

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique



Université 8 Mai 1945 Guelma

Faculté des Mathématiques et de l'Informatique et des Sciences de la Matière
Département de Science de la Matière

Mémoire de fin d'étude

Master II

Thème

17/140.735

Qualité physico-chimiques des eaux de surface de la région de Guelma.

Spécialité : Chimie physique

Présenté par: BOUATI Iman

Sous la Direction de:

ATHMANI Ali Salah

Juin 2018

REMERCIEMENTS

L'étude qui va Avant d'exposer et explicité le contenu de ce travail, permettez nous tout d'abord, de remercier très sincèrement en premier lieu DIEU le tout puissant de nous avoir aidé et donné la volonté et la santé pour achever ce modeste travail

*Ma première pensée va tout naturellement à mon encadreur **ATHMANI Ali Salah** qui suit fidèlement mon travail.*

Je tiens à la remercier pour son encadrement, pour la confiance qu'il m'a témoignée en me confiant ce travail et pour m'avoir donné les moyens d'arriver au bout de ce projet.

J'adresse mes sincères remerciements aux membres de jury qui ont accepté d'évaluer ce modeste travail. Je voudrais remercier le qui m'a honoré d'avoir accepté de présider le jury.

Mes sincères remerciements à mes enseignants et tous les enseignants du Département de Science des Matières ; pour leurs efforts dans ma formation tout au long du cursus universitaire.

Tiens particulièrement à remercier tous les membres de laboratoire de station de traitement Hammam Debagh-Guelma.

Enfin, je tiens à remercier profondément toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à l'achèvement de ce travail.

Table des matières

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

Partie théorique

Chapitre 01: Généralité sur l'eau et sa pollution

1. Généralité sur l'eau:.....	5
1.1. Définition d'eau:.....	5
1.2. La structure de la molécule d'eau:.....	5
1.3. Cycle de l'eau:.....	6
1.4. Les eaux de surface:.....	7
1.5. Les propriétés de l'eau:.....	9
1.5.1. Les propriétés physiques: [9].....	9
1.5.1.1. La Température d'ébullition :.....	9
1.5.1.2. Masse volumique:.....	9
1.5.1.3. Viscosité:.....	9
1.5.1.4. La conductivité de l'eau:.....	10
1.5.1.5. Tension superficielle:.....	11
1.5.1.6. Impuretés dans l'eau:.....	11
1.5.2. Propriétés chimique:.....	12
1.5.2.1. L'eau comme solvant:.....	12
1.5.2.2. Solubilité des substances chimiques dans l'eau:.....	12
1.5.2.3. Polarité :.....	13
1.5.2.4. L'auto-ionisation de l'eau:.....	13
1.5.2.5. Oxydoréduction:.....	13
1.5.3. Propriétés biologiques de l'eau:.....	13
2. Pollution:.....	14
2.1. Définition de la pollution de l'eau:.....	15
2.2. Classification de la pollution:.....	15
2.2.1. Classification selon l'origine de la pollution:.....	15

2.2.1.1. Pollution d'origine domestique:	16
2.2.1.2. Pollution d'origine agricole :	16
2.2.1.3. Pollution naturelle:	16
2.2.1.4. Pollution industrielle:	16
2.2.2. Classification selon le type de polluant:	17
2.2.2.1. Pollution physique:	17
2.2.2.2. Pollution chimique:.....	17
2.2.2.3. Pollution biologique:	17
Conclusion:.....	15
Chapitre 02: la qualité des eaux de surface et sa traitement.	
1. Introduction :	17
2. Qualité de l'eau:	17
2.1 Les paramètres physiques:	17
2.1.1. La température:	17
2.1.2. Le pH:	17
2.1.3. Conductivité électrique:	18
2.1.4. Turbidité:.....	18
2.1.5. Résidu sec:	19
2.2. Les paramètres chimiques:	19
2.2.1. La Salinité:	19
2.2.2. Les solides totaux dissous (TDS):.....	20
2.2.3. La dureté:	20
2.2.4. Titre Alcalimétrique (TA et TAC):.....	25
2.2.5. Les matières en suspension:.....	26
2.2.6. Les matières organiques:.....	26
2.2.7. Le calcium:.....	26
2.4.8. Le magnésium :	27
2.2.9 Le chlorures:	27
2.2.10. Les Bicarbonates (HCO_3^-):.....	27
2.2.11. Sulfate :	28
2.2.12. Substance eutrophisantes:	28

2.2.12.1. Ammonium:	28
2.2.12.2 Phosphate:	28
2.2.12.3. Nitrates et Nitrites:	29
3. Traitement de l'eau:	29
3.1. Description de la station de Hammam Bouhamdane:	29
3.2. Les différentes étapes de traitement:	24
3.2.1. Prétraitement:	25
3.2.2. Pré-oxydation:	25
3.2.3. Clarification:	26
3.2.3.1. La coagulation-floculation-:	26
3.2.3.2. Décantation:	27
3.2.3.3. Filtration:	28
3.2.4. La désinfection:	29
3.2.5. Affinage:	29
3.2.6. Le stockage de l'eau:	30
4. Conclusion:	30

Chapitre 03: Etude bibliographie

1. Etude bibliographie:	32
-------------------------	----

Partie Pratique

Chapitre 04: matériels et méthodes

1. Introduction :	42
2. Présentation de la zone d'étude :	42
3. Echantillonnage :	43
4. Analyses physico-chimiques :	43
4.1. Mesure de la température de l'eau Salinité et TDS et conductivité :	43
4.2. Mesure du PH :	44
4.3. Turbidité :	44
4.4. Résidu sec :	45
4.5. Matière organique :	45
4.6. Matière en suspension :	46

4.7. Détermination du Titre alcalimétrique simple et titre alcalimétrique complet TA, T.A.C :	55
4.8. Mesure de la dureté totale :	48
4.9. Détermination du calcium :	57
4.10. Détermination du magnésium :	58
4.11. Détermination des Chlorure :	50
4.12. Dosage des sulfates :	59
4.13. Détermination du Fer :	60
4.14. Détermination de l'aluminium :	61
4.15. Détermination des phosphates :	62
4.16. Dosage des nitrates :	63
4.17. Dosage des Nitrites :	54
4.18. Dosage de l'Ammonium :	55

chapitre 05: résultats et interprétations

1. Les résultats d'analyses de l'eau de Barrage avant et après le traitement :	57
1.1. La température :	67
1.2. Le pH :	58
1.3. La conductivité électrique :	59
1.4. Salinité	59
1.5. Les solides totaux dissous.....	60
1.6. La Turbidité	61
1.7. Le résidu sec	62
1.8. La matière organique	62
1.9. La matière en Suspension MES.....	63
1.10. Titre Alcalimétrique (TA) et titre alcalimétrique complet TAC	64
1.11. Le bicarbonate	64
1.12. Le titre hydrotimétrique	65
1.13. Le calcium	66
1.14. Le magnésium	66
1.15. Les chlorures	67
1.16. Le sulfate	68
1.17. Le Fer.....	69

1.18. L'Aluminium	69
1.19. Les Phosphates	70
1.20. Les nitrates	71
1.21. Nitrites	72
1.22. L'Ammonium	73
Conclusion générale.....	76
Références bibliographie	
Annexe	
Résumé	

Liste des tableaux

Tableau n°01 : Caractéristiques comparées des eaux de surfaces et eaux souterraines.....	08
Tableau n°02 : viscosité de l'eau en fonction de la température.....	09
Tableau n°03 : viscosité de l'eau en fonction de la salinité.....	09
Tableau n°04 : principales constantes physique de l'eau pure.....	12
Tableau n°05 : classification des eaux d'après le pH.....	18
Tableau n°06 : classification des eaux selon la conductivité.....	18
Tableau n°07 : classification de turbidité.....	19
Tableau n°08 : potabilité en fonction des résidus secs.....	19
Tableau n°09 : classification des risques selon TDS.....	20
Tableau n°10 : classification de l'eau selon la dureté totale.....	21
Tableau n°11 : nature et les dates de prélèvements d'échantillon.....	43
Tableau n°12 : les unités de température, salinité, TDS et conductivité.....	44

Liste des figures

Figure 01 : Représentation de Lewis et le schéma d'une molécule d'eau.....	05
Figure 02 : Géométrie de la molécule de l'eau.....	06
Figure 03 : cycle générale de l'eau.....	07
Figure 04 : Le schéma d'une station de traitement d'une eau de surface.....	25
Figure 05 : l'étape de pré-oxydation de l'eau brute.....	26
Figure 06 : l'étape de coagulation de l'eau brute.....	27
Figure 07 : l'étape de flocculants de l'eau brute.....	27
Figure 08 : l'étape de décantation de l'eau brute.....	28
Figure 09 : l'étape de filtration de l'eau brute.....	29
Figure 10 : l'étape de stockage de l'eau traitée.....	30
Figure 11 : localisation du barrage Bouhamdane.....	42
Figure 12 : variation de la température de l'eau brute et l'eau traitée de Barrage Bouhamdane.....	57
Figure 13 : la variation du pH de l'eau brute et l'eau traitée de Barrage.....	58
Figure 14 : la variation de la conductivité électrique de l'eau brute et l'eau traitée de Barrage Bouhamdane.....	9
Figure 15 : variation de la salinité de l'eau brute et l'eau traitée de Barrage Bouhamdane.....	60
Figure 16 : variation des teneurs en sels dissous de l'eau brute et l'eau traitée Barrage Bouhamdane.....	60
Figure 17 : variation de la turbidité de l'eau brute et l'eau traitée de Barrage Bouhamdane.....	61
Figure 18 : variation des résidus secs de l'eau brute et l'eau traitée de Barrage Bouhamdane.....	62
Figure 19 : variation de la matière organique de l'eau brute et l'eau traitée de barrage Bouhamdane.....	63
Figure 20 : variation de la MES de l'eau de Barrage Bouhamdane.....	63
Figure 21 : variation de la TAC de l'eau de Barrage Bouhamdane.....	64
Figure 22 : variation des teneurs des bicarbonates HCO_3^- de l'eau de Barrage Bouhamdane.....	65
Figure 23 : variation de la titre hydrométrique des de l'eau de Barrage Bouhamdane.....	65
Figure 24 : variation des teneurs des calciums Ca^{2+} de l'eau de Barrage Bouhamdane.....	66

Figure 25: variation des teneurs magnésiums Mg^{2+} des de l'eau de Barrage Bouhamdane.....	67
Figure 26 : variation des teneurs des chlorures Cl^- de l'eau brute et l'eau traitée de Barrage Bouhamdane.....	67
Figure 27 : variation des teneurs des sulfates SO_4^{-2} de l'eau brute et l'eau traitée de Barrage Bouhamdane.....	68
Figure 28 : variation des teneurs des Fer Fe^{2+} de l'eau brute et l'eau traitée de Barrage Bouhamdane.....	69
Figure 29 : variation des teneurs des l'aluminium Al^{3+} de l'eau brute et l'eau traitée de Barrage Bouhamdane...	70
Figure 30 : variation des teneurs des phosphates PO_4^{-3} de l'eau brute et l'eau traitée de Barrage Bouhamdane.....	71
Figure 31 : variation des teneurs des nitrates NO_3^- de l'eau de Barrage Bouhamdane.....	72
Figure 32 : variation des teneurs des nitrites NO_2^- de l'eau brute et l'eau traite de Barrage Bouhamdane.....	73
Figure 33 : variation des teneurs d'ammonium NH_4^+ des de l'eau brute et l'eau traitée de Barrage Bouhamdane.....	73.

Sommaire des annexes

Annexe n°1 : Préparation des réactifs :

1. Matière organique:.....	84
2. Mesure de la dureté totale:.....	84
3. Dosage des sulfates SO_4^{-2} :.....	84
4. Détermination du Fer :.....	84
5. Détermination des phosphates PO_4^{3-} :.....	85
6. Dosage des nitrates NO_3^- :.....	85
7. Dosage des Nitrites NO_2^- :.....	85
8. Dosage de l'Ammonium NH_4^+	86

Annexe n°02: classification de la qualité des eaux naturelles de surface en Algérie

1. Tableau n°13 : grille de classification de la qualité des eaux naturelles de surface continentale en Algérie.....	87
2. Tableau n° 14: Grille de la qualité des eaux superficielles (ARNH, 1999).....	57
3. Tableau n°15 : les normes algériennes de potabilité des eaux de consommation humaine.....	87
4. Tableau n°16 : Classification de la qualité des cours d'eau en Algérie selon ABH, 2009.....	88

Abréviations

A.B.H : Agence de Bassin Hydrographique.

A.D.E : Algérienne Des Eaux.

A.N.R.H : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques

A.S.E.F : Association Santé Environnement France.

C.M.A : Concentration Maximale Admissible.

E.D.T.A : Ethylène Diamine Tétra Acétique.

°F : échelle Fahrenheit (degré de français).

N.E.T : Noir d'Eriochrom T.

N.T.U: Nephelometric Turbidity Unit.

O.M.S : Organisation Mondial de la Santé.

pH : Potentiel d'hydrogène.

µS/cm : micro Siemens par centimètre.

Introduction générale

Introduction générale

En Algérie, les eaux de surface sont de plus en plus utilisées ces dernières années pour les besoins de l'agriculture, de l'alimentation des populations et de l'industrie. Des investissements considérables ont été consacrés à la construction des barrages, notamment dans l'Est du pays [29]. Cependant, les eaux de surface de bonne qualité sont en quantités limitées ou ont été contaminées par des activités humaines qui ont amené à détériorer la qualité de l'eau. De là apparaît la nécessité de création de station de traitement des eaux pour les dispenser aux habitants et fournir une eau de qualité acceptable même issue de sources en surface contaminée[29], Ces stations ont pour objectif, de fournir une eau potable, exempte de microorganismes pathogènes. Des analyses rigoureuses sont effectuées en a station la potabilité de l'eau. Des normes ont été établit par les organismes de santé publique pour assurer la qualité de l'eau. Ces normes sont en rapport avec les paramètres physicochimiques de l'eau.

Au niveau de la région de Guelma, certaines activités industrielles et agricoles sont affectés directement la qualité de l'eau de barrage Bouhamdane et peuvent ainsi être sources de pollution. Il est donc nécessaire d'avoir une meilleure connaissance sur la qualité de ces eaux.

Pour cette raison dans ce travail nous allons étudier la qualité physico-chimique de l'eau de surface de barrage Bouhamdane dans la wilaya de Guelma destinée à la consommation, On va faire une comparaison avec les normes de potabilité Algérienne passant enquit par l'interprétation et la discussion des différents résultats obtenus. Ce travail est focalisé sur le traitement et l'analyse de l'eau, des échantillons ont été prélevés de deux stations afin d'en effectuer les analyses physico-chimiques

Dans un premier temps, suivre et évaluer la qualité globale des eaux :

- la physico-chimie des eaux est évaluée par la mesure de la température, le ph, la conductivité électrique, le résidu sec et les éléments minéraux majeurs (Ca, Na, K, Cl, SO_4^{2-} ...).
- Le degré de pollution organique est estimé par la détermination de paramètres révélateurs :
La matière organique, les matières en suspension, les différentes formes azotées (NH_4 , NO_2 , NO_3^-) et les phosphates ,

Dans un deuxième temps, apprécier l'effet du processus de traitement sur la qualité des eaux de barrage Bouhamdane

Notre investigation se présente en deux grandes parties, un partie théorique et une partie pratique.

La première partie de l'étude est composée de:

- un premier chapitre a été consacré aux généralités sur les eaux, au définition de la pollution des eaux et leur classification.
- Un deuxième chapitre sur les paramètres physiques et chimiques qui caractérisent la qualité de l'eau de surface ainsi aux différentes étapes de traitement.
- Un troisième chapitre, relative à l'étude bibliographique.

La seconde partie de l'étude est axée sur l'expérimentation et elle est présentée en deux chapitres:

- Un quatrième chapitre réservé à la présentation des matériels et des méthodes mis en œuvre dans ce travail.
- Un cinquième chapitre détaille la discussion des résultats obtenus ainsi que leur interprétation, suivie par une conclusion générale qui mettra en lumière les principaux résultats obtenus.

1. Généralité sur l'eau :

De toutes les planètes du système solaire, la terre est la seule à être pourvue d'une hydrosphère, celle-ci recouvre plus de 70% de sa superficie. [1]

Sous la pression des besoins considérables, on est passé de l'emploi des eaux de source et de nappe à une utilisation de plus en plus poussée des eaux de surface. Ce type d'eau constitue une source importante pour la satisfaction des besoins en eau potable.

