
2021	98,33%	94,10%	98,63%	87,66%
2022	98,41%	92,84%	98,42%	98,42%
2023	96,68%	93,73%	95,82%	68,97%

Les résultats des rendements épuratoires (**Tab. 16**) ; (**Fig. 52**)de différents paramètres (MES, DCO, DBO₅ et Nt). Les valeurs maximales du rendement observées sont les suivantes : pour les MES (98,89 %) en mars ; pour la DCO (96,11 %) ; pour la DBO₅ (98,61 %) ; et pour le Nt (97,09 %) en janvier. Les valeurs minimales du rendement sont : pour les MES (98,04 %) en février ; pour la DCO (90,79 %) en avril ; pour le Nt (85,95 %) en avril ; et pour la DBO₅ (98,61 %) en janvier.

Tableau.16 :Rendements mensuels de : MES, DCO, DBO₅ et Nt dans les Eaux Brutes et les Eaux Epurées, et leur élimination.

Paramètre Mois	MES	DCO	DBO₅	NT
Janvier	97,15%	96,11%	98,61%	97,09%
Février	98,04%	95,41%	97,68%	95,54%
Mars	98,89%	91,3%	97,96%	70,81%
Avril	98,24%	90,79%	98,1%	85,95%

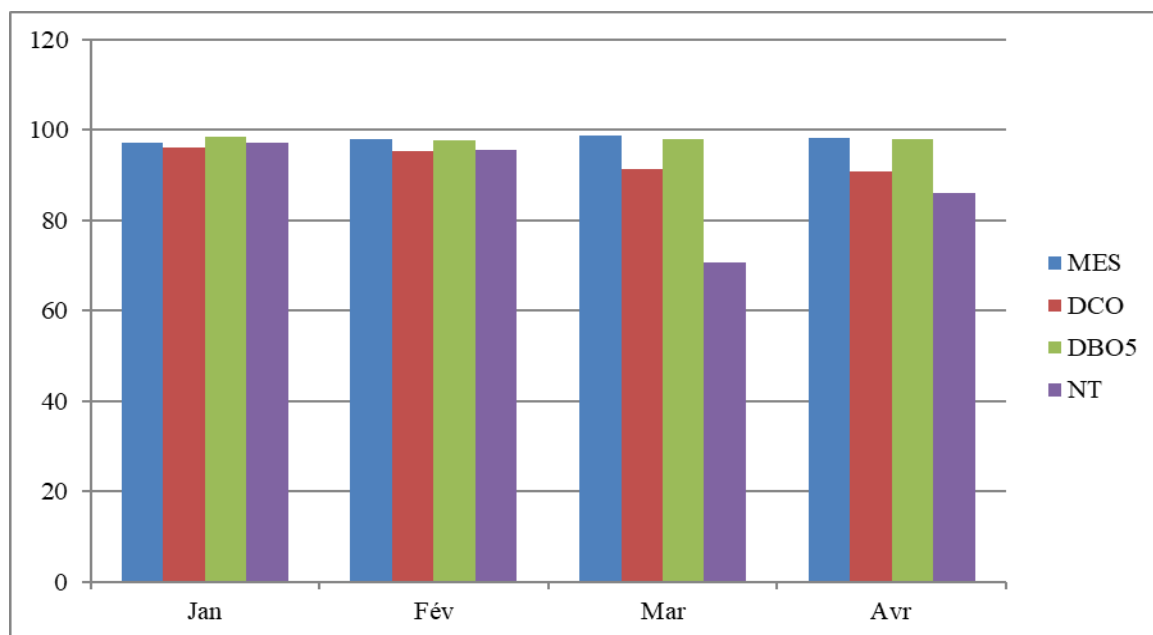


Fig.52 : Les rendements des MES,DCO,DBO₅ et Nt des eaux du barrage Beni Haroun(janvier- Avril, 2024).

Discussion

5. Discussion :

L'eau est un élément naturel indispensable à la vie, une ressource indispensable pour toute activité humaine. Elle joue un rôle crucial dans le développement durable. Pour ces raisons, l'humanité a appris à contrôler l'eau. Cependant, nous la rendons souvent impropre et polluée, ce qui représente une menace sérieuse pour la vie. En effet, la santé humaine est compromise si l'eau disponible est de mauvaise qualité ou contaminée par des agents pathogènes. Par conséquent, il est crucial de se préoccuper de la qualité de l'eau et de ses caractéristiques physico-chimiques.

Le but de notre travail est de caractériser et de comparer la qualité physico-chimique des eaux du Barrage Beni Haroun à Mila et ainsi d'évaluer l'efficacité du traitement des eaux de la STEP Sidi Marouane.