L'eau potable est une eau qui est apte à être consommée par l'être humain, cette dernière peut être causée par des microorganismes, des substances toxiques, des contaminants biogénétiques (engrais), des matières organiques... etc. [2]

1.1 Définition d'eau :

L'eau définit comme un corps incolore, inodore, insipide, liquide en conditions standards (température et pression ambiante), est une substance chimique très stable et néanmoins très réactif, pouvant dissoudre un certain nombre de corps. [3]

L'eau naturelle filtrée est en générale une solution ou on peut trouver :

- Des sels minéraux,
- Des gaz en solution (O_2 , N_2 , CO_2 etc.)
- Des substances organiques

1.2 La structure de la molécule d'eau

Composé sous sa forme pure de molécules qui associent deux atomes d'hydrogène et un atome d'oxygène sous la forme H_2O , chacun de ces atomes d'hydrogène étant lié à l'oxygène par un doublet d'électrons, formant une liaison covalente. (Figure 01) [4]

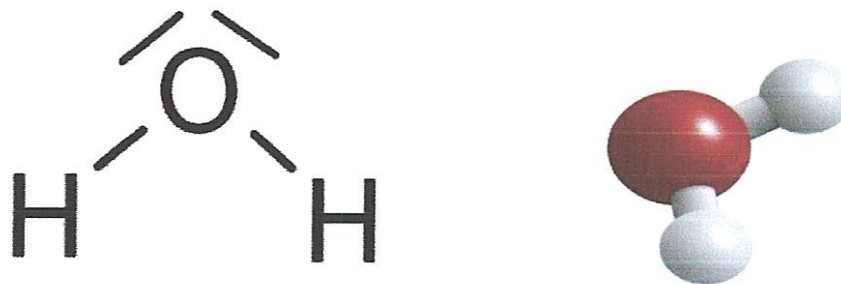


Figure 01: Représentation de Lewis et le schéma d'une molécule d'eau [44]

Ainsi, deux seulement des six électrons de la couche électronique extérieure de l'oxygène forment des liaisons covalentes, les quatre autres étant organisés en doublets d'électrons non liants. [4]

Du fait de la présence de deux doublets non liants sur l'atome d'oxygène, l'eau a une structure tétraédrique. La géométrie de la molécule d'eau est donc coudée. Les études spectroscopiques montrent que l'angle H- \hat{O} -H est de $104,45^\circ$ et que la distance interatomique $d_{O-H} = 95,84 \text{ pm}$ (pico mètre) soit $0,9584 \text{ \AA}$ (figure 02) [4]

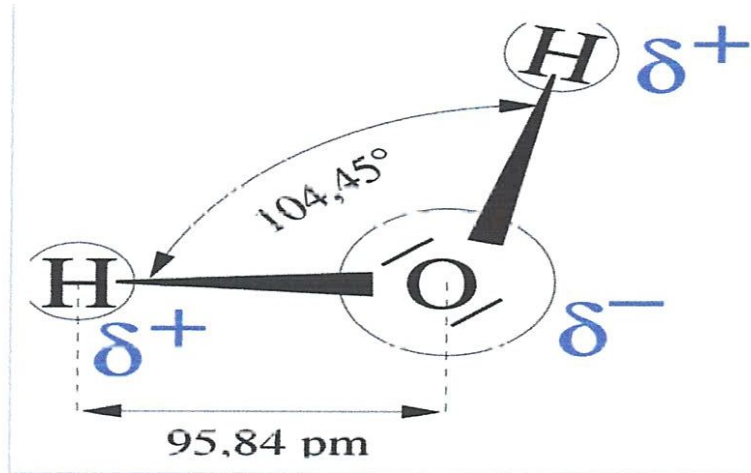


Figure 02 : Géométrie de la molécule de l'eau. [46]

1.3 Cycle de l'eau :

L'eau est partout présente autour de nous et constitue un des éléments fondamentaux de notre planète. Toute cette eau se transforme et circule en permanence dans l'atmosphère, la surface et dans le sous-sol de notre terre : c'est le cycle de l'eau.

• L'évaporation :

L'eau de l'hydrosphère. Chauffée par le rayonnement solaire, s'évapore. Cette eau rejoint alors l'atmosphère sous forme de vapeur d'eau. Cette évaporation dépend du vent, de l'ensoleillement et de la température. [7]

• Les condensations et les précipitations :

Ce phénomène se produit lorsque la température diminue. Ainsi, la vapeur d'eau produite par l'évaporation monte dans l'atmosphère et se condense en gouttes d'eau (état liquide), ce qui entraînera la formation des nuages.

Lorsque les gouttelettes d'eau contenues dans les nuages deviennent trop lourdes, elles retombent sur Terre sous forme de précipitations. Selon la température, ces précipitations tombent sous forme liquide (pluie, bruine) ou sous forme solide (neige, grêle). [47]

• **Les ruissellements et l'infiltration :**

La plus grande partie de l'eau tombe directement dans les océans. Le reste s'infiltré dans le sol pour former des nappes souterraines ou ruisselle pour aller grossir les rivières qui à leur tour, vont alimenter les océans. [8]

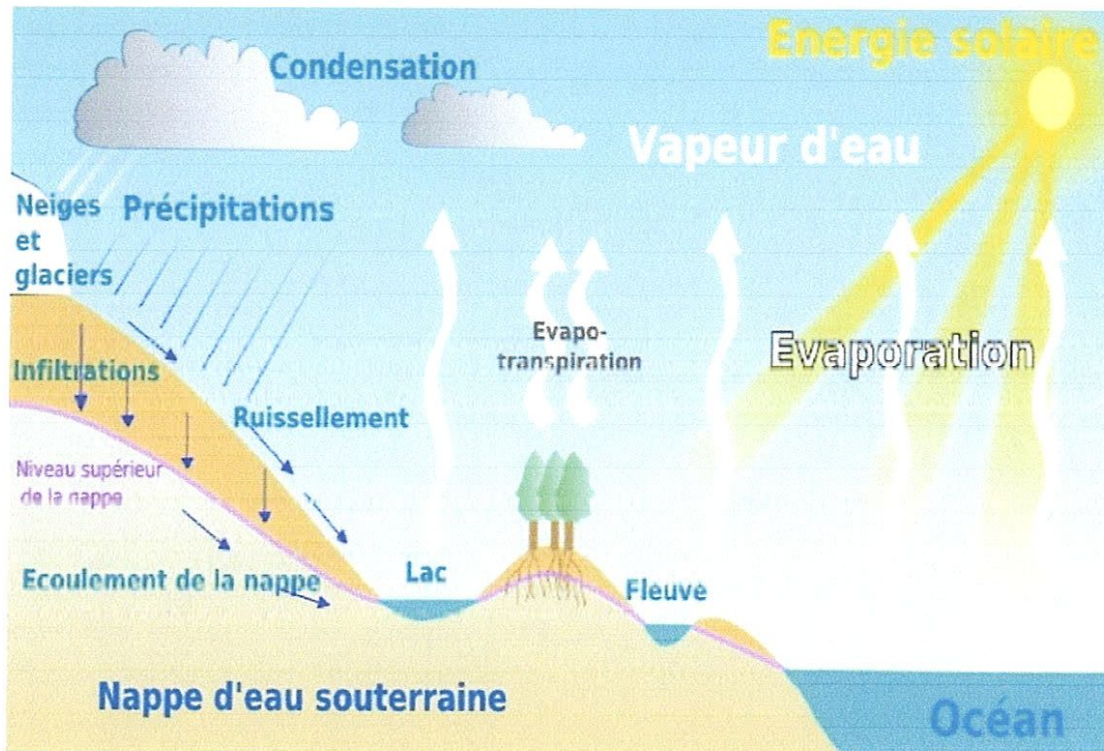


Figure 03 : cycle générale de l'eau.

Les eaux de surface :

Les eaux de surface sont des eaux qui circulent ou qui sont stockées à la surface des continents (rivières, lacs, étangs, barrages,...). Elles ont pour origine, soit des nappes souterraines dont l'émergence constitue une source, soit les eaux de ruissellement [9]. Leur composition chimique dépend de la nature des terrains rencontrés durant leur parcours. [10]

Les cours d'eau, rivières, et Barrages, contiennent moins de 1 % d'eau douce, dont une très petite proportion se trouve temporairement dans les cours d'eau et les rivières. [11]

nécessitent un traitement physico-chimique parfois complexe dans des infrastructures importantes. [7]

Tableau 01 : Caractéristiques comparées des eaux de surfaces et eaux souterraines. [9]

caractéristiques	Eaux de surface	Eaux souterraines
Température	Variable (saisons)	Plutôt constante
Turbidité / MES vraies ou colloïdales	Variable (parfois élevée / crues, rejets de carrières, fortes pluies)	Faible ou nulle sauf en pays karstique et en pays crayeux
Couleur	Dépend essentiellement des MES, des acides humiques, tannins, etc. et des algues	Dépend des acides humiques ou des précipitations Fe - Mn
Goûts et odeurs	Fréquents	Rares sauf H ₂ S
Minéralisation globale / Salinité	Variable (précipitations rejets, nature des terrains traversés, etc.)	Généralement plus élevée que celle mesurée dans les eaux de surface sur le même territoire
Fe et Mn divalent dissous	Normalement absents sauf dystrophisation des eaux profondes	Présents
CO ₂ agressif	Généralement absent	Présent souvent en quantité
O ₂ dissous	Variable (proche de la saturation dans les eaux propres / absent dans les eaux polluées)	Absent
H ₂ S	Absent	Présent
NH ₄	Seulement dans les eaux polluées	Présence souvent sans rapport avec une pollution bactérienne
Nitrates	Variable (normalement absent, parfois en quantité dans les zones d'excédent azoté)	Teneur parfois élevée
Silice	Teneur normalement modérée	Teneur élevée
Micropolluants minéraux et organiques	Surtout présents dans les eaux des régions industrialisées	Absents sauf suite d'une pollution accidentelle
Solvants chlorés	Normalement absents	Présents en cas de pollution de la nappe
Éléments vivants	Virus, bactéries, algues, protistes, etc. / Présence d'organismes pathogènes toujours possible	bactéries sulfato-réductrices et ferrobactéries surtout
Eutrophie	Possible, davantage si les eaux sont chaudes	Jamais

1.5 Les propriétés de l'eau :

L'eau est un des composés chimique les plus remarquables. Elle possède des propriétés physico-chimiques inhabituelles. [1]

1.5.1 Les propriétés physiques : [9]

Les propriétés physiques les plus intéressantes sont les suivantes :

1.5.1.1 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. [8]

1.5.1.2 Masse volumique :

Cette propriété entraîne diverses conséquences, aussi bien dans la nature que dans les stations de traitement. Elle varie avec la température et la pression, mais aussi avec la teneur en sels dissous. L'eau a une masse volumique de 1g/cm³. [8]

1.5.1.3 Viscosité :

La viscosité de l'eau est très variable en fonction de sa composition chimique et de sa température ... [48]

Elle diminue lorsque la température croît (Tableau 2) Par contre, elle augmente avec la teneur en sels dissous (tableau 3). Contrairement aux autres liquides, une pression modérée rend l'eau moins visqueuse aux basses températures.

Tableau 02: viscosité de l'eau en fonction de la température.

T° C	0	10	20	30	35
Viscosité μ en mPa.s	1.797	1.301	1.007	0.800	0.723

Tableau 03 : viscosité de l'eau en fonction de la salinité.

Salinité ion Cl- (g/l)	0	4	8	12	16	20
Viscosité μ à 20°C en mPa.s	1.007	1.021	1.035	1.052	1.068	1.085

1.5.1.4 La conductivité de l'eau :

L'eau est légèrement conductrice. La conductivité de l'eau la plus pure que l'on ait obtenue est de 4,2 micro-siemens par mètre à 20 °C. Elle augmente lorsque des sels sont dissous dans l'eau et elle varie en fonction de la température.

1.5.1.5 Tension superficielle :

Elle est définie comme une force de traction qui exerce à la surface du liquide. La tension superficielle diminue avec l'augmentation de la température, et aussi l'addition de sels dissous augmente généralement la tension superficielle.

1.5.1.6 Impuretés dans l'eau :

Les impuretés présentes dans l'eau constituent deux catégories :

- **Matières en suspension:** matières minérales ou organiques qui restent en suspension du fait de la turbulence de l'eau ou de leur densité trop voisine de celle de l'eau, elles sont sans interférence importante avec l'eau qui les entoure.
- **Matières dissoutes:** elles concernent des composés minéraux (en général plus ou moins ionisés) ou organiques, macromoléculaires ou non, ainsi que des gaz souvent très solubles dans l'eau (ex : CO_2 , SO_2 , NH_3) [9]

1.5.2 Propriétés chimique :

1.5.2.1 L'eau comme solvant :

Le pouvoir solvant de l'eau (molécule dipolaire) provoque l'altération partielle ou complète de divers liens entre les atomes (dissociation) et dans les molécules (ionisation) du corps à dissoudre pour les remplacer par de nouveaux liens avec ses molécules propres (hydratation), et forger de nouvelles structures dispersées.

1.5.2.2 Solubilité des substances chimiques dans l'eau

Cas des gaz :

La polarité des molécules les rend plus solubles dans l'eau en particulier pour CO_2 , H_2S mais aussi NH_3 (L'oxygène étant plus soluble que l'azote). De plus ces molécules polaires se dissocient facilement dans l'eau et réagissent avec des ions H^+ et OH^- .

Cas des liquides :

La molécule d'eau étant polaire, la solubilité d'un liquide dans l'eau dépend de la polarité des molécules du liquide considéré. Par exemple, les molécules qui comprennent des groupes fonctionnels OH (les alcools, les sucres), SH, NH_2 , étant très polaires, sont très solubles dans l'eau alors que d'autres liquides (les hydrocarbures, le tétrachlorure de carbone, les huiles et les graisses...), non polaires, sont très peu solubles.

Cas des solides :

L'eau présente un exceptionnel pouvoir de dissolution des sels minéraux. La solubilité dépend de la température, la dissolution des composés ioniques ou polaires opère par association des molécules d'eau avec les cations via l'atome d'oxygène et avec les anions via l'atome d'hydrogène. La solubilité augmente lorsque le pouvoir polarisant de l'ion Les composés organiques solides polaires ou aptes à être ionisés sont solubles dans l'eau (cas de l'acide citrique) les polymères usuels à longue chaîne non polaire sont insolubles dans l'eau (polyéthylène, PVC, cellulose, polyurée...).

1.5.2.3 Polarité :

L'oxygène étant beaucoup plus électronégatif que l'hydrogène, le doublet d'électrons de chaque liaison O-H se déplace donc vers l'atome d'oxygène. Cela se traduit par un excédent de charges négatives sur l'atome d'oxygène (notation $2\delta^-$) et un déficit sur l'atome d'hydrogène est charge positivement (notation δ^+), [12]

Cette configuration électronique définit une structure polaire pour les molécules d'eau (on dit aussi dipolaire), qui développent par conséquent une attraction mutuelle et tendent à se lier l'une à l'autre. [4]

1.5.2.4 L'auto-ionisation de l'eau :

L'eau liquide pure est très faiblement dissociée en H_3O^+ et OH^- par l'auto ionisation ; par conséquence tout les composés qui augmentent la concentration des ions positives H_3O^+ sont acides et les composés augmentant la concentration des ions négatifs OH^- sont basiques de ce fait l'eau porte en elle la fameuse notion du pH (grandeur sans unité) par la relation [13] :

$$pH = -\log[H_3O^+] = 7$$

1.5.2.5 Oxydoréduction :

Les phénomènes d'oxydoréduction présentent une grande importance dans toutes les technologies de l'eau. L'eau elle-même peut participer, suivant des conditions expérimentales et selon certaines réactions chimiques comme un donneur d'électrons (elle est réductrice) ou un accepteur d'électrons.

1.5.3 Propriétés biologiques de l'eau

L'eau, l'oxygène et le dioxyde de carbone contribuent à créer des conditions favorables au développement des être vivants. Il existe un cycle biologique, cycle au cours duquel s'effectue une série d'échanges ; l'eau entre pour une grande part dans la constitution des êtres vivants. [14]

Tableau 04 : principales constantes physique de l'eau pure [8]

Eau liquide	
- Capacité thermique massique à 15°C	4,1868 J. g ⁻¹
- Enthalpie de vaporisation à 100°C	2252 ,5 J. g ⁻¹
- Conductivité thermique à 20°C	5,98 m W. cm ⁻¹ .K ⁻¹
- Résistivité à 20°C	23,8 MΩ .cm
- Permittivité relative à 20°C	80
- Indice de réfraction pour la raie à 10°C	1,33300
Eau solide	
- Température de fusion	0°C
- Capacité thermique massique	2,0934 J. g ⁻¹
- Enthalpie de fusion sous 760 mmHg	333,27 J. g ⁻¹
- Tension de vapeur à 0°C	877,128 Pa
- Permittivité relative	3,26
- Indice de réfraction pour la raie D	1,30907
- Densité (par rapport à l'eau à 4°C)	0,91649 ± 0,0007
Eau vapeur	
- Conductivité thermique à 100°C	0,231 m W. cm ⁻¹ . k ⁻¹
- Densité par rapport à l'air	0,62337
- Indice de réfraction pour la raie D à 100°C	1,00259

2 Pollution

Les eaux de surface sont de plus en plus polluées. Elles contiennent des millions de tonnes de polluants formés des rejets chimiques et l'industrie, et l'agriculture et les activités quotidiennes. [15]

La pollution de l'eau est actuellement placée en tête des problèmes de l'environnement car l'eau est une interface entre l'air et le sol.