Les résultats des paramètres physico-chimiques montrent que les échantillons d'eau du barrage Beni Haroune (eaux brutes et épurées) ont une température inférieure à 20°C, proche de la température saisonnière, et un pH presque neutre variant entre 7,31 et 7,77. La conductivité électrique a une moyenne de 2185 $\mu\text{S}/\text{cm}$, ce qui ne dépasse pas les normes de la station, bien que cela indique une minéralisation excessive. L'oxygène dissous (OD) est de qualité moyenne, atteignant entre 3 et 5 mg/L. Les valeurs de la demande chimique en oxygène (DCO) et de la demande biologique en oxygène sur 5 jours (DBO_5) sont élevées dans les eaux brutes, probablement en raison d'une pollution diffuse, indiquant une eau de mauvaise qualité. Les teneurs en matières azotées (nitrates, nitrites et ammonium) reflètent une eau de bonne qualité. Les mêmes observations s'appliquent aux teneurs en phosphore, classant l'eau comme de très bonne qualité selon ce paramètre et respectant les normes de la station.

Comparativement aux résultats des mois d'étude et des années passées, les mêmes observations ont été faites, et les résultats ne dépassent pas les normes de la station. Les mêmes résultats de sont obtenus (**Bouanane et Boulhart, 2020**). Ils présentent les paramètres analytiques permettant d'évaluer d'une part le degré de pollution physico-chimique de l'eau brute, et d'autre part l'efficacité D'épuration. Les résultats expérimentaux trouvés montrent que la station d'épuration des eaux usées de Sidi Merouane donne dans la plupart du temps des bons résultats qui sont conformes aux normes algériennes, les taux d'abattement de la DCO et de la DBO_5 sont supérieurs à 90 %. Ces résultats confirment les performances épuratoires de la STEP et sa fiabilité en matière de dépollution de l'eau.

En ce qui concerne les rendements épuratoires des différents paramètres, l'efficacité est bonne avec une moyenne supérieure à 90%, à l'exception de l'azote total (Nt) qui est à 70%.

En conclusion, les résultats des analyses physico-chimiques obtenus au cours de cette étude montrent une qualité normale à bonne pour les eaux du barrage Beni Haroun.

Conclusion

6. Conclusion

L'eau est essentielle pour la vie, mais peut également être une source de maladies si elle n'est pas traitée adéquatement. Assurer sa qualité est donc d'une importance cruciale et sans danger pour la santé, l'eau brute prélevée dans diverses sources doit subir des traitements rigoureux, que ce soit à grande échelle dans des usines publiques ou privées. Notre étude s'est concentrée sur l'évaluation de la qualité de l'eau avant et après ces traitements, menée au laboratoire de la station d'épurations Sidi Marouane .

L'objectif visé par cette étude est d'éclairer l'efficacité et la performance épuratoire de la station d'épuration de Sidi Merouane et de protéger le barrage de Beni Haroun contre le phénomène de pollution, sachant que ce barrage est destiné à l'alimentation d'eau potable de six wilayas de l'Est de l'Algérie

Nous avons examiné un large éventail de paramètres physico-chimiques , Où nous avons constaté que la qualité des eaux de barrage sont de très bonne à bonne qualité des eaux épurées par contre la qualité d'eau brute est de mauvaise qualité à cause des différents types de pollution. Quand, on a observé la qualité de la différence entre l'eau brute et l'eau épurée, on sait à quel point le travail de la station d'épuration d'eau de Sidi Merouane est important et efficace, puisque le taux d'efficacité dans la plupart des analyses est considéré comme étant de 90% .

En perspectives, il serait intéressant de :

- Etude des paramètres bactériologiques des eaux de barrage Beni Haroune.
- Evaluer la pollution des eaux de barrage en utilisant des bioindicateurs aquatiques
- Dosage des biomarqueurs du stress oxydatif au niveau des bioindicateurs.

Résumés

7. Résumé :

Le barrage de Beni Haroun, dans l'État de Mila, est considéré comme le plus grand barrage d'Algérie, constitue une ressource vitale en eau potable pour plusieurs États de l'Est algérien.

L'objectif de ce travail est de suivre et d'évaluer la qualité physique et chimique des eaux brutes et traitées du barrage Beni Haroune dans la station d'épuration de Sidi Marouane-Mila - qui vise à surveiller et traiter les eaux impropres à la consommation humaine, et grâce à de nombreuses analyses physiques et chimiques telles que : T, pH, CE ,OD, MES, DCO, DBO₅, N-NH³⁺, NO³⁻, NO₂⁻, Nt, P-PO₄..etc., nous avons effectué une étude analytique descriptive des paramètres physico-chimiques des eaux durant la période 2020-2023. De plus, nous avons réalisé des analyses d'eaux (brutes et épurée) au cours des mois (janvier -avril, 2024). Les résultats obtenus montrent que la majorité des analyses physico-chimiques des eaux brutes et traitées du barrage Beni Haroune étaient de très bonne à moyenne qualité, à l'exception de certains tests qui étaient de mauvaise qualité en raison de divers types de pollution.