L'activité humaine, qu'elle soit industrielle, urbaine ou agricoles, produit une quantité de substance polluantes de toute nature qui sont à l'origine de différents types de pollution qui peuvent être permanentes. [28]

La pollution participe de ce fait à diminuer les volumes d'eau utilisable par les populations. Elle engendre aussi des maladies et les phénomènes d'eutrophisation dans les réserves d'eau et déséquilibre dans l'environnement naturel. [17]

Les causes des différentes formes de pollution agricole sont : les engrais, les produits phytosanitaires, les déjections animales qui accompagnent les élevages intensifs et les accumulations de métaux (Cu, Zn) provenant des compléments alimentaires des animaux d'élevage et des résidus d'antibiotiques utilisés contre les infections animales ou pour favoriser leur croissance. [22]

2.2.1.3 Pollution naturelle :

Ce type de pollution affecte rarement les ressources en eau, il s'agit des épanchements sous-marins d'hydrocarbures ou encore lorsque l'eau entre en contact avec des gisements minéraux, en déclenchant des réactions de dissolution ou d'érosion, entraînant la libération de concentrations inhabituelles en métaux lourds. [20]

2.2.1.4 Pollution industrielle

C'est la plus importante pollution, sont très variés selon le type d'activité: substances organiques banales, produits organiques de synthèse, hydrocarbures, sels minéraux, métaux lourds...Les pollutions sont exceptionnelles (incident dans un procès) mais encore trop souvent chroniques (fuite de réservoirs, de canalisations...) [23]

2.2.2 Classification selon le type de polluant :

On peut classer la pollution en trois catégories :

2.2.2.1 Pollution physique :

La pollution physique représente les éléments solides entraînés par l'eau. Subdivisent en plusieurs catégories selon leur nature et leur dimension [24] Elle regroupe la pollution mécanique (effluents solides), la pollution thermique (réchauffement de l'eau par des usines) et la pollution nucléaire (retombées de radioéléments issus des explosions d'armes nucléaires, résidus des usines atomiques et accidents nucléaires) [19]

A trois principes agent de pollution sont: la température. Transport de matière solide en suspension, et la radioactivité.

La température (plus la température de l'eau est élevée plus la teneur en oxygène de l'eau est basse.

Transport de matière solide en suspension : elles agissent en augmentant la turbidité de l'eau qui réduit la pénétration de la lumière.

La radioactivité : la radioactivité libérée dans l'eau peut provenir d'une radioactivité naturelle.

2.2.2.2 Pollution chimique :

Elle résulte des rejets chimiques, essentiellement d'origine industrielle. La pollution chimique des eaux est regroupée dans deux catégories : organiques (hydrocarbures, pesticides, détergents, phénols...) et minérales (métaux lourds, cyanure, azote, phosphore...). [22]

2.2.2.3 Pollution biologique :

Ils sont constitués d'organismes libres et des agents pathogènes.

- Les organismes libres :

Parmi les organismes libres présents dans l'eau, ceux qui importent sont : le plancton et les macros invertébrés.

- Les agents pathogènes :

Ils comprennent : Les virus, les bactéries et les parasites. Le plus courants sont liés au péril fécal.

- Les virus :

Les virus sont des agents pathogènes extrêmement petits. Ce sont les plus préoccupants en matière de transmission par l'eau des maladies infectieuses, ils pénètrent dans l'eau par les effluents des égouts ou par contamination direct par les matières fécales. [26]

Conclusion

L'eau est la plus répandue sur terre. Elle qui est un élément indispensable à tout e forme de vie.

D'un point de vue chimique, l'eau, lorsqu'elle est pure, est un liquide inodore, transparent et insipide. D'un point de vue biologique, c'est dans l'eau que la vie est apparue et c'est grâce à elle se maintient. En effet, l'organisme humain peut vivre pendant près d'un mois sans manger mais ne peut survivre que quelques jours sans boire.

L'eau potable est une eau qui est apte à être consommée par l'être humain, cette dernière peut contenir des substances polluantes, c'est pourquoi, elle à besoin d'être protégée, traitée et économisée.

Chapitre 02 :
**La Qualité des eaux
de surface et son
traitement.**

1. Introduction :

Les eaux de surface ne sont pratiquement jamais potables sans aucun traitement du fait de diverses substances d'origine naturelle ou apportées par la pollution. Pour améliorer leur qualité (potabilité), elles nécessitent des traitements appropriés c'est-à-dire leur faire subir des modifications physico-chimiques ou biologiques, dans une chaîne de traitement classique. [9]

Au cours de ce chapitre, nous décrivons donc successivement les principales caractéristiques physico-chimiques des eaux naturelles. La majeure partie de la clarification de l'eau se fait au niveau de l'étape coagulation- floculation, ce qui constitue un traitement fondamental pour une eau destinée à la consommation. De plus le développement des techniques de décantation et de filtration des eaux a permis la réduction de la taille des équipements.

2. Qualité de l'eau :

Une eau de consommation ne doit être ni trouble, ni colorée. La couleur et la turbidité sont des conditions qu'on trouve généralement dans l'eau brute et qui ne peuvent être modifiées que par traitement. Le consommateur exige ainsi que l'eau n'ait ni goût ni odeur pouvant être décelées.

1.1 Les paramètres physiques :

1.1.1 La température :

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz (notamment celle de l'oxygène) et sur la densité et la viscosité ..., de même que sur les réactions chimiques et biochimiques

Une température élevée favorise la croissance des micro-organismes, peut accentuer le goût, l'odeur et la couleur. [30] Par contre une température inférieure à 10 °C ralentit les réactions chimiques dans les différents traitements des eaux. [28]

1.1.2 pH :

Le pH indique l'acidité de l'eau c'est-à-dire de la concentration en ions H^+ , l'eau naturelle pure est neutre. Le pH d'une eau montre son acidité ou alcalinité.

Le pH d'une eau naturelle varie en fonction de la nature acide ou basique des terrains traversés. [31] Un pH inférieur à 7 peut conduire à la corrosion du ciment ou des métaux des canalisations, avec entrainement des éléments indésirables comme le plomb et le cuivre. Au dessus de pH 8, il y a une diminution progressive de l'efficacité de la décontamination bactérienne par le chlore. Par ailleurs la chloration diminue le pH. [29]

Le pH influence la plupart des processus chimiques et biologiques. Le pH peut être aussi influencé par d'autres facteurs tels que les conditions climatiques. Ainsi, la température élevée

conduit indirectement à la formation des carbonates sous l'effet de la photosynthèse qui provoque une élévation de pH.

Tableau 05: classification des eaux d'après le pH (23)

pH < 5	Acidité élevée, présence d'acides minéraux ou organiques dans les eaux naturelles
pH = 7	pH neutre
7 < pH < 8	Neutralité approchée, majorité des eaux de surface
5.5 < pH < 8	Majorité des eaux souterraines
pH = 8	Alcalinité forte, évaporation intense

2.1.3. Conductivité électrique :

La conductivité électrique est une expression numérique de la capacité d'une solution à conduire le courant électrique. [31] l'eau pure est un isolant. Toutefois, l'eau qui contient des ions est conductrice d'électricité. Ce sont ces ions qui augmentent la conductivité de l'eau. [33] La conductivité s'exprime en ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Elle est également en fonction de la température de l'eau, et proportionnelle à la minéralisation.

Tableau 06 : classification des eaux selon la conductivité. [28]

Type d'eaux	Conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
Minéralisation très faible	< 100
Minéralisation faible	100 à 200
minéralisation moyenne	200 à 333
Minéralisation moyennement accentuée	333 à 666
Minéralisation importante	666 à 1000
Minéralisation élevée	> 1000

2.1.4. Turbidité :

La turbidité traduit la présence de matières étrangères en suspension dans l'eau argiles, limons... etc. et éveille la méfiance du consommateur. [16]

Il est recommandé d'effectuer la mesure de la turbidité aussi rapidement que possible après prélèvement ; sinon l'échantillon doit être conservé à l'obscurité pour une durée maximale de 24 h, toute conservation prolongée peut provoquer des modifications irréversibles de la turbidité. La turbidité se mesure en unité néphelométrique

Tableau 07 : classification de turbidité (NTU, nephelometric)

NTU < 5	Eau claire
5 < NTU < 30	Eau légèrement trouble
NTU > 50	Eau trouble La plupart des eaux de surface atteignent ce niveau de turbidité

1.1.1 Résidu sec :

La détermination du résidu sec sur l'eau non filtrée permet d'évaluer la teneur en matières dissoutes et en suspension, non volatiles, obtenues après une évaporation d'eau. Une eau dont la teneur en résidu sec est extrêmement faible peut être inacceptable à la consommation en raison de son goût plat et insipide. [28]

Tableau 08 : la potabilité en fonction des résidus secs. [28]

Résidu sec	Potabilité
RS < 500	Bonne
500 < RS < 1000	Passable
3000 < RS < 4000	Mauvaise

1.2 Les paramètres chimiques :

1.2.1 La Salinité:

La salinité traduit le caractère salin de l'eau. L'excès de teneur en sel est l'un des soucis principaux avec l'eau utilisée pour l'irrigation. Une concentration élevée en sel dans l'eau ou dans les sols affectera négativement le rendement des récoltes, provoquera une dégradation des sols et une pollution des eaux souterraines. [19]

Les solides totaux dissous (TDS) :

Les solides totaux dissous traduisent l'ensemble de solides dissous dans une eau. La mesure de tous ces paramètres a été faite à l'aide du TDS /conductimètre.[19]

Tableau 09 : classification des risques selon TDS.

Risque	TDS (mg/L)
Nul	< 500
Légers	500 à 1000
Modéré	1000 à 2000
Sévère	>2000

La dureté :

La dureté ou titre hydrotimétrique correspond essentiellement à la présence de sels de calcium et de magnésium. Elle est directement liée à la nature des terrains traversés. Ils proviennent des roches calcaires ou dolomitiques.

Dans une eau naturelle, on peut distinguer différents types de dureté:

- **dureté totale** : la somme des concentrations en calcium et magnésium (Ca^{2+} et Mg^{2+}).

$$\text{Le } TH_{\text{totale}} = T_{\text{Ca}^{2+}} \text{ (titre calcique)} + T_{\text{Mg}^{2+}} \text{ (titre magnésien)}$$

- **dureté calcique** : la concentration globale en calcium.

- **dureté magnésienne** : La concentration globale en magnésium. Les ions calcium et les ions magnésium sont positifs, donc dans l'eau, ils peuvent se lier à d'autres ions négatifs ; de ce fait on peut diviser la dureté en deux catégories :

- **dureté permanente ou non carbonatée** :

Dureté qui persiste après ébullition de l'eau et qui correspond uniquement aux sels de calcium et de magnésium solubles à chaud, sous forme de chlorures et de sulfates, car les hydrogénocarbonates sont décomposés et précipitent sous forme de carbonate de calcium.

- **dureté carbonatée ou temporaire** :

Dureté qui correspond aux sels de calcium sous forme d'hydrogénocarbonates, et qui est la différence entre la dureté totale et la dureté permanente. [32]

La pollution peut aussi, dans une certaine mesure augmenter la dureté de l'eau ; c'est le cas dans certaines régions où le chlorure de calcium CaCl_2 est utilisé massivement pour faire fondre la neige. La dureté calcique et la dureté magnésienne peuvent s'exprimer en mg/l de Calcium et en mg/l de Magnésium.

Ces diverses teneurs ne peuvent évidemment pas être additionnées et pour calculer la dureté totale, on doit exprimer la concentration de chaque ion participant dans une unité commune.

La dureté s'exprime généralement en degré Français ou en milliéquivalents/L :

$$1^{\circ}\text{F}=5\text{meq/L}$$

$$1^{\circ}\text{F}= 4\text{mg/L de Ca ou } 2.43\text{mg/l de Mg ou } 10\text{mg/ l de CaCO}_3.$$

La mesure du duret é se fait par une réaction de complexation entre les ions Ca^{2+} et Mg^{2+} et une substance d'acide éthylène diamine tétracétique (EDTA) en présence d'un indicateur coloré (noir Eriochrome T) [29]

Tableau 10 : classification de l'eau selon la dureté totale. [7]

TH en degrés français (F°)	Spécificité de l'eau
0 – 6	Eau très douce
6 – 15	Eau douce
15 – 30	Eau moyennement dure
30 à plus	Eau très durc

Titre Alcalimétrique (TA et TAC) :

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

Autrement dit, on est amené à considérer deux types d'alcalinité qui correspondent, encore une fois à deux bornes de pH :

- alcalinité au virage du rouge de méthyle :

Elle correspond à l'alcalinité totale au pH de 4.5, ce qui revient à déterminer les ions HCO_3^- , CO_3^{-2} et OH^- . Cette alcalinité se nomme également titre alcalimétrique complet TAC.

- alcalinité au point de virage de la phénophtaléine (alcalinité composite) :

Elle correspond à l'alcalinité entraînée par les ions OH^- et à la moitié des ions CO_3^{-2} . Cette alcalinité composite est nulle pour une eau dont le pH est inférieur ou égal à 8.3. L'alcalinité composite se nomme également titre alcalimétrique (TA).

Les matières en suspension :

Elles représentent les matières qui ne sont ni à l'état colloïdal, donc retenues par un filtre. Les matières en suspension, qui comporte des matières organiques et minérales, constituent un paramètre important qui marque bien le degré de pollution de l'eau.

La présence des matières en suspension augmente la turbidité de l'eau et diminue sa transparence. [27]

Une eau potable ne doit pas contenir de matière en suspension décantables. Pour une eau qui contient des suspensions à des tenures de quelques milligrammes par litre, ne pose pas de problèmes majeurs. [9]

2.2.6 Les matières organiques :

Les matières organiques sont présentes dans l'eau sous forme particulaire elles sont principalement composée de carbone, auxquels sont associés des atomes d'hydrogène, d'oxygène ou d'azote. [36] elles représentent plusieurs familles de composés parmi lesquelles on peut citer les acides humiques, les acides carboxyliques et les acides hydrates de carbone.

Elles sont caractérisables globalement par l'oxydabilité au permanganate ou le carbone organique total

On distingue deux origines de ces matières : les matières organiques acides d'origines animales et les matières organiques basiques d'origines végétales

Elles constituent une source nutritive essentielle pour la prolifération bactérienne. Ces matières réagissent avec le chlore et affectent le goût et l'odeur. [7]

2.2.7 Le calcium :

C'est la composante majeure de la dureté de l'eau, très répandu dans la nature. [27] Le calcium est libéré généralement par l'altération des roches, il provient des aluminosilicates, des silicates, des carbonates (calcite et calcite magnésienne) et les sulfates.

Le calcium ne peut en aucun cas poser des problèmes de potabilité, le seul inconvénient domestique lié à une dureté élevée est l'entartrage. Par contre, les eaux douces peuvent entraîner des problèmes de corrosion des canalisations. [7]

2.2.8 Le magnésium :

Il constitue l'élément significatif de la dureté de l'eau avec l'ion calcium. Le magnésium en excès donne une saveur amère à l'eau, [27] jouant un rôle important dans la respiration, leurs origines sont naturelles la dissolution des roches magnésites basaltes et argiles ou industrielle (industrie de la potasse de cellulose, brasserie). [34]

Le Magnésium contribue au bon fonctionnement du système nerveux et la contraction musculaire. Il est indispensable pour la croissance et pour la production de certaines hormones. [27]

2.2.9. Le chlorures :

Les teneurs en chlorures (Cl-) des eaux extrêmement variées sont liées principalement à la nature des terrains traversés. Puisque tous les sels du chlore sont très solubles dans l'eau, le chlore est fréquent dans les réserves d'eau douce.

Le gros inconvénient des chlorures est la saveur désagréable qu'ils confèrent à l'eau à partir de 250 mg/L surtout lorsqu'il s'agit de chlorure de sodium. [28]

2.2.10. Les Bicarbonates (HCO_3^-) :

L'ion Bicarbonate est le principal constituant alcalin de la plupart des eaux courantes. Sa présence dans l'eau est due à l'action des bactéries qui fournissent du CO_2 à partir des minéraux contenant des carbonates. [28]

Plus la teneur en CO_2 dissout augmente, plus la concentration de l'ion CO_3^{2-} diminue, ce qui a pour résultat de faire disparaître les carbonates et la formation des bicarbonates. [29]

Les ions carbonate et bicarbonate combinés au calcium ou au magnésium précipiteront sous forme de carbonate de calcium CaCO_3 ou carbonate de magnésium MgCO_3 dans des conditions de sécheresse.

2.2.11. Sulfate :

Le sulfate (SO_4^{2-}) qui se dissout dans l'eau provient de certains minéraux en particulier du gypse, où apparaît à partir de l'oxydation de minéraux sulfureux.

La présence de sulfates dans l'eau de boisson peut aussi lui communiquer un goût perceptible et contribuer à la corrosion du réseau de distribution. [34]

2.2.12. Substance eutrophisantes :

Les composés comme les phosphates et les nitrates constituent des matières nutritives de choix pour les végétaux. Les concentrations en nitrites (NO_2^-), nitrates (NO_3^-), ammoniac (NH_3) et ammonium (NH_4^+), phosphates (PO_4^{3-}), sont dès lors des paramètres importants pour le suivi de la qualité des eaux de surface. [31]

2.2.12.1. Ammonium :

Dans l'eau, L'azote réduit soluble se retrouve sous deux formes; l'ion ammonium (NH_4^+) et la seconde non dissociée communément appelée ammoniaque (NH_3). [37]

En ce qui concerne la toxicité de l'ammoniaque, il est reconnu que ce n'est pas la forme ammoniaque ionisée qui est toxique, mais celle non ionisée dont la proportion dépend du pH et de la température. [29]

2.2.12.2. Phosphate :

Les phosphates (PO_4^{3-}) sont généralement responsables de l'accélération du phénomène eutrophisation dans les lacs ou les rivières. S'ils dépassent les normes, ceux-ci sont considérés comme indice de contamination fécale entraînant une prolifération des germes, goût et coloration. [28]

Leur présence dans les eaux naturelles est liée à la nature des terrains traversés et à la décomposition de la matière organique. Les eaux de surface peuvent souvent être contaminées par des rejets domestiques, agricoles ou industriels.

2.2.12.3 Nitrates et Nitrites

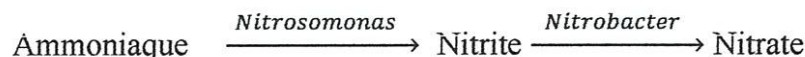
Les nitrites (NO_2^-) et nitrates (NO_3^-) sont des ions présents de façon naturelle dans l'environnement.

Ils sont extrêmement solubles; ils pénètrent le sol et les eaux souterraines où se déversent dans les cours d'eau par ruissellement. Ils constituent une des causes majeures de la dégradation des eaux à long terme. [7]

Les eaux naturelles non polluées contiennent généralement peu de nitrates. Les nitrates présents dans l'eau peuvent provenir de sources soit indirectes soit directes.

Les nitrites sont formés par dégradation de la matière azotée mais ils sont rapidement transformés en nitrates dans les sources d'eau potable.

L'ammonium (NH_4^+) qui est oxydé en nitrites puis en nitrates sous l'action de bactéries nitrifiantes. Ces processus d'oxydation, également appelés « nitrification », sont très sensibles à la présence de matières toxiques et aux températures basses. [31]



3 Traitement de l'eau :

Les eaux de surface sont soumises aux influences naturelles et anthropogènes les plus diverses. C'est pourquoi les eaux de surface contiennent des composants dissous et non dissous extrêmement variés. Etant donné que, la plupart du temps, plusieurs composants différents se combinent entre eux, il est nécessaire, en général, d'avoir des procédés de traitement à plusieurs niveaux (systèmes multi-barrières) pour obtenir de l'eau potable de qualité parfaite ou pour pouvoir utiliser sans problème l'eau ainsi traitée pour diverses applications. [Site 6]

3.1 Description de la station de Hammam Debagh:

La station de traitement des eaux potables de Guelma est une usine de traitement des eaux, de capacité de 500 L/s. Le traitement se fait par des étapes bien définies qui forment le procédé de traitement qui a été mis au point selon la qualité physico-chimique et bactériologiques de l'eau brute du barrage.

Ce procédé se compose d'une pré-chloration succédée par l'étape de coagulation-floculation puis la décantation et en fin la filtration.

Chacune de ces étapes comprend des techniques spécifiques pour améliorer la qualité de l'eau dans le processus de traitement.

3.2 Les différentes étapes de traitement :

Le schéma classique d'une station de potabilisation d'une eau de surface est généralement comporte cinq grandes étapes. (Figure.04)

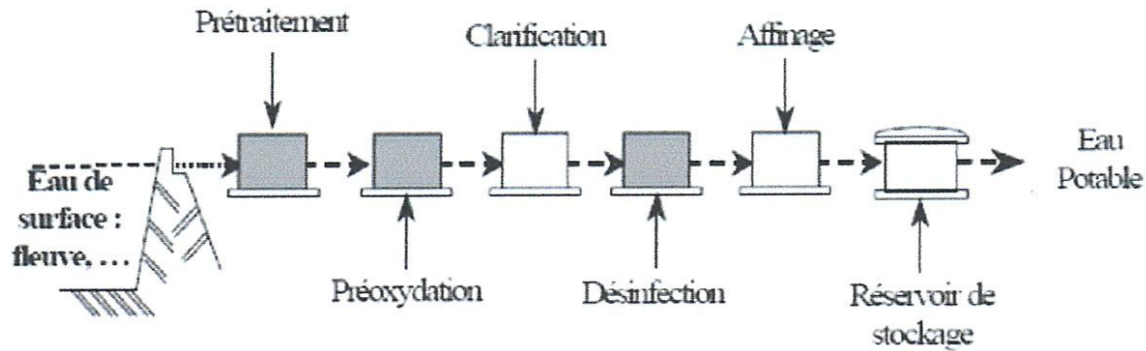


Figure 04 : Le schéma d'une station de traitement d'une eau de surface.

1.1.1 Prétraitement :

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

- a) **Le dégrillage** : Premier poste de traitement, permet de protéger les ouvrages avals de l'arrivée de gros objets susceptibles de provoquer des bouchages dans les différentes unités de traitement [9].
- b) **Le dessablage** : Permet d'éliminer le gravier, le sable de telle sorte à éviter des dépôts dans les canalisations, tes réservoirs et permet également de protéger les équipements de pompage. [38]
- c) **Le débourbage** : C'est une opération nécessaire lorsque la concentration en MES est supérieure à 2 g/l et consiste en la décantation des sables les plus fines. [38]
- d) **Le tamisage** : Permet d'éliminer des objets plus fins que ceux éliminés par le dégrillage. Il s'agit de feuilles ou de morceaux de plastique par exemple [9].
- e) **L'aération** : Elle élimine les gaz excédentaires (H_2S , CO_2) provoque l'oxydation du fer et enrichit l'eau en oxygène. [38]

3.2.2 Pré-oxydation :

A l'entrée de l'eau brute dans le processus de traitement, la première opération qu'elle subit est la pré-oxydation (ou pré-chloration). L'oxydation porte sur l'élimination de l'azote ammoniacal, l'élimination de fer et de manganèse, l'élimination de la couleur, l'amélioration de l'opération clarification.

Les différents oxydants les plus utilisés sont le chlore et ses dérivés et l'ozone, [36] dans la station de Hammam Bouhamdane la pré-chloration elle se fait par l'hypochlorite de sodium (l'eau de javel) qui est un oxydant. [38]



Figure 05 : l'étape de pré-oxydation de l'eau brute.

3.2.3 Clarification :

3.2.3.1 La coagulation-floculation-:

La coagulation est l'une des opérations les plus importantes dans le traitement des eaux de surface (figure 06). Cette étape a une grande influence sur les opérations de décantation et de filtration.

Le choix du coagulant et la dose ont une influence sur la qualité de l'eau, le coût d'exploitation, et les opérations ultérieures. Il existe deux principaux types de coagulants:

- Les sels de fer (chlorure ferrique).
- Les sels d'aluminium (sulfate d'aluminium). [39]

La floculation est le phénomène de formation de flocons de taille plus importante (Figure 07). On utilise, pour se faire, des flocculants ou adjuvants de floculation.

Les flocculants ou adjuvants de floculation sont, dans leur grande majorité, des polymères de poids moléculaire très élevé. Ils peuvent être de nature minérale, organique naturelle ou organique de synthèse. [41]

La coagulation dans la station de hammam Bouhamdane se fait par le sulfate d'alumine dans un bassin d'agitation rapide suivi par la floculation qui se fait par un flocculant qui est le poly-électrolyte.

Cette étape se fait dans un bassin à agitation lent, et le temps entre la coagulation et la floculation est de 20 min c'est le temps nécessaire pour la formation des flocons. [38]

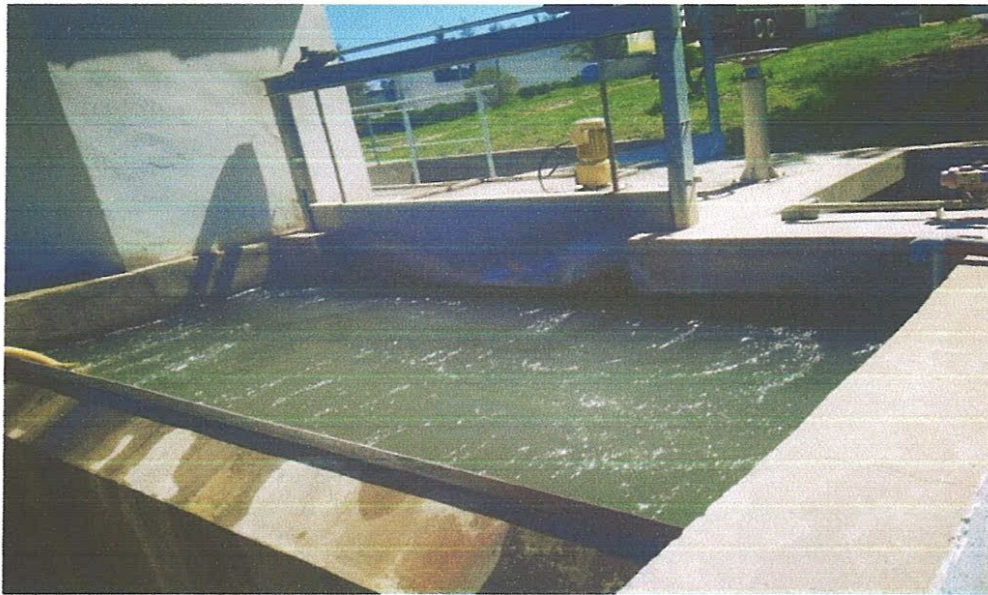


Figure 06 : l'étape de coagulation de l'eau brute.



Figure 07 : l'étape de floculation de l'eau brute.

Le dosage des produits chimiques (sulfate d'alumine et poly-électrolyte) se fait dans le laboratoire par technique du jarre-test pour mieux optimiser l'utilisation des ces produits et avoir une bonne floculation selon la turbidité de l'eau brute. [38]

3.2.3.2 Décantation :

C'est la phase de séparation gravitaire des matières insolubles dans l'eau. Elle vise à éliminer les issues de la coagulation floculation (rassemblés sous forme de floc après une étape de coagulation floculation). [27]

Elle se fait dans un décanteur à ciel ouvert pendant 2 heures qui est le temps nécessaire pour permettre au floc de décanter. [38]



Figure 08 : l'étape de décantation de l'eau brute.

3.2.3.3 Filtration :

La filtration est un procédé permettant la séparation solide-liquide au travers d'un support poreux (tel : le sable). L'objectif recherché par la filtration est tout d'abord celui d'améliorer la qualité de l'eau décantée essentiellement du point de vue de la turbidité (obtention de turbidité $< 2\text{NTU}$) mais aussi celui de l'utilisation du lit de sable comme support biologique aux bactéries nitrifiantes pour l'élimination de l'azote ammoniacal non éliminé à l'oxydation Dans la pratique. [38]



Figure 9 : l'étape de filtration de l'eau brute.

3.2.4 La désinfection :

Le but de la désinfection est d'éliminer tous micro-organismes pathogènes présents dans l'eau et maintenir le chlore résiduel dans les conduites afin d'empêcher le développement de maladies hydriques.

Divers agents désinfectants peuvent être utilisés tels que le chlore et ses dérivés, l'ozone, les rayons ultra-violetts. Mais le chlore est l'agent le plus utilisé comme désinfectant final, avant refoulement de l'eau dans le réseau ; il permet d'achever la désinfection de l'eau et de protéger le réseau contre les développements bactériens vu son effet rémanent. [41]

3.2.5 Affinage

L'objectif de cette opération est d'éliminer les matières minérales et organiques dissoutes dans l'eau et améliorer sa qualité organoleptique (26).

On procède à l'affinage pour éliminer les micropolluants qui existent déjà dans l'eau ou qui se sont formés au cours du traitement et qui n'ont pas été totalement abattus par la coagulation-floculation. Cet affinage est réalisé par le phénomène d'adsorption, généralement sur du charbon actif. Celui-ci est mis en œuvre soit en poudre au cours de la floculation et sera par la suite évacué avec la boue, soit sous forme de grains, habituellement utilisé après filtration sur sable (25)

3.2.6 Le stockage de l'eau :

Une rendue potable. L'eau est envoyée dans des réservoirs, ou elle est stockée avant d'être acheminée par un réseau de canalisations souterraines dans les habitations. [38]

Un réservoir de Stockage d'une capacité de 3000 m³ a été créé sur le lieu de traitement en forme de bache d'entrée, une réserve qui permet de gérer les pointes de consommation en différents points du réseau.



Figure 10 : l'étape de stockage de l'eau traitée.

4 Conclusion :

Au vu de ce chapitre, nous pouvons conclure de toute eau brute ne peut pas être utilisée pour produire de l'eau potable. Des catégories sont définies, pour s'assurer que la matière première de l'eau potable est de qualité suffisante. Différentes étapes de traitement sont alors agencées en filières de potabilisation (prétraitement, clarification, désinfection)

Chapitre 03:
Étude
bibliographique

Dans ce chapitre nous allons présenter quelques travaux nationales et internationales sur les domaines de l'analyse des eaux de surfaces, des eaux souterraines, le traitement des eaux usées et étude de la qualité des eaux potables ainsi la pollution des eaux.

1. J.CI, L'Hopitault. A, Philippo. J, Pommery. P, Thomas et F, Erb, 2010.

Evolution d'une eau de surface au cours des traitements de potabilisation. Comportement des espèces métalliques au contact des matières humiques. EDP SCIENCE. Vol 12, N° 1, 1981.

Une eau naturelle a subi différents traitements de potabilisation : préozonation, floculation, post-ozonation, filtration sur charbon actif. A chaque étape, les eaux traitées ont été fractionnées par ultrafiltration. Dans chaque fraction, les matières organiques ont été appréciées par les mesures de l'oxydabilité, du C.O.T., de l'absorption dans l'ultra-violet, de la fluorescence et des matières humiques. Les métaux ont été dosés globalement par absorption atomique et spécifiés par polarographie pour séparer les différentes formes métalliques.

L'étude montre que si les métaux particuliers ou complexés à des matières organiques de masse moléculaire élevée sont bien éliminés par floculation, les métaux liés aux minéraux sous forme de complexes inorganiques ou liés aux matières organiques de faible masse moléculaire ou ionisés sont peu éliminés. Ceci laisse subsister un résidu notable de métaux traces après les divers traitements de potabilisation.

2. M. Jarret, C. Cavalier, C. Ducauze, 1986.

Caractérisation de la matière organique dissoute présente dans les eaux en cours d'affinage: Influence des traitements appliqués et du climat, Science Direct. Vol 20, N°12.

La matière organique dissoute qui se trouve dans des eaux filtrées sur sable, éventuellement ozonées, puis filtrées sur CAG est fractionnée par ultrafiltration en 5 classes de tailles moléculaires différentes. Sur chacune de ces classes on mesure la teneur en carbone organique dissous (COD), l'oxydabilité au KMnO_4 et les absorbances u.v. à 240, 254, 280 et 300 nm.

Ces paramètres physico-chimiques, déterminés sur 14 séries de prélèvements, répartis sur un cycle biologique, sont ensuite soumis à une analyse statistique. Au moyen d'une analyse en composantes principales, on montre que la qualité des eaux alimentant les filtres à CAG est surtout liée (47% de la variation observée) au taux d'ozonation et à la température. Les eaux filtrées sur sable ou moyennement ozonées peuvent être caractérisées par 3 classes de composés de $\text{PM} < 5000$, celles fortement ozonées par seulement 2 classes de $\text{PM} < 1000$. L'ozonation abaisse aussi les absorbances u.v. et l'oxydabilité. Il note enfin l'existence de variations saisonnières.

La qualité des eaux filtrées sur CAG dépend pour 19% de la température, les effets de l'ozonation étant en partie estompés. Cette filtration élimine 17% du COD, diminue les absorbances u.v. et l'oxydabilité. La classe $1000 < \text{PM} < 5000$ est peu affectée mais l'élimination des fractions 300–1000 et 5000–10000, liée à la température, semble essentiellement due à des phénomènes biologiques.

3. Yves, Richard. Jean-Luc, Bersillon et Jean-Claude, Cournarie, 2010.

Les métaux lourds dans le traitement des eaux potables. EDP SCIENCE. Vol10, N°3,1979, p.178.