Concernant les rendements épuratoires des différents paramètres, l'efficacité est bonne avec une moyenne supérieure à 90%, à l'exception de l'azote total (Nt) qui est à 70%. Ces résultats confirment le rôle primordial de la station dans le traitement des eaux.

Mots clés : Barrage Beni Haroun, Eaux brutes, Eaux épurées, STEP Sidi Marouane, Analyses physico-chimiques, Traitement, Rendement épuratoire, Pollution, Mila.

7. Abstract

The Beni Haroun Dam in Mila Province is considered the largest dam in Algeria, as it constitutes a vital source of drinking water for several states in eastern Algeria.

The aim of this work is to monitor and evaluate the physical and chemical quality of raw and treated water from the Beni Haroun Dam in the Sidi Marwan-Mila wastewater treatment plant - which aims to monitor and treat water that is unfit for human consumption, thanks to many physical and chemical analyzes such as: temperature, pH, electrical conductivity, nitrite, nitrate, phosphorus...etc. We conduct a descriptive analytical study of the physical and chemical properties of water in the past years (2020-2023). In addition, water analyzes (raw and treated) were conducted during the months of (January-April 2024). The results obtained showed that the majority of the physical and chemical analyzes in the raw and treated water in the Bani Haroun Dam were of very good to moderate quality, except for some analyses, the quality of which was poor due to various types of pollution. Regarding the purification yield for various parameters, the efficiency is good at an average of 90% with the exception of total nitrogen which is 70% and these results confirm the crucial role of the plant in water treatment.

Keywords: Beni Haroune Dam, Raw water, Purified water, Sidi Marouane STEP, Physico-chemical analyses, Treatment, Purifying efficiency, Pollution, Mila.

7. ملخص

يعتبر سد بني هارون في ولاية ميله أكبر سد في الجزائر حيث يشكل مورد حيوي للمياه الصالحة للشرب لعدة ولايات في شرق الجزائر

الهدف من هذا العمل هو مراقبة وتقييم الجودة الفيزيائية والكيميائية للمياه الخام والمعالجة من سد بني هارون في محطة معالجة مياه الصرف الصحي سيدي مروان-ميلة- والتي تهدف إلى مراقبة ومعالجة المياه الغير صالحة للاستهلاك البشري، وبفضل العديد من التحاليل الفيزيائية والكيميائية مثل: درجة الحرارة، درجة الحموضة، التوصيل الكهربائي، النيتريت، النيترات، الفوسفور....الخ، نقوم بإجراء دراسة تحليلية وصفية للخصائص الفيزيائية والكيميائية للمياه في الأعوام الفارطة (2020-2023).

بالإضافة إلى ذلك تم إجراء تحاليل للمياه (الخام والمعالجة) خلال أشهر (جانفي، فيفري، مارس، أبريل 2024). حيث أظهرت النتائج المحصل عليها ان أغلبية التحاليل الفيزيائية والكيميائية في المياه الخام والمعالجة في سد بني هارون محصورة بين نوعية جيدة جدا إلى معتدلة، ماعدا في بعض التحاليل كانت نوعيتها سيئة بسبب مختلف أنواع التلوث. فيما يتعلق بمردود التنقية لمختلف العوامل، فإن الكفاءة جيدة بمتوسط 90% باستثناء النتروجين الكلي الذي يبلغ 70% وتؤكد هذه النتائج الدور الحاسم للمحطة في معالجة المياه.

الكلمات المفتاحية: سد بني هارون، محطة معالجة مياه الصرف الصحي سيدي مروان، المياه الخام، المياه المعالجة، كفاءة التنقية، التحاليل الفيزيائية والكيميائية.

Références Bibliographiques

8. Références Bibliographiques :

-A-

- **ABH, 2009.** Agence de bassine hydrographique, Rapport.
- **Alley E.R , 2007.** Water quality control handbook. v 2. New york: mcgraw-hill.
- **Ayad W. 2017.** Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines : cas des puits de la région d'El-Harroch (Skikda), Thèse doctorat en microbiologie appliquée, Université Badji Mokhtar-Annaba, p3-4.3
- **Atteia, O. (2005).** Chimie et pollutions des eaux souterraines, Lavoisier , Paris (p.398).
- **Aouissi L. Merabti W. 2019.** Étude Physico-chimique et Bactériologique Et Développement d'un Système de Traitement (membrane à Base de Charbon Actif) , Mémoire de projet fin d'études, génie des procédés ; Université 8 Mai 1945 Guelma.
- **ANBT, 2000.** Barrage Béni Haroun sur l'Oued Kébîr, Monographie, volume 1, tractebel Engineering Division Hydraulique. P 363.
- **ANIREF/Monographie de la wilaya de MILA.** Ministère de l'Industrie et de la Production Pharmaceutique Agence Nationale d'Intermédiation et de Régulation Foncière.
- **Angelier E, 2003.** Ecologie des eaux courantes. Ed. Technique et documentation. Lavoisier, Paris. p.199.
- **AROUA, A. (1994).** L'homme et son milieu. Edition société national. Alger, P 73-85.9.