Près un point rapide sur les travaux récents concernant les métaux lourds et leur élimination dans les filières de traitement des eaux potables, deux exemples sont exposés:

- la Seine en aval de Paris,
- la Loire lors d'une crue.

Il ressort de ces exemples que les procédés de clarification habituels (coagulation - floculation - décantation et filtration) prennent à eux seuls une grande partie des métaux lourds présents dans les eaux brutes.

Les traitements complémentaires, notamment la filtration, sur charbon actif en grains éliminent eux aussi une partie de ces micropolluants.

Les rendements d'élimination des micropolluants minéraux sont donc, dans l'état actuel de la technologie, déjà très appréciables. Mais ils pensent pouvoir encore les améliorer.

4. J. Barbier, 2013.

Les apports en azote dans l'eau des sources : Les conséquences sur les anions.EDP SCIENC. Vol 45,

Les concentrations naturelles en nitrates dans les eaux souterraines de France, ont été déterminées. Pour ce faire, ont été sélectionnées dans la base de données ADES [ades.eaufrance.fr] les eaux des sources dont le bassin versant est entièrement en milieu peu affecté par des influences anthropiques : forêts, landes, alpages. Les valeurs médianes montrent une vague relation avec l'altitude des sources : au-delà de 1500 m les nitrates sont à 2 mg.L^{-1} ; à plus basse altitude, 500 m ou moins, elles sont de l'ordre de 3 mg.L^{-1} environ. Lorsque les concentrations en nitrates excèdent ces valeurs, certains anions montrent eux aussi une différence par rapport à leurs valeurs « naturelles » ; la tendance n'est cependant pas toujours la même. Ainsi lors de chroniques de mesures sur plusieurs années, les sulfates montrent parfois une augmentation, lorsque les nitrates diminuent : cela s'observe surtout lorsque le milieu géologique est à même de fournir du soufre aux eaux souterraines, par exemple dans des milieux de schistes. Au contraire les chlorures, montrent toujours une relation positive avec les nitrates ; c'est aussi vrai pour une diminution, que pour une augmentation. Il ne peut s'agir avant tout, d'apports conjoints de sulfates ou chlorures, aux nitrates: le cas des sulfates, qui peuvent varier en sens inverse de ces nitrates, en est un exemple évident. Celui des chlorures est moins net : leur variation est souvent proportionnelle à celle des nitrates, dans la diminution comme dans l'augmentation.

Toutefois, les calculs d'extrapolation vers des valeurs « naturelles » en nitrates, comme ceux qui résulteraient de lois de mélange ou de dilution (relations linéaires), conduisent à des résultats aberrants pour les chlorures. Des calculs fondés sur des relations non linéaires, exponentielles par exemple, fournissent de meilleures estimations : ceci implique la prise en

compte des phases solides, pour l'évolution des concentrations en anions ; en d'autres termes, il s'agirait de chimie de milieux hétérogènes. Les données bibliographiques issues du monde de l'agronomie et du traitement de l'eau, vont dans ce sens. Elles montrent des relations de compétition entre anions (chlorures, nitrates, sulfates) dans les sols et/ou lors du traitement.

Les nitrates en particulier seraient sorbés sur certaines particules du sol, avec une attraction particulière sur les ions trivalents Fe^{3+} et Al^{3+} . Il en résulterait un effet-retard de la migration de ces nitrates vers les eaux souterraines, donc une sorte d'hystérésis.

5. Philippe.NÉGREL, 2008.

Isotopes en analyse chimique pour la gestion de l'eau. Technique d'ingénieur en ligne, Réf : P4215 v1.

Le cycle hydrologique est la série de transformations qui se produit au sein de la circulation de l'eau. L'ensemble de ces transformations sont de plus en plus renseignées par la géochimie et tout particulièrement par l'application des traçages isotopiques. Ces analyses permettent de définir pour chacun des systèmes étudiés, l'origine naturelle ou anthropique des éléments chimiques, leurs comportements, leur transport dans des compartiments différents (par exemple, forme dissoute et/ou particulaire pour les fleuves), les schémas de circulation des eaux et fluides profonds et les interactions entre les eaux et les différents types de roches encaissantes. Cet article s'appuie sur des études et des publications scientifiques réalisées par l'auteur et les géochimistes isotopistes du Bureau de recherches géologiques et minières BRGM.

6. Marc ELSKENS, 2010.

Analyse des eaux résiduaires- Mesure de la pollution. Technique d'ingénieur en ligne, Réf : P4200 v2.

Sans même parler de la quantité des ressources en eau, l'évolution de la qualité de l'eau est grandement préoccupante ; les activités humaines non seulement produisent de plus en plus d'eaux usées, mais en nécessitent une consommation de plus en plus importante. Cet article expose tout d'abord les différentes causes et origines de la pollution aqueuse. Est ensuite présenté le cadre réglementaire qui régit les rejets d'effluents urbains et industriels. Un tour d'horizon des méthodes d'analyse disponibles pour connaître, mesurer et évaluer la pollution des eaux résiduaires est ensuite proposé, jusqu'à l'évocation de leurs limites.

7. Mustapha BESBES, Jamel CHAHED, Hedi SHAYEB, Abdelkader HAMDANE, 2013.

L'eau en Tunisie, Technique d'ingénieur en ligne, Réf : W3005 v1.

Dans un contexte de rareté de la ressource en eau, la mise en valeur de la Tunisie s'appuie sur une importante infrastructure hydraulique composée de barrages, puits et forages, conduites et canaux de transfert, qui mobilisent plus de 80 % des ressources en eau, avec pour conséquence des risques d'apparition de conflits entre les différents secteurs d'usage en perspective. La sécurité hydrique et alimentaire du pays repose désormais sur l'amélioration des performances de l'irrigation et de l'agriculture pluviale, l'optimisation des flux d'eau virtuelle, le développement des ressources alternatives, la rénovation des instruments législatifs et institutionnels, et une forte émancipation cognitive de toute la société.

8. Catalan. 2008.

Élimination des amibes libres par les procédés de traitement de l'eau potable. EDD SCIENCES. Vol 39.N)1, 2008 ,P.50.

La présence d'amibes libres a été décrite dans de nombreux systèmes d'eau artificiels, dont les réseaux de distribution d'eau potable. Certaines de ces amibes peuvent héberger des bactéries, et se comporter ainsi potentiellement comme des réservoirs ou des voies de transmission pour un certain nombre de pathogènes. Les objectifs de cette étude étaient de quantifier les amibes libres présentes dans différentes ressources utilisées pour la production d'eau potable, et d'évaluer l'efficacité de différents traitements appliqués en production et distribution d'eau potable, vis-à-vis de ces amibes. Des campagnes d'échantillonnage ont été réalisées en Europe sur différentes eaux brutes utilisées pour la production d'eau potable, ainsi qu'à différentes étapes du traitement. Des essais de traitement ont également été réalisés en laboratoire et à l'échelle pilote. Les résultats de cette étude confirment la présence d'amibes libres dans les eaux de surface utilisées pour la production d'eau potable.

En raison de leur capacité à s'enkyster, la plupart de ces amibes sont extrêmement résistantes aux traitements de désinfection. Le danger particulier lié à ces microorganismes doit être pris en compte dans la gestion des installations de production et distribution d'eau potable, et des moyens de maîtrise adaptés, basés sur une élimination physique plutôt que sur des procédés de désinfection, doivent être mis en place si nécessaire.

9. Moussa Djaouda, Moïse.Nola, Serge H. Zébazé Togouet, Mireille E. Nougang, Michel Djah et Thomas Njiné.2010.

Modifications des propriétés d'abondance bactériennes des eaux souterraines en réponse à une longue durée de stockage dans les récipients à domicile à Yaoundé (Cameroun).EDP SCIENCES.vol 41,N°2,2010.

concentration maximale admissible (CMA) préconisée par l'OMS ($[\text{SO}_4^{2-}] > 250 \text{ mg/L}$). Par ailleurs, 57,5 % présentent un excès en fluorures $[\text{F}^-] > 1,5 \text{ mg/L}$ et 65 % sont calciques, le taux de Ca^{2+} étant supérieur à 150 mg/L.

11. Nadja. Chaib et Boudjema. Samraoui, 2011.

Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux de l'oued Kabîr-est et de ses principaux affluents (nord est algérien). Sécheresse22 : 171-7. DOI : 10.1684/sec.2011.0309

Les données concernant la qualité des eaux de l'oued Kebir-Est (Nord-est algérien) et les caractéristiques des sources de dégradation sont peu nombreuses. Dans ce contexte, une étude physico-chimique a été menée durant la période 2005-2008 en vue d'estimer la qualité des eaux le long du cours de l'oued Kebir-Est et de ses principaux affluents. Des corrélations entre les 15 variables physico-chimiques mesurées pour les 23 sites d'étude ont été effectués grâce à l'analyse en composantes principales (ACP), afin de mieux visualiser et faciliter l'interprétation de ces trois années de suivi. L'ACP a été permis d'identifier les principales causes de dégradation et d'évaluer la qualité physico-chimique des eaux de l'oued Kebir-Est et ses principaux affluents.

12. Hamid. Bou Saab, Nadine. Nassif, Antione.G, El Samrani, Rosette. Daoud, Samir. Medawar and Naim. Ouaini, 2007.

Suivi de qualité bactériologique des eaux de surface (rivière Nahr Ibrahim, Liban). Erudit. Vol 15,N°4,2007,p 424.

Le bassin versant du Nahr Ibrahim est classé parmi les sites du patrimoine mondial. Les rejets sauvages solides et liquides ont un impact important sur le développement d'une contamination bactériologique tout au long de la rivière.

Dans cette étude, des paramètres physico-chimiques et bactériologiques ont été suivis sur neuf sites de prélèvement qui couvrent la rivière Nahr Ibrahim de son amont jusqu'à son estuaire. L'ensemble des paramètres est étudié pendant des périodes de l'année caractérisées par un temps sec ou un temps de crue. Au cours de ces périodes, ces paramètres ont révélé une influence importante du type d'occupation des sols et des phénomènes de lessivage sur la composition bactériologique de la rivière. L'origine et le degré de la contamination bactérienne instantanée ont été également identifiés. Une approche statistique multivariée a montré que l'effet de la localisation du site masque l'effet date sur un même site et pendant la même période. Les sites en aval de la rivière sont caractérisés par une pollution en nitrate et une contamination bactériologique alors que les sites en amont sont marqués par une contamination bactériologique seulement.

13. Abidi, Mustapha Bejaoui, Meryem Jemli et Moncef Boumaiza, 2014.

Qualité des eaux du cours principal de la Medjerda (Tunisie et Algérie) et trois de ses affluents nord. Hydrological Sciences Journal.vol 60, N°9 .

Une étude a été effectuée dans la zone Nord-Ouest du bassin versant de la Medjerda avec pour objectif de fournir de nouvelles connaissances sur la qualité des eaux ainsi que sur le type de relation qui peut exister entre les variables physico-chimiques, bactériologiques et les indices de diversité/densité de la méiofaune. Les résultats montrent une dégradation de la qualité du cours principal de la Medjerda et de trois de ses affluents Nord (augmentation de la salinité, teneur en nitrate, matière organique, coliformes). Les indices de diversité et d'équitabilité suivent cette évolution régressive des variables physico-chimiques et apportent de nouvelles connaissances sur le type et la qualité du sédiment.

14. Youness. Mabrouki, Abdelkhaleq. Fouzi Taybi et Ali. Berrahou, 2016.

L'évolution spatiotemporelle de la qualité des eaux courantes de l'Oued Melloulou (Maroc). *Erudit*. vol 30, N°3, 2017, p258.

Cette étude menée entre mars et août 2014 propose un suivi de neuf descripteurs abiotiques, dans 11 stations d'échantillonnage choisies le long de l'Oued Melloulou, principal affluent de la rive gauche de l'Oued Moulouya. L'utilisation de l'analyse triadique partielle facilite le suivi de la variabilité spatiotemporelle de ces descripteurs physicochimiques, et met en évidence l'évolution de leur structure spatiale. Les résultats obtenus montrent que l'Oued Melloulou bénéficie d'une eau de moyenne à très bonne qualité, et que ce cours d'eau est épargné, pour le moment, des grandes pollutions domestiques et industrielles.

15. Amel Allalga, Nouha Kaouachi, Chahinez Boualeg, Adel Ayari, 2017.

Caractérisation Physico-chimique Des Eaux Du Barrage Foum El-Khanga (Region De Souk-Ahras, Algerie) Vol.13, N°.12

L'objectif de ce travail est d'évaluer la qualité des eaux du barrage Foum El-Khanga (est de l'Algérie) mensuellement durant l'année 2014. Cette étude a envisagé de faire une caractérisation physico-chimique pour mettre en évidence plusieurs paramètres qui entrent en jeu dans la détermination de la qualité de cette eau tel que : la température ; le pH ; la conductivité ; la turbidité ; l'oxygène dissous ; le titre hydrotimétrique ; le calcium ; le magnésium ; le titre alcalimétrique complet ; le nitrate ; le nitrite ; l'azote ammoniacal ; le sulfate ; le chlorure ; le bicarbonate ; le phosphate ; le fer ; la demande biologique en oxygène (DBO5) et la demande chimique en oxygène (DCO). Les résultats des analyses physico-chimiques montrent que les eaux de ce barrage sont caractérisées par une minéralisation naturelle importante comme l'indique les valeurs élevées de la conductivité électrique et des chlorures. Les résultats de l'analyse en composantes principales (ACP) ont clairement montré une forte corrélation entre la saison chaude et la température. En revanche, la saison froide est fortement corrélée avec les paramètres de minéralisation et de pollution.

16. Matías M. Salvarredy Aranguren. 2008.

Contamination en métaux lourds des eaux de surface et des sédiments du val de milouin (Andes boliviennes) par des déchets miniers approches géochimique, minéralogique et hydrochimique, thèse de doctorat, Université Toulouse III. France.

Sur le site minier de Milluni (Bolivie, Altiplano, 4800 m asl), la contamination des eaux de surface et des sédiments par les métaux lourds a été étudiée en combinant des approches géochimiques, minéralogiques et hydrochimiques. Pour les différents métaux, les sources minérales de la contamination ont été établies, ainsi que les processus géochimiques d'altération des minéraux primaires en minéraux tertiaires. La compréhension des mécanismes géochimiques en jeu et les bilans réalisés ont permis de déterminer les origines et les modes de transport et de contrôle des métaux dans cet environnement. Enfin, les carottages des sédiments lacustres et des tourbières ont permis d'évaluer l'évolution historique de la contamination en métaux lourds, notamment au cours du siècle dernier.

17. M. Ouhmidou A. Chahlaoui, A. Kharroubi , M. Chahboune.2008.

Étude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux du barrage Hassan Addakhil d'Er Rachidia (Maroc), Thèse de doctorat, université Meknès .Maroc

Le barrage Hassan Addakhil situé au piémont sud du Haut Atlas centro-oriental, constitue une unité importante dans la région d'Errachidia. Les eaux restituées à partir de ce barrage permettent l'irrigation des terres agricoles de la vallée de Ziz et de la plaine de Tafilalet. L'objectif de la présente étude est d'une part évaluer l'état actuel de la qualité bactériologique et physico-chimique des eaux du barrage Hassan Addakhil, et d'autre part définir les risques de la pollution des eaux du barrage Hassan Addakhil et de l'Oued Ziz,

Les résultats obtenus ont montré que la qualité physico-chimique de l'eau du barrage est influencée par la lithologie du bassin versant et les facteurs climatiques (les précipitations et les températures). Cette étude a mis en évidence la présence d'une contamination fécale dans les eaux du barrage Hassan Addakhil et de l'Oued Ziz.

18. ABOUBAKARI, ABDOUL.W, BOUBA.L, 2007.

Caractérisation des eaux de surface aux alentours d'une société agro-industrielle de Maroua-Cameroun, thèse de doctorat Université de Maroua-Cameroun.

L'objectif de ce travail est d'étudier la qualité des eaux de surface aux alentours d'une société agro-industrielle de la ville de Maroua. Pour ce faire une analyse physico-chimique et bactériologique a été faite. Les résultats obtenus montrent que les différents paramètres, présentent des valeurs trop élevées par rapport aux normes internationales dans plusieurs échantillons analysés. Cette contamination s'accroît par les activités humaines et les conditions climatiques de la région qui se caractérisent par des débits des eaux très faibles durant la saison de pluie s'ajoutent à cela le déversement de la totalité des effluents industriels dans les cours d'eau sans traitement préalable. Ceci a pour conséquence

d'augmenter les concentrations des polluants déversés dans les cours d'eaux entraînant alors une dégradation de la qualité des eaux superficielles. Au vu de ce qui précède les eaux étudiées sont de mauvaises qualités.

19. Akpéné Amenuvevega Dougna¹, Masamaéya Dadjia-Toyo Gnazou, Tomkouani Kodom, Gbandi Djaneye-Boundjou Et Moctar L. Bawa, 2015.