-B-

- **Bekkouche W. BEY O, H. (2014).** Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux destinée à l'irrigation: cas de la commune de taghzout-el -Oued. Mém. Ing . Biochimie appliqué. Univ. D'EL- OUED p7-8.10.
- **Benayache N., 2014.** Évaluation du niveau de la pollution organique des eaux des barrages Hammam Grouz et Béni Haroun. Mémoire de Master 2 en Écologie et Écotoxicologie. Université de Constantine 1, P43.
- **Bengoumi M (2013).** Qualité de l'eau en élevage avicole dans la région de Meknes (Maroc) impact sur la santé et la production. Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n°13, ,doi : <https://www.asjp.cerist.dz/en/downArticle/125/10/2/54929>.

Références Bibliographique

- Benslimane, R. (2001).** Contribution à l'étude des eaux résiduaires de la ville de Skikda et sa périphérie, Mémoire Ingénieure, Eco et environnement des écosystèmes, Université d'Annaba, P 95.
- Birech S., Messaoudi I., (2006).** La contamination des eaux par les métaux cas de chott ain baida de la région d'Ouargla, mémoire d'ingénieur, université d'Ouargla.
- Bernard, 2007.** Introduction à l'étude de la médecine expérimentale. Edition Bibliobazaar. --
- Bioret F., Estève R., Sturbois A., (2010).** Dictionnaire de la protection de la nature. Presses Universitaires de Rennes. P357.
- Beniston M., (2009).** Changements climatiques et impact, Lausanne : presses universitaires romandes, p 41.
- Belghiti M I, Chahlaoui A, Bengoumi D (2013).** El moustaine étude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de la plio-quaternaire dans la région de Meknès (Maroc). Larhyss Journal, Université Moulay Ismail Maroc, ISSN 1112-3680, n°14, pp. 21-36. doi : <https://www.asjp.cerist.dz/en/downArticle/125/10/3/54948>.
- Bourrier, R., Satin, M., Selmi, B. (2017).** Guide technique de l'assainissement, collecte - épuration - conception – exploitation ,5ème édition, 70p.
- Bliefert Claus et Perraud Robert, 2008.** Chimie de l'environnement : air, eau, sols, déchets. p : 271,290, 291.11
- BRASILIA. (2013).** Manuel Pratique D'analyse De L'eau. Fondation Nationale de la Santé, 4ème édition. FUNASA Brésil. p150.
- Blundell, G., Papa, Edwards, S., et Holmes, R. (2004).** The source water protection primer (p. 58). Canada: pollution probe.
- Boglin Jean-claude ,2001.** Propriétés des eaux naturelles. Technique de l'ingénieur, traité environnement, G1 110.
- Bouchrit, A et Hakimi, H.(2016).** Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau du barrage Hammam Debagh Guelma. Mémoire de master, Université du 8 Mai 1945.
- Bouziani, M. (2000).** L'eau de la pénurie aux maladies. Edition IBN-Khaldoun Oran, P 247.
- Boudeal, Djouid, H. (2003).** Pollution de l'Oued boussellem par les eaux usées urbaines et industrielles et impact de leur utilisation dans l'irrigation. Thèse ingénieur, des écosystèmes universitaires,P 6-13.

Références Bibliographique

- Brahmi S, 2013.** Comportement des éléments chimiques dans les eaux de surface du barrage de beni Haroun (est algérien), mémoire, Université de Tébessa, Algérie, P 127.
- **BOUANANE Yousra , BOULHART Nadira,2020.** Etude de l'efficacité du traitement des eaux usées de la station d'épuration de Sidi Merouane (Mila), Mémoire de master Hydraulique Urbain. Centre universitaire Abdelhafid Boussouf–Mila.

-C-

- Chaâlal O.M., (2012).**compartiments Eau /Sédiments de l'oued Rhumel, et barrages Hammam Grouz et Beni Haroun (Mila). Alger.Mémoire de Magister ,Université frères Mentouri constantine 1. Edition, Albayazin. Alger. P 209.
- Chibani. S., (2009).**Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux de surfaces et souterraines de la région de Ain Makhoulf (**Guelma**). Mémoire de Magister. Université de 08 Mais 1945-Guelma-, 104p.
- **CNRS ;** La composition chimique d'une eau. (ALLIOUAT, H. OUDINA, Ch. SEGGANI, N.),Analyse de la qualité des eaux de Barrage de Beni Haroun Mila, Mémoire de Master, Biochimie appliquée, Centre Universitaire Abdhahid Boussouf, Mila .
- CEAEQ. (2016).** Détermination de la demande chimique en oxygène : méthode de reflux en système fermé suivi d'un dosage par colorimétrie avec le bichromate de potassium, ma, 315 – dco 1.1, rév. 4,Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec ministère du développement durable, de l'environnement et de la lutte contre les changements climatiques du Québec, P12.
- **Christophe, (2006).** Propriétés d'eau physique chimique. (Disponible sur : www.econologie.com/proprietes-eau-physiques-chimiques)
- **Cieau (2023).** Ressource en eau potable, eau usée. (Disponible sur : www.cieau.com/lemetier-de-leau/ressource-en-eau-eau-potable-eaux-usees/quels-traitements-sophistiquespour-rendre-leau-potable. Consulté le 14.4.2023).
- Craaq. (2003).** Guide de production des annuelles en caissettes 313 ,P 11.

-D-

- Defrance Schki. M., (1996).** L'eau dans tous ses états, édition ellipses, paris, p 632.
- Dumon A (2021).** Chimie nouvelle, n° 138.

Références Bibliographiques

-Degremont.(1989).Mémoire technique de l'eau, Technique et documentation, tome 1, P : 5, 24-25.

-Dudiene P, 1990. Elimination de l'azote dans les stations de traitement des petites collectivités. Document technique FNDAE, CEMAGREF.

-D.P.A.T, Direction de la planification et de l'aménagement du territoire(sidi merouane, Algérie).

-Derwich E, Benaabidate L, Zian A, Sadki O, Belghity D (2010).Caractérisation physico-chimique des eaux de la nappe alluviale du haut sebou en aval de sa confluence avec Ouedfes. Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n° 08, p.107-108,110.

-E-

-Eckenfelder W, 1982. Gestion des eaux usées urbaines et industrielles. Techniques de documentation. Ed. Lavoisier. Paris. P503.

-Emberger L., (1955). Une classification biogéographique des climats(France). Rev. Trac. Bot. Géol. Zool. Scien. Montpellier, France. P 343.

-F-

-Fakih lanjri A, Brigui J, El Cadi A, Khaddor M, Salmoune F (2014). Caractérisation physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de Tanger, Journal of Materials and Environmental Science, p. 2230-2235, (disponible sur: https://www.jmaterenvirosci.com/Document/vol5/vol5_NS1/31-JMES-S1-2014-lanjri.pdf(5). Consulté le15.5.2023).

-Faurie C, Medori P, Ferra C.,(2003).Ecologie: Approche scientifique et pratiqueParis, 5 éme Edition, Lavoisier doc et tec, Paris, 312p.

-Frank, R., 2002. Analyse des eaux. Edition, Tec et DOC, 18-188 p.

-G-

-(Gasmi. W., et Refice. M., 2020), mémoire master Caractéristiques physico-chimiques de l'eau potable de la région de(M'Sila) (Dréat,Souamaa, Newara), Université Mohamed Boudiaf –Msila.

-Ghazali D, Zaid A (2013). Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de la source Ain Salama-Jerri (region de meknes –maroc). Meknes, maroc, Larhyss Journal,

ISSN 1112-3680, n°18, p. 25-36 (disponible sur:

<https://www.asjp.cerist.dz/en/downArticle/125/11/2/55106>. Consulté 23.5.2023).

-H-

-Hassan Omer N (2019). Water Quality - Science, Assessments and Policy, inetchopen,p. 6 - 13 doi: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.89657>.

-I-

-IBMP,(2012),Institut de biologie moléculaire des plantes.

-J-

-J.O.R.A.2006, jornal officiel république algérienne N°26 , 23Avril 2006.

-K-

-Kerdoud S,2006.Le bassin versant de Béni Haroun eau et pollution(Constantine).Mémoire de magister. Université Mentouri Constantine, Algérie. 169P

-Koller, E., (2004). Traitement des pollutions industrielles(Paris), Dunod, Paris, ppp 4-6-7.

-L-

-Lallemand-Barrés, A., Roux, J.C. (1999).Paramètres de protection des captages d'eau souterraine destinée à la consommation humaine (p.334). Orléans: BRGM Manuals and methods.

-LADJEL, F. (2006). Exploitation d'une station d'épuration à boue activée niveau 02 Centre de formation au métier de l'assainissement. CFMA-Boumerdes, p80.