Physico-chimie et qualité des eaux des forages d'hydraulique villageoise dans la région centrale au Togo, thèse de doctorat, université de Lomé-Togo.

Cette étude a porté sur la caractérisation physico-chimique des eaux de forages d'hydraulique villageoise des aquifères du socle de la région centrale du Togo. Au total, 52 échantillons d'eau ont été analysés suivant les normes AFNOR. L'analyse en composantes principales (ACP) a permis de faire ressortir les corrélations entre les différents paramètres physico-chimiques et de comprendre les processus pouvant être à l'origine de la minéralisation. Les cartes de distribution de la conductivité et des nitrates ont été ensuite réalisées. Les travaux révèlent que du fait de la prédominance des ions bicarbonate, calcium et magnésium, les eaux sont pour la plupart bicarbonatées calciques et magnésiennes. Les eaux sont moyennement minéralisées et de qualité acceptable. Cependant, il ya quelques échantillons présentent des teneurs de paramètres physico-chimiques supérieures aux directives de l'OMS et sont contigus aux eaux respectant ces normes traduisant ainsi le caractère discontinu et hétérogène de l'aquifère du socle.

20. DANIEL, GAGNON, 2000

Nouvelle approche de traitement des eaux usées. Thèse de doctorat, Université du Québec à Trois-Rivières.

Ce travail de doctorat s'inscrit dans le contexte d'une préoccupation à développer et à expliquer les fondements scientifiques d'une nouvelle approche de traitement physico-chimique des eaux usées, capable de contribuer à la réduction des divers paramètres environnementaux, à l'aide d'un polymère naturel de type protéinique, i.e., caséine.

Les principaux objectifs de ces travaux de recherche sont l'optimisation, la modélisation et la détermination de la cinétique réactionnelle de cette technologie de traitement des eaux usées industrielles.

1 Introduction :

Le présent chapitre consiste à présenter la région d'étude ensuite le matériel et les méthodes d'analyse, utilisés en vue d'examiner la qualité physico-chimique de l'eau de barrage Bouhamdane de la wilaya de Guelma. Les essais de caractérisations ont été effectués au niveau de laboratoires de la station de traitement de l'eau potable Hammam Debagh sur les eaux brutes, sans aucun traitement, Et l'eau traitée, après le traitement.

L'étude de qualité de l'eau de Barrage comporte trois étapes :

- _ Prélèvement, échantillonnage
- _ Analyse
- _ Interprétation

2 Présentation de la zone d'étude :

Le barrage de Bouhamdane, est situé dans la Wilaya de Guelma à 25 Km l'Ouest du chef-lieu (Figure.11) il dépend administrativement de Daïra de Hammam Debagh et de la Commune de Bouhamdane, occupant une superficie totale de 700 hectares, il est alimenté principalement par Oued Bouhamdane, est destiné à l'irrigation du périmètre de Guelma-Boucheougouf (dont la superficie s'étend sur 13000 ha) et plus long temps à l'alimentation en eau de la ville de Guelma.

Le plan d'eau présente les coordonnées géographiques suivantes . Latitude . $36^{\circ} 27' N$ et Longitude: $7^{\circ} 14' E$ avec l'élévation de: 418,31 m. [42]

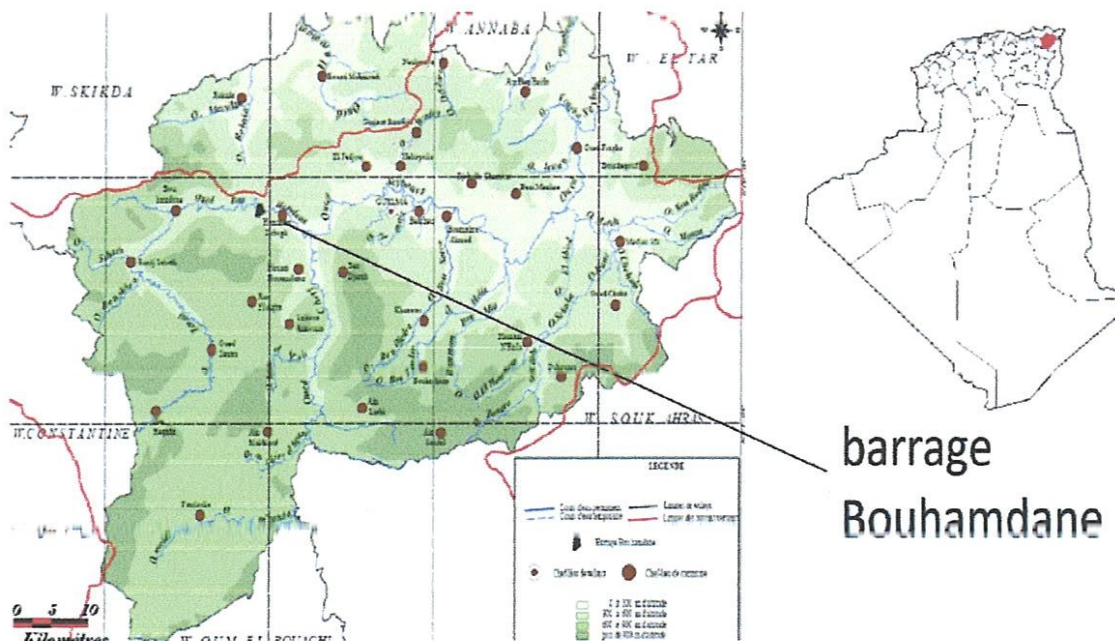


Figure 11 : localisation du barrage Bouhamdane (Hammam Debagh).

3 Échantillonnage :

Les points d'eau de prélèvement ont été choisis de manière à avoir une image d'ensemble de la qualité de l'eau de la zone. Pour réaliser cette étude deux stations au niveau de barrage de Bouhamdane ont été choisies, La première station mesure l'état initial des eaux de Barrage la deuxième montre l'état final de l'eau de Barrage après le traitement.

- Station 1 : le robinet d'eau brute provenant du barrage Bouhamdane.
- Station 2 : le robinet d'eau traitée destinée à la consommation humaine

La période de prélèvement était entre Septembre 2017 et Mai 2018. Le tableau 7 représente les dates des deux stations de prélèvements au niveau de l'oued Barrage Bouhamdane.

Tableau 11 : la nature et les dates de prélèvements d'échantillon

Nature du prélèvement	Les mois	
Eau	Septembre	17/09/2017
	Octobre	15/10/2017
	Novembre	08/11/2017
	Décembre	13/12/2017
	Janvier	17/01/2018
	Février	12/02/2018
	Mars	12/03/2018
	Avril	10/04/2018

Les échantillons d'eau sont recueillis dans des flacons en plastique bien lavés. Les prélèvements se font à une profondeur de 15 à 30 cm de la surface de l'eau, en évitant la pénétration de l'air. Avant de procéder aux opérations analytiques, il est essentiel que toutes les dispositions soient prises, telles que l'homogénéisation au moment du dosage.

4 Analyses physico-chimiques :

4.1 Mesure de la température de l'eau Salinité et TDS et conductivité :

La température, le pH et la conductivité électrique et salinité ont été mesurés au laboratoire à l'aide d'un appareil Multi paramètre de type WTW LF-19

Tableau 12: les unités de température, salinité, TDS et conductivité.

Paramètre	Unité
Température	degré Celsius (°C).
salinité	%
TDS	mg/L
Conductivité	µS/cm.

Mode opératoire :

- Rincer plusieurs fois l'électrode de l'appareil avec l'eau distillée
- Plonger l'électrode dans le récipient contenant l'eau analysée en prenant soin que l'électrode soit complètement immergé.
- La lecture se fait après stabilisation des valeurs mesurées.(23)

4.2 Mesure du PH :**a) Principe :**

La différence de potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence (calomel- KCl) plongeant dans une même solution, est une fonction linéaire du PH de celle-ci.

b) Appareillage :

Le paramètre a été mesuré à l'aide d'un pH-mètre inoLab®Ph 7310 de WTW.

Les résultats sont exprimés en unités pH.

- Bêcher contenant l'eau à analyser.

c) Mode opératoire :

On rince l'électrode tout d'abord avec de l'eau distillée, immerger dans un récipient contenant de l'eau à analyser. L'échantillon faire la lecture après la stabilisation de valeur.

4.3 Turbidité :**a) Principe**

La mesure de la turbidité fut effectuée au laboratoire par la méthode instrumentale à l'aide d'un turbidimètre de Hach Lange 2100AN IS, et exprimée en UN (unité de turbidité Néphelométrique).

b) Mode opératoire :

- allume l'appareil
- Remplir la cuve avec l'eau à analyser.
- Mettre la cuve en place.
- Faire la lecture de la première valeur.

4.4 Résidu sec :

La détermination des résidus permet d'estimer la teneur en matière dissoutes et en suspension d'une eau. La détermination d résidu sur l'eau non filtrée permet d'évaluer la teneur en matières dissoutes et en suspension d'une eau, c'est le résidu total. Si l'eau est filtrée préalablement à la mesure ; le résidu correspond alors aux matières dissoutes.

a) Principe :

Le résidu sec correspond au poids de la totalité des matières par litre d'eau. Une certaine quantité d'eau est évaporée dans une capsule tarée. Le résidu desséché est ensuite pesé.

b) Matériel :

- Capsule en porcelaine
- Balance analytique
- Etuve réglable

c) Mode opératoire :

- Lacer une capsule préalablement lavée, rincée à l'eau distillée et desséchée.
- Prélever 100 ml d'eau à analyser dans une fiole jaugée et déverser la dans la capsule.
- Porter cette dernière à 105°C pendant 24 heures.
- Laisser refroidir pendant ¼ d'heure au dessiccateur
- Peser immédiatement et rapidement.

d) Expression des résultats :

Les résultats sont donnés en mg/L.

$$RS \text{ (mg/L)} = (P_P - P_V) 10 * 1000$$

Avec : P_P : est le poids plein de la capsule.

P_V : est le poids vide de la capsule.

4.5 Matière organique :**a) Principe :**

1.1 Détermination du Titre alcalimétrique simple et titre alcalimétrique complet TA, TAC

a) Principe :

Ces 3 déterminations sont basées sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué, en présence d'un indicateur coloré.

b) Réactifs :

- Acide chlorhydrique ou sulfurique N/50.
- solution de phénolphtaléine dans l'alcool à 0.5%.
- solution de méthylorange à 0.5%.
- eau permutée exempte d'anhydrique carbonique libre (par ébullition de 15min.)

c) Mode opératoire :

Pour TA :

Pour 100mL d'eau à analyser. On ajout 02 à 03 gouttes de phénolphtaléine. Si une coloration rose apparaît il faut titrer avec l'acide sulfurique N/50 jusqu'à la disparition de couleur. Si la couleur n'apparaît pas TA=0 (PH < 8.3 donc TA =0.)

- Expression des résultats :

$$TA (\%) = V_{\text{titre}} (ml)$$

Pour TAC :

Pour 100ml d'eau à analyser. On ajout 02 à 03 gouttes de méthylorange à 0.5%. Puis on titre par l'acide sulfurique N/50 jusqu'au virage rouge orange.

- Expression des résultats :

$$TAC (\%) = V_{\text{titre}} - 0,5$$

0,5 : Le volume nécessaire pour le virage de couleur de l'indicateur.

Pour Détermination de (HCO_3^-)

$$(\text{HCO}_3^-) \text{ mg/l} = \frac{V_A N_A M_{\text{HCO}_3^-}}{PE} \cdot 1000$$

$$(\text{HCO}_3^-) \text{ mg/l} = \frac{V_A \cdot (N/50) \cdot 61 \cdot 1000}{100}$$

V_A : Volume d'acide versé dans le titrage de TAC.

N_A : normalité d'acide versé.

$M_{\text{HCO}_3^-}$: masse des bicarbonates (HCO_3^-).

P.E : prise d'essai (volume de l'échantillon nécessaire pour ce dosage).

➤ Expression des résultats:

$$(\text{HCO}_3^-) \text{ mg/l} = V \cdot 12,2$$

Remarque:

Si le pH de l'échantillon est supérieur à 8,3, titrer jusqu'à cette valeur (volume d'HCl obtenu correspond au (CO_3^{2-})) puis continuer le dosage jusqu'à pH de 4,3 noter le volume V_{A2}

$$\text{CO}_3^{2-} (\text{mg/l}) = V_{A2} \cdot 60$$

4.8 Mesure de la dureté totale :

a) Principe :

Titration par complexométrie du calcium et du magnésium avec une solution aqueuse de l'EDTA à un pH de 10. NET qui donne une couleur rouge foncé ou violette en présence des ions calcium et magnésium, est utilisé comme indicateur

Lors du titrage l'EDTA réagit tout d'abord avec les ions calcium et magnésium libre en solution, puis au point d'équivalence avec les ions calcium et magnésium combinés avec l'indicateur ce qui libère l'indicateur. Provoque un changement de couleur bordeaux ou violet à bleu.

b) Réactifs :

- Indicateur coloré l'indicateur NET l'eriochrome T.
- Eau distillée
- Solution tampon :
- EDTANa_2 .

c) Mode opératoire :

Introduire 100 ml d'eau à analyser dans un erlenmeyer (ou bécher) et ajouter 2 ml de solution tampon. Ajouter de quelques grains de l'indicateur coloré NET. Puis placer l'EDTA dans la burette et doser jusqu'au virage de la solution de violet au bleu. Note V_{EDTA} .

d) Expression et résultats :

$$\text{Dureté (°f)} = V_{\text{EDTA}} (\text{mL}) \times 10$$

V_{EDTA} : volume d'EDTA (volume équivalent).

4.9 Détermination du calcium :

a) Principe

Le principe est identique à celui de la méthode complexométrique décrite pour la dureté totale. Comme le dosage se fait à un pH élevé, le magnésium est précipité sous forme d'hydroxyde et n'intervient pas. Par ailleurs, l'indicateur choisi ne se combine qu'avec le calcium.

b) Réactifs :

- Indicateur coloré : Murexide
- Solution d'EDTA (N/50) 0,02N ou 0,01 M.
- Solution d'hydroxyde de sodium à 2 N.

c) Mode opératoire :

On introduire 50 ml d'eau à analyser dans un erlenmeyer a col large. On ajoute 2 ml de solution d'hydroxyde et quelques gouttes d'indicateur coloré. On verse la solution d'EDTA jusqu'au virage du rose au violet.

Soit V le volume de solution d'EDTA versé.

d) Expression des résultats :

$$Ca^{2+}(\text{mg/L}) = V_1 \times F \times 8$$

V_1 : Volume d'EDTA nécessaire pour une concentration donnée.

P.E: prise d'essai (volume de l'échantillon nécessaire pour ce dosage).

F: facteur:

- 50 mL de solution mère de $CaCl_2$.
- 2mL de NaOH (2N).
- Quelques graines de murexide.
- Titrage par EDTA (N/50) jusqu'au virage de couleur au bleu.

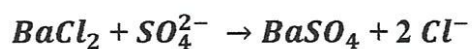
$$F = \frac{12,5}{V_{EDTA}} = 0,98$$

4.10 Détermination du magnésium:

a) Principe:

Titration molaire des ions calcium et magnésium avec une solution de sel disodique de l'acide éthylène diamine tétra acétique (EDTA) à pH=10. Le noir érichrome T, qui donne une couleur rouge foncé ou violette en présence des ions calcium et magnésium, est utilisé comme indicateur.

b) Réactifs:



a) Appareils :

- spectrophotomètre de type Hach DR/240.

b) Réactifs :

- Solution mère de sulfates de sodium
- Solution stabilisante
- Solution de chlorure de baryum

c) Mode opératoire :

On prend 20ml d'eau à analyser puis compléter à 100 ml d'eau distillée. On ajoute 5 ml de solution stabilisante et 2 ml de chlorure de baryum. Puis on agite énergiquement pendant 1min. on passe enfin l'échantillon au spectrophotomètre à $\lambda = 420 \text{ nm}$.

d) Expression des résultats :

La concentration d'ion (SO_4^{2-}) en mg/L.

$$\text{SO}_4^{2-} (\text{mg/L}) = \text{la valeur lue sur le spectrophotomètre} \times \text{la dilution}$$

1.1 Détermination du Fer :

a) Principe :

Le complexe fer (II) phénanthroline 1,10 est stable dans l'intervalle de PH de 2,5 à 9 et l'intensité de la coloration est proportionnelle à la quantité de fer (II) présent.