-LAZHAR G, 2011. Contrôle de la pollution de l'eau par méthode acousto-optique. Mémoire de magister. Université FERHAT ABBAS-SETIF. P.106.

-M-

-Martin. (1979).Rapport Le problème de l'azote dans les eaux. Ed technique et documentation, Paris.

-MEBARKI A, 1982. Le bassin du kebir, ressources en eaux et aménagement en Algérie, thèse doctorat 3ème cycle, université de Nancy II, p303.

Références Bibliographique

- **Mebarki, A., 2009.** Ressources et aménagement Algérie-les bassins hydrographique de l'est,Algerie . Ed5015,O.P.U,Alger,Algerie,389p.
- **Merabet, S., 2010.**Evaluation de la qualité physicochimique des eaux brutes et distribuées du barrage réservoir de Beni Haroun(Mila). Mémoire de magister en chimie analytique. Université Mentouri de Constantine. P 1.
- Metahri, M.S. (2012).** Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées par des procédés mixtes: cas de la STEP est de la ville de Tizi Ouzou (Thèse doctorat). Université Mouloud Mammeri, Algérie.
- Monod, T. (1989).**Méharées géographiques (N.A.N.I) normes Algérienne et normes international (2002). France loisir. 233 p.er.Institut Pasteur d'Alger ,40p.

-O-

- Olivaux, Y. (2007).**La nature de l'eau. Ed. Marco Pietteur. France. 563p.
- OMS, 1989.**Toxicological evaluation of certain food additives and contaminants.3ème rapport du comité mixte FAO/OMS d'experts des additifs alimentaires, rapport technique n°776 de l'OMS. Genève (Suisse). 156 p
- ONA, Office National de l'Assainissement,**Système de Management Environnemental ISO 14001, Manuel environnemental, Date de révision (11/2011).
- Ouali, M.S. (2001).**Cours de procédés unitaires biologiques et traitement des eaux, édition : OPU, Ben Aknoun, Alger (Algérie).
- Organisation Mondiale de la Santé.2013.**54-Peterson, H.G. Water quality and Micro-irrigation for Horticulture, Agriculture et Agroalimentaire Canada http://www.agr.gc.ca/pfra/water/microirr_e.htm4p.

-R-

- **Ramade F, 1993.** Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement. Ed. Science internationale, Paris, 822 p.
- Ramade F., 2000.** Dictionnaire encyclopédique des pollutions (pollutions : de l'environnement à l'homme) Ed. Science internationale Paris, pp.382.
- Rejsek F., 2002.** Analyses des eaux, les aspects réglementaires et techniques. Centre régional de documentation pédagogique d'aquitaine, France .165-239.

Références Bibliographique

-Rodier J., 1976. L'analyse de l'eau. Eau naturelles, eau résiduaires, eau de mer. 5^{ème}Ed. Dunod, Paris.

-Rodier, J., Bazin, C., Broutin, J.P., Chambon, P., Champsaur, H., Rodier, L. (1996). L'Analyse De l'Eau, 8eme Edition, Dunod : Paris, 1384p.

-Rodier J, Bazin C, Broutin J, Champsaur H & Rodi L, 2005. L'analyse de l'eau. Eaux naturelles. Eaux résiduaires. Eau de mer. 8ème Ed. Dunod. Paris, P 1383 .

-Rodier J.,2005 . Analyse de l'eau : Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. Edition. Dunod Bordas, Paris, 8 ème édition, 1383p.

-Rodier J (2009). L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires et eaux de mer. 9th Edition, Dunod, paris, p. 138.

-S-

-SARI H, 2014. Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source « Attar » (Tlemcen), Mémoire de Master, en Sciences des aliments. Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen, Algérie.92p.

-Station d'épuration de sidi merouan- (INSEP) Mila -2018 .

-T-

- THOMAS, O. (1955). Météorologie des eaux résiduaires. Tec et Doc, Ed Lavoisier Cedeboc, p 135-192.

Références Webographique :

-Site01 : <http://discus.claude.free.fr/index.htm>

- Site 02 : https://edu1d.ac-toulouse.fr/blog31/elem-montaudran-toulouse/files/LECON_Cycle-de-l-eau-dans-la-nature.pdf, LECON Cycle-de-l-eau-dans-la-nature, Univ de Toulouse en France.

-Site 03 : <https://fr.weatherspark.com>, Climat météo par moins, température moyenne pour sidi merouane (Algérie).

Annexes

9. Annexes

Annexes.I :

Variation annuelles (2020, 2021, 2022 et 2023) des parametres physico-chimiques des eaux (brutes et épurées)

Tableau 1 :Analyse de la variance à deux critres de classification (année, site) de la MES

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	F	p
année	3	51546	17182	4,88	0,003
site	1	3797513	3797513	1078,47	0,000
Erreur	91	320430	3521		
Inadéquation de l'ajustement	3	43258	14419	4,58	0,005
Erreur pure	88	277172	3150		
Total	95	4169489			

Tableau 2 : Analyse de la variance à deux critres de classification (année, site) de la DCO

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	F	p
année	3	665785	221928	6,07	0,001
site	1	5085546	5085546	139,13	0,000
Erreur	91	3326210	36552		
Inadéquation de l'ajustement	3	484135	161378	5,00	0,003
Erreur pure	88	2842074	32296		
Total	95	9077541			

Tableau 3 : Analyse de la variance à deux critres de classification (année, site) de la DBO₅

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	F	p
année	3	16501	5500	3,73	0,014
site	1	1304314	1304314	884,49	0,000
Erreur	91	134192	1475		
Inadéquation de l'ajustement	3	12016	4005	2,88	0,040
Erreur pure	88	122176	1388		
Total	95	1455008			

Tableau 4 Analyse de la variance à deux critres de classification (année, site) de de la : NH₃

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
année_1	3	665785	221928	6,07	0,001
site_1	1	5085546	5085546	139,13	0,000
Erreur	91	3326210	36552		
Inadéquation de l'ajustement	3	484135	161378	5,00	0,003
Erreur pure	88	2842074	32296		
Total	95	9077541			

Tableau 5 : Analyse de la variance à deux critres de classification (année, site) de de la NT

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	F	p
année_1	3	5026	1675,4	3,37	0,022
site_1	1	68282	68281,8	137,25	0,000
Erreur	91	45272	497,5		
Inadéquation de l'ajustement	3	4085	1361,7	2,91	0,039
Erreur pure	88	41187	468,0		
Total	95	118580			

Tableau 6 : Variation Analyse de la variance à deux critres de classification (année, site) de de la NO3-:

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
année_1	3	18,998	6,3327	0,66	0,576
site_1	1	32,152	32,1523	3,37	0,070
Erreur	91	867,872	9,5371		
Inadéquation de l'ajustement	3	2,478	0,8259	0,08	0,969
Erreur pure	88	865,394	9,8340		
Total	95	919,022			

Tableau 7 : Variation Variation Analyse de la variance à deux critres de classification (année, site) de de la NO2-

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
année_1	3	50,156	16,719	2,76	0,047
site_1	1	235,777	235,777	38,88	0,000
Erreur	91	551,807	6,064		
Inadéquation de l'ajustement	3	8,804	2,935	0,48	0,700
Erreur pure	88	543,004	6,170		
Total	95	837,740			

Tableau 8 : Variation Analyse de la variance à deux critres de classification (année, site) de de la P-PO4

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
année_1	3	286,5	95,49	3,68	0,015
site_1	1	529,0	529,04	20,38	0,000
Erreur	91	2362,8	25,96		
Inadéquation de l'ajustement	3	149,5	49,85	1,98	0,122
Erreur pure	88	2213,2	25,15		
Total	95	3178,3			

Tableau 9 : Variation Analyse de la variance à deux critres de classification (année, site) de de la pH

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
année_1	3	0,9829	0,32765	6,04	0,001
site_1	1	2,8106	2,81061	51,85	0,000
Erreur	91	4,9332	0,05421		
Inadéquation de l'ajustement	3	0,1381	0,04603	0,84	0,473
Erreur pure	88	4,7951	0,05449		
Total	95	8,7267			

Tableau 10 : Variation annuelle (2020, 2021, 2022 et 2023) de la CE

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	F	p
année_1	3	13315656	4438552	51,33	0,000
site_1	1	2563780	2563780	29,65	0,000
Erreur	91	7868801	86470		
Inadéquation de l'ajustement	3	945437	315146	4,01	0,010
Erreur pure	88	6923364	78675		
Total	95	23748237			

Tableau 11 : Analyse de la variance à deux critres de classification (année, site) de de l'OXD

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
année_1	3	38,070	12,690	5,33	0,002
site_1	1	51,312	51,312	21,57	0,000
Erreur	91	216,478	2,379		
Inadéquation de l'ajustement	3	4,819	1,606	0,67	0,574
Erreur pure	88	211,659	2,405		
Total	95	305,860			

Tableau 12 : Analyse de la variance à deux critres de classification (année, site) de de la T

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
année_1	3	14,01	4,6705	0,23	0,875
site_1	1	12,80	12,8049	0,63	0,429
Erreur	91	1842,56	20,2479		
Inadéquation de l'ajustement	3	0,10	0,0335	0,00	1,000
Erreur pure	88	1842,46	20,9370		
Total	95	1869,38			

Variation mensuelle (janvier, février, mars, avril 2024) des paramètres physico-chimiques des eaux (brutes et épurées)