La relation entre la concentration et l'absorbance est linéaire jusqu'à une concentration de 5 mg de fer par litre. Le maximum d'absorbance se situe à environ 510nm (coefficient d'absorption $11 \times 10^3 \text{ L/mol.cm}$)

b) Réactifs :

- Tampon d'acétate
- Chlorhydrate d'hydroxylamine
- Solution de phénanthroline-1,10
- Solution mère fer

c) Appareils :

Spectrophotomètre de type Hach DR/2400

d) Mode opératoire:

Prendre 50mL d'eau à analyser dans un erlenmeyer de 100mL. Ajouter à la solution transvasées, 1mL de la solution de chlorhydrate d'hydroxylamine et mélanger soigneusement, ajouter 2mL de tampon acétate pour obtenir un PH compris entre 3,5 et 5,5 de préférence 4,5; ajouter enfin 2mL de la solution de phénanthroline -1,10 compléter à 50mL puis conserver les fioles à l'obscurité pendant 15min.

Enfin passer au spectre pour mesurage à la longueur d'onde de 510 nm.

e) Expression des résultats:

Le résultat est donné en mg/L.

4.14 Détermination de l'aluminium :**a) Principe:**

Les ions d'aluminium se combinent avec le rouge d'alzarine pour former un complexe jaune-rouge qui peut être mesuré à 490 nm.

b) Réactifs:

- chlorure de calcium ($\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) à 0,7g/L.
- acide thioglycolique ($\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_5$) à 80%.
- solution tampon pH=4,6.
- rouge d'alzarine ($\text{C}_{14}\text{H}_6\text{Na}_2\text{O}_7\text{S}$).

c) Echantillonnage:

Les échantillons pour laboratoire doivent être prélevés dans des récipients en polyéthylène. Ils doivent être acidifiés avec du HCl à 25% (1 mL du HCl pour 500 mL d'eau) et conserver entre 20°C et 50°C jusqu'à l'analyse.

d) Appareils :

Spectrophotomètre de type Hach DR/2400

e) Mode opératoire :

Prendre 25 mL d'eau à analyser dans une fiole de 50 mL. Ajouter 1ml d'acide thioglycolique et 2,5mL de la solution de chlorure de calcium et ajouter 5mL de tampon acétate; ajouter enfin 1mL de la solution de rouge d'azarine compléter à 50mL puis conserver les fioles à l'obscurité pendant 90 à 120min.

Enfin passer au spectre pour mesurage à la longueur d'onde de 490 nm.

4.15 Détermination des phosphates :

a) Principe :

Formation en milieu acide d'un complexe avec le molybdate d'ammonium et le tartrate double d'antimoine et de potassium. Réduction par l'acide ascorbique en un complexe coloré en bleu qui. Présente deux valeurs maximales d'absorption (l'une vers 700 nm, l'autre plus importante à 880 nm).

b) Appareils :

Spectrophotomètre de type Hach DR/2400

c) Réactifs :

- Réactif- mélange.
- Acide ascorbique.
- Solution mère d'orthophosphate à 50mg/l PO_4^{3-} :
- Solution fille PO_4^{3-}

d) Mode opératoire :

- On prend 40mL d'eau distillée à analyser on ajoute 1 ml d'acide ascorbique, puis 2ml réactif mélange
- Attendre 10 min.
- L'apparition de la coloration bleue indique la présence des PO_4^{3-} .

Enfin, nous avons effectué les mesures au spectrophotomètre de la longueur d'onde λ à 700 ou 880 nm

e) Expression des résultats :

Les résultats est donne directement en mg/l..

4.16 Dosage des nitrates :

a) Principe :

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

b) Réactifs :

- Solution de salicylate de sodium à 0,5 %.
- Solution d'hydroxyde de sodium 30 %
- Tartrate double de sodium et de potassium.

Chapitre 05 :
Résultats et
interprétations

Dans ce chapitre nous présentons les résultats et la discussion des analyses effectuées sur les eaux superficielles du barrage Bouhamdane et les eaux traitées pour suivre et évaluer leur qualité. Dans la plupart des études sur les eaux de barrage destinées à la consommation humaine, Seuls quelques paramètres sont pris en compte. Pour ce qui est de cette étude, matières en suspension, les chlorures, les nitrates, nitrites, phosphates, ammonium, et les sulfates seront pris en considération en ce qui concerne les paramètres physiques pour l'analyse de l'eau brute.

1 Les résultats d'analyses de l'eau de Barrage avant et après le traitement :

Les résultats des paramètres physico-chimiques déterminés au niveau des deux sites de prélèvements concernant les eaux de surface de Barrage Bouhamdane après et avant le traitement pendant les huit mois : septembre 2017 à avril 2018. Sont représentés graphiquement comme suivant :

1.1 La température :

Les températures expérimentales obtenues, sont données dans la figure 12.

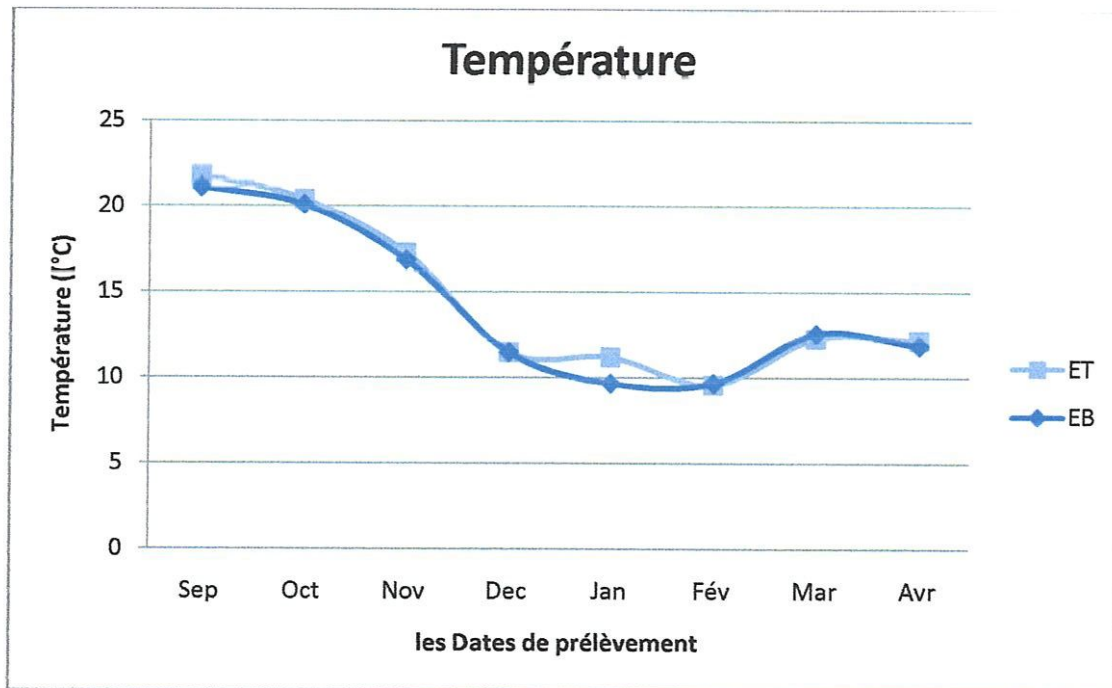


Figure 12 : Variation de la température de l'eau brute et l'eau traitée de barrage Bouhamdane.

La différence de température constatée entre les deux stations n'est pas considérable, Les différentes températures enregistrées durant la période d'étude peuvent être expliquées par la situation géographique de notre barrage et la température qui règnent durant les différentes saisons. [28, 29]

D'après les résultats de températures des eaux de surface étudiées, nous constatons que la température maximale enregistrée, était de l'ordre de 21.9 °C dans le mois de septembre, et le minimum enregistré est de 9.7 °C durant le mois de février. Ces résultats indiquent que les eaux de barrage Bouhamdane sont de qualité normale.

1.2 Le pH:

Les valeurs du pH de l'eau examiné pour les deux stations, sont données dans la figure 13.

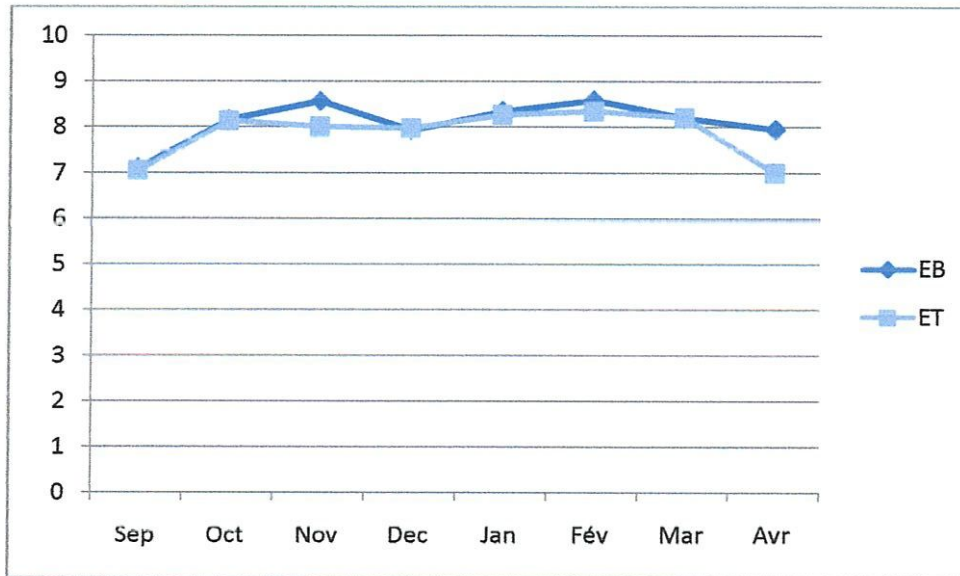


Figure 13: la variation du pH de l'eau brute et l'eau traitée de barrage Bouhamdane.

Les valeurs du pH enregistrées durant la période d'étude de l'eau brute sont au voisinage de la neutralité avec un caractère plus ou moins alcalin (Figure 13) et un maximum noté au mois de février 8,59 et un minimum noté au mois de septembre 7,11. Il est lié à la nature des terrains traversés, ce qui reflète clairement l'influence de la nature géologique du Barrage versant sur la composition chimique des eaux. Les eaux du barrage sont très calcaires et pauvre en silice et peuvent conduire à des dépôts incrustants dans les circuits de distribution. De plus il y a une diminution progressive de l'efficacité de la décontamination microbienne par le chlore. Par ailleurs la chloration diminue le pH. [28]

Les valeurs élevées du pH et qui sont supérieures à 8, peuvent entrainer des problèmes de gout et de consommation accrue de savon.

Les mesures du pH qui ont été effectuées pour l'eau traitée montrent une variation entre 7.11 et 8,59. Ces résultats répondent aux exigences de la norme algérienne de potabilité des eaux de consommation humaine ($6.5 < \text{pH} < 9$) (tableau 15). La déférence entre les deux stations n'est pas significative. C'est d'ailleurs entre ces deux valeurs que se situe généralement le pH des eaux distribuées aux collectivités.

1.3 La conductivité électrique :

La figure 14 représente les analyses expérimentales de la conductivité électrique obtenue de l'eau de barrage et l'eau traitée pour les différentes dates.

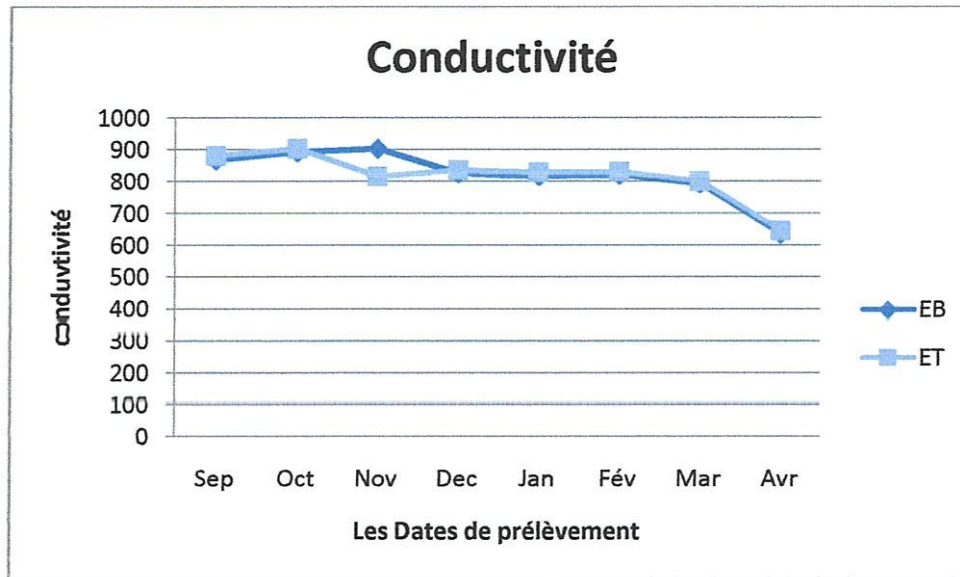


Figure 14: la variation de la conductivité électrique de l'eau brute et l'eau traitée de barrage Bouhamdane.

Pour la conductivité électrique, les résultats des analyses de l'eau brute montrent une variation entre $637 \mu\text{S/cm}$ et $903 \mu\text{S/cm}$, ce qui indique une minéralisation importante et que les terrains traversés par ces eaux sont de substrat alcalin ou à sous sol calcaire. (tableau 06).

Tandis que une variation entre $647 \mu\text{S/cm}$ et $903 \mu\text{S/cm}$ pour l'eau traitée. Ces résultats sont inférieurs à la valeur limite fixée par la norme de potabilité des eaux de consommation humaine (tableau 15).

Cette conductivité peut s'expliquer aussi par l'existence des sels minéraux ionisés et par le phénomène d'évaporation qui concentre ces sels dans l'eau. Il ya une petite augmentation de la valeur de conductivité dans l'eau traitée par rapport a l'eau brute qui peut s'expliquer par la génératrice des sels après décomposition et minéralisation au cours du traitement. [28]

1.4 Salinité :

La figure 15 représente les analyses expérimentales de la salinité obtenues pour les différentes dates.

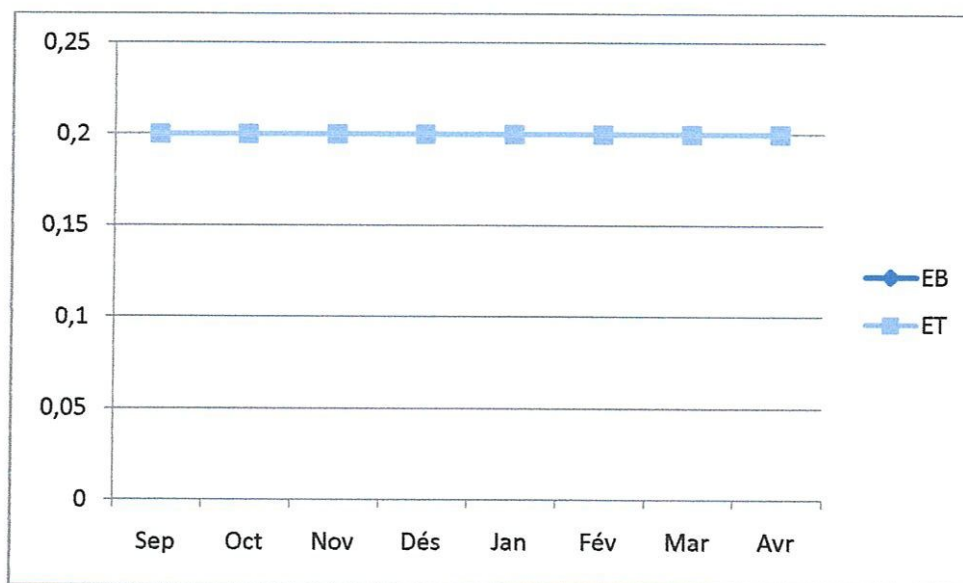


Figure 15: variation de la salinité de l'eau brute et l'eau traitée de barrage Bouhamdane.

D'après les résultats obtenus durant la période, on remarque que les valeurs prennent toujours la valeur 0.2 mg/L pour l'eau brute et l'eau traitée, sont inférieures à celle exigée par la norme algérienne de potabilité des eaux de consommation humaine de 1,5 mg/L.