Tableau 14: Analyse de la variance à deux critres de classification (mois, site) de la DBO5

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
mois	3	6957	2319	1,03	0,491
site1	1	59013	59013	26,20	0,014
Erreur	3	6757	2252		
Total	7	72728			

Tableau 15: Analyse de la variance à deux critres de classification (mois, site) de NH3+

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
mois	3	1014	337,9	1,01	0,498
site1	1	6305	6304,5	18,79	0,023
Erreur	3	1007	335,6		
Total	7	8325			

Tableau 16: Analyse de la variance à deux critres de classification (mois, site) de NT

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
mois	3	829,8	276,6	0,78	0,580
site1	1	9214,0	9214,0	25,84	0,015
Erreur	3	1069,9	356,6		
Total	7	11113,7			

Tableau 17: Analyse de la variance à deux critres de classification (mois, site) de NO3-

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
mois	3	98,845	32,9483	4,19	0,135
site1	1	0,020	0,0200	0,00	0,963
Erreur	3	23,590	7,8633		
Total	7	122,455			

Tableau 18: Analyse de la variance à deux critres de classification (mois, site) de NO2-

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
mois	3	28,59	9,530	1,01	0,495
site1	1	94,88	94,875	10,10	0,050
Erreur	3	28,18	9,392		
Total	7	151,64			

Tableau 18: Analyse de la variance à deux critres de classification (mois, site) de : P-PO4

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
mois	3	11,101	3,700	1,49	0,376
site1	1	8,161	8,161	3,28	0,168
Erreur	3	7,470	2,490		
Total	7	26,733			

Tableau 19: Analyse de la variance à deux critres de classification (mois, site) de PH

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
mois	3	0,015737	0,005246	6,20	0,084
site1	1	0,248513	0,248513	293,81	0,000
Erreur	3	0,002537	0,000846		
Total	7	0,266787			

Tableau 20: Analyse de la variance à deux critres de classification (mois, site) de CE

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
mois	3	38203	12734	2,50	0,236
site1	1	702705	702705	137,99	0,001
Erreur	3	15277	5092		
Total	7	756186			

Tableau 21: Analyse de la variance à deux critres de classification (mois, site) de OXD

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
mois	3	0,12505	0,04168	2,61	0,226
site1	1	7,60500	7,60500	476,30	0,000
Erreur	3	0,04790	0,01597		
Total	7	7,77795			

Tableau 22: Analyse de la variance à deux critres de classification (mois, site) de T

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
mois	3	33,2450	11,0817	70,73	0,003
site1	1	0,1800	0,1800	1,15	0,362
Erreur	3	0,4700	0,1567		
Total	7	33,8950			

Tableau 23: Analyse de la variance à deux critres de classification (mois, site) de Débit

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
mois	3	1629035	543012	2011,24	0,000
site1	1	78309	78309	290,05	0,000
Erreur	3	810	270		
Total	7	1708154			

Tableau 24: Analyse de la variance à deux critres de classification (mois, site) de MES

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
mois	3	2488	829	1,27	0,423
site1	1	154485	154485	237,37	0,001
Erreur	3	1952	651		
Total	7	158925			

Tableau 25: Analyse de la variance à deux critres de classification (mois, site) de DCO

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
mois	3	33837	11279	1,00	0,501
site1	1	213204	213204	18,82	0,023
Erreur	3	33985	11328		
Total	7	281026			

Annexe II :

Tableau 26 : Valeurs limites des parametres de rejets d'effluents liquides industriels.

N°	PARAMETRES	UNITE	VALEURS LIMITES	TOLERANCES AUX VALEURS LIMITES ANCIENNES INSTALLATIONS
1	Température	°C	30	30
2	PH	-	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5
3	MES	mg/l	35	40
4	Azote Kjeldahl	"	30	40
5	Phosphore total	"	10	15
6	DCO	"	120	130
7	DBO5	"	35	40
8	Aluminium	"	3	5
9	Substances toxiques bioaccumulables	"	0,005	0,01
10	Cyanures	"	0,1	0,15
11	Fluor et composés	"	15	20
12	Indice de phénols	"	0,3	0,5
13	Hydrocarbures totaux	"	10	15
14	Huiles et graisses	"	20	30
15	Cadmium	"	0,2	0,25
16	Cuivre total	"	0,5	1
17	Mercure total	"	0,01	0,05
18	Plomb total	"	0,5	0,75
19	Chrome Total	"	0,5	0,75
20	Étain total	"	2	2,5
21	Manganèse	"	1	1,5
22	Nickel total	"	0,5	0,75
23	Zinc total	"	3	5
24	Fer	"	3	5
25	Composés organiques chlorés	"	5	7