Ce comportement de salinité est étroitement lié aux apports en eau douce, et à la faible évaporation de l'eau qui augmente la concentration de sel au milieu. [29]

1.5 Les solides totaux dissous:

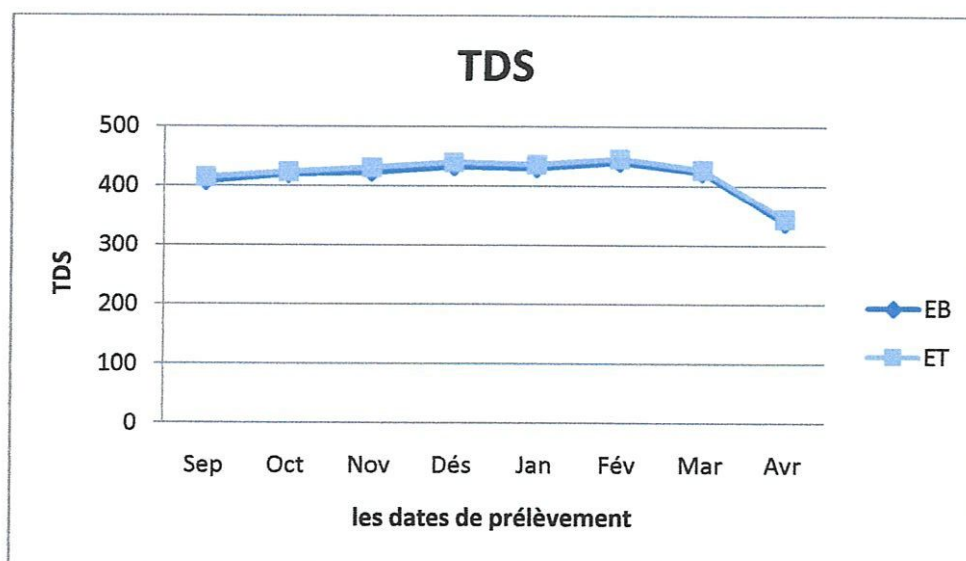


Figure 16: Variation des TDS de l'eau brute et l'eau traitée barrage Bouhamdane

Les résultats des solides totaux dissous représentés dans la figure.16, montrent une valeur variée entre 339 à 440 mg/L de l'eau brute et une variation entre 345 à 446 mg/L de l'eau traitée, ce qui signifie que la teneur en matière solide dissoute des échantillons analysés a dépassé la norme Algérienne. La présence de ces solides peut provenir des sources d'eau minérale contenues dans nos naturelles avec un taux élevé de solides dissouts parce qu'elles ont coulé à travers des régions où les roches contiennent beaucoup de minéraux. Ces minéraux peuvent aussi provenir d'activités humaines.

La différence de teneur de TDS constatée entre les deux stations n'est pas considérable donc nous concluons que le traitement n'influence pas sur TDS.

1.6 La Turbidité:

La figure 17 représente les analyses expérimentales de la Turbidité obtenue de l'eau de barrage et l'eau de traitée pour les différentes dates.

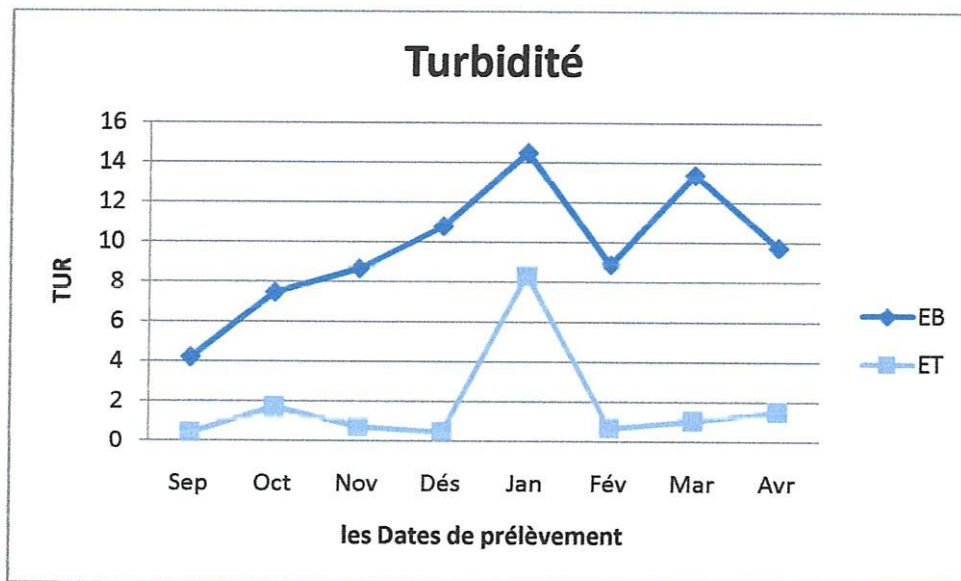


Figure 17: variation de la turbidité de l'eau brute et l'eau traitée du barrage Bouhamdane

D'après les résultats obtenus, Les valeurs de la turbidité sont très variables, elles oscillent entre 4,21 à 13,4 NTU pour l'eau brute ce qui indique que l'eau du barrage est généralement d'une mauvaise qualité.

Les résultats pour l'eau traitée 0,43 à 8,35 NTU dépassent les normes Algérienne de potabilité des eaux de consommation humaine de 5 NTU, elle est due à la présence des matières en suspension finement divisées : argiles, limons, colloïdes planctons...etc., qui montre que le procédé de coagulation-floculation dans la station n'est pas effectué correctement pour réduire la turbidité. L'adjonction d'une quantité de plus de coagulant ainsi que le temps suffisamment long lors de coagulation pour le volume à traiter est nécessaire.

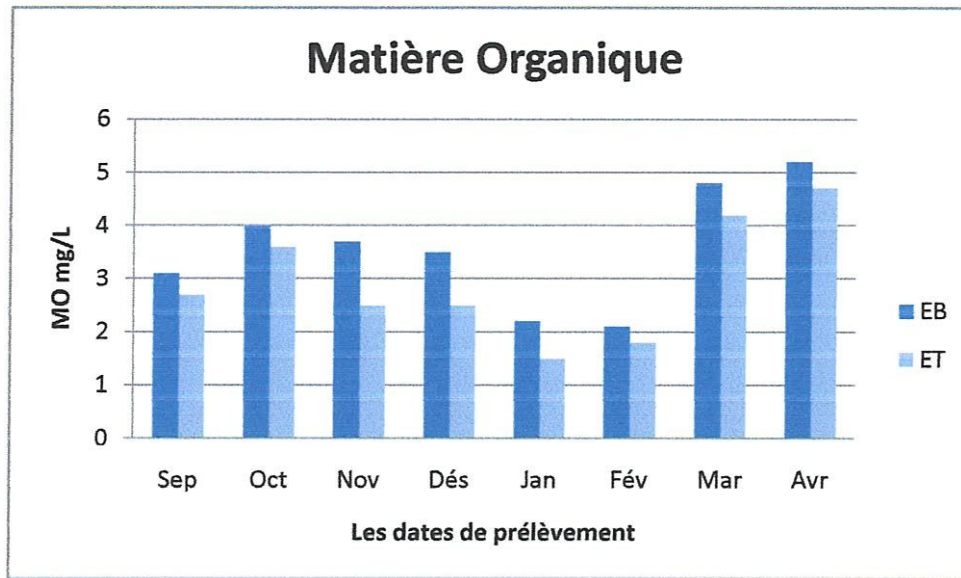


Figure 19: variation de la matière organique de l'eau brute et l'eau traitée de barrage Bouhamdane.

1.9 La matière en Suspension MES:

La figure 20 représente les analyses expérimentales de la MES obtenue de l'eau de barrage et l'eau traitée pour les différentes dates.

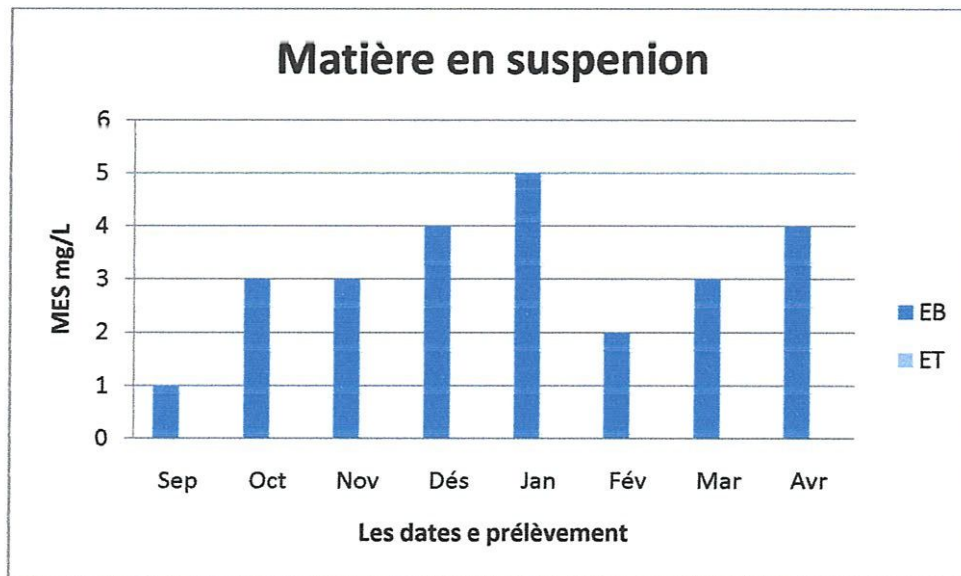


Figure 20: variation de la MES de l'eau de barrage Bouhamdane.

La teneur en matières en suspension dans l'eau brute est variable entre 1 à 5 mg/L, elle est un peu élevée en période de crue. On peut expliquer ces faibles teneurs par l'absence des activités menées. Ce qui traduit ainsi des eaux de très bonne qualité. (tableau 14)

Cependant la teneur en MES de l'eau traitée est toujours nulle durant la période d'étude ces résultats ne dépassent pas les normes Algériennes de potabilité des eaux de consommation humaine 30 mg/l. Ce qui reflète la capacité du processus de traitement de l'eau pour l'élimination des matières en suspension.

1.10 Titre Alcalimétrique (TA) et titre alcalimétrique complet TAC:

La figure 21 respectivement les variations de teneurs de TAC du l'eau de Barrage Bouhamdane pour différentes dates.

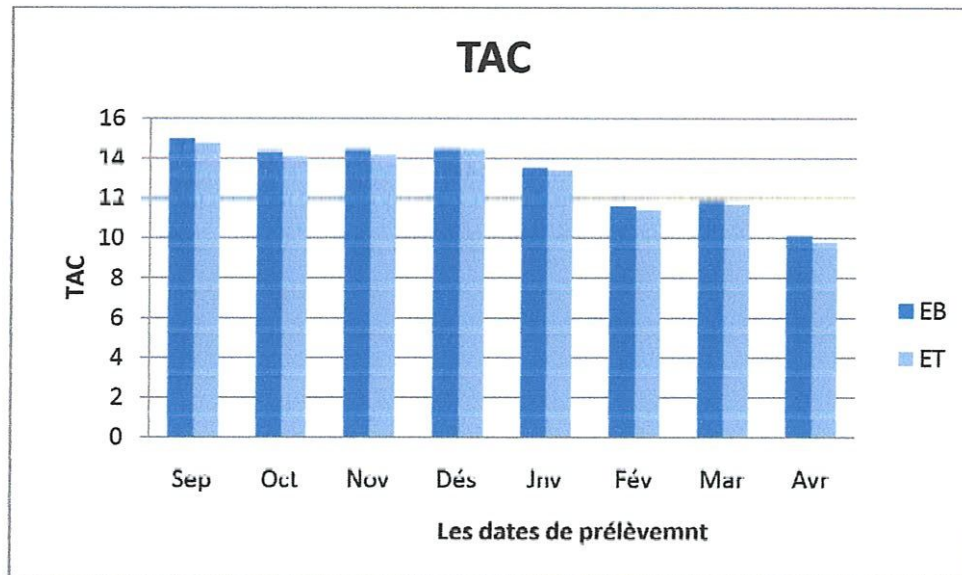


Figure 21: variation de la TAC de l'eau de barrage Bouhamdane en fonction du temps.

D'après les résultats de TAC obtenus, les valeurs varient entre 10 à 15 °F pour l'eau brute. Tandis qu'une variation entre 9,8 à 14,8°F pour l'eau traitée, ces résultats ne dépassent pas les normes Algérienne de potabilité des eaux de consommation humaine.

Les valeurs des analyses de titre alcalimétrique T.A des eaux brutes et traitées sont presque égales. Ceci peut s'expliquer par le pH de notre eau de surface qui est loin de l'acidité, c'est à dire il s'étale de la neutralité jusqu'à l'alcalinité légère.

Dans le cas de la plupart des eaux naturelles. Pour des pH proches à 8 le T.A est nul (concentration négligeable en ion OH^- et CO_3^{2-}), et que le T.A.C se résume à la mesure des ions bicarbonates.

1.11 Le bicarbonate:

La figure 22 représente les analyses expérimentales de la teneur des bicarbonates obtenue de l'eau de barrage et l'eau traitée pour les différentes dates

Dans nos échantillons, les concentrations en bicarbonate pour l'eau brute varient entre 123.22 et 183 mg/l, tandis que pour l'eau traitée varient entre 119.56 et 180.56 mg/L.

La présence des bicarbonates dans les eaux analysées peut être due à la dissolution de roches carbonatées ou bicarbonatées ou du CO_2 du sol. [28]

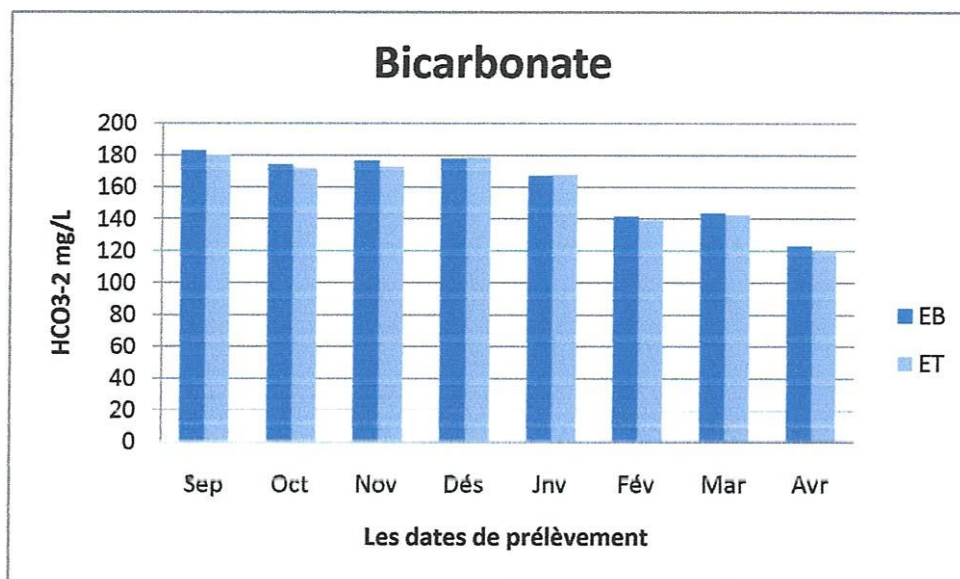


Figure 22: variation des teneurs des bicarbonates HCO_3^- de l'eau de barrage Bouhamdane

1.12 Le titre hydrotimétrique:

La figure 23 représente les analyses expérimentales de la dureté totale obtenues de l'eau de barrage et l'eau traitée pour les différentes dates.

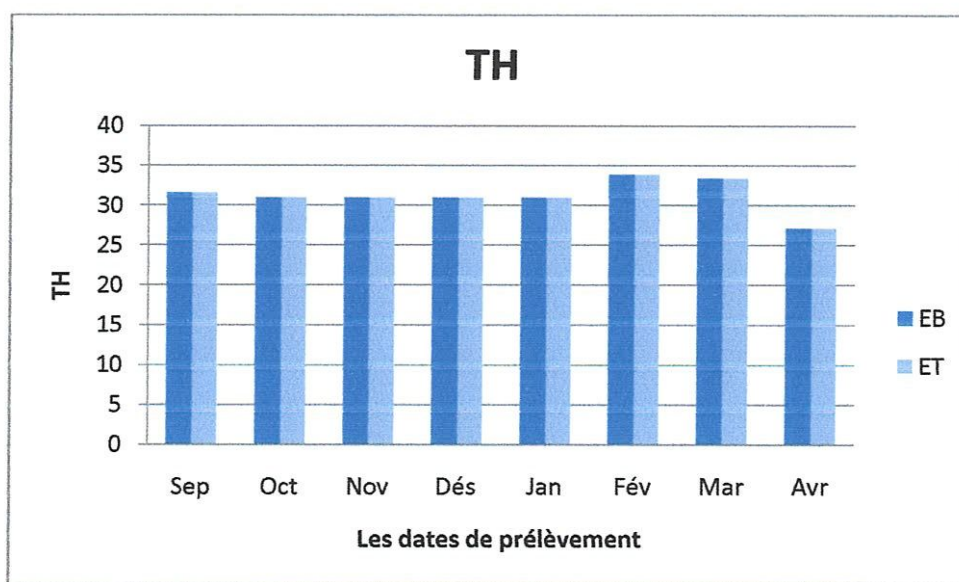


Figure 23: variation de la titre hydrométrique des de l'eau de barrage Bouhamdane

Les résultats obtenus montrent que le TH varie entre 31 à 33.9°F pour l'eau brute et l'eau traitée, ces valeurs élevées (>30°F) selon la norme Algérienne de potabilité des eaux de consommation humaine traduisant ainsi des eaux très dures. (tableau 10)

Ces résultats traduisent la nature des roches sédimentaires traversées par l'eau. En général, les eaux dures proviennent de régions où la couche arable est épaisse et les roches sont calcaires. [28]

1.13 Le calcium :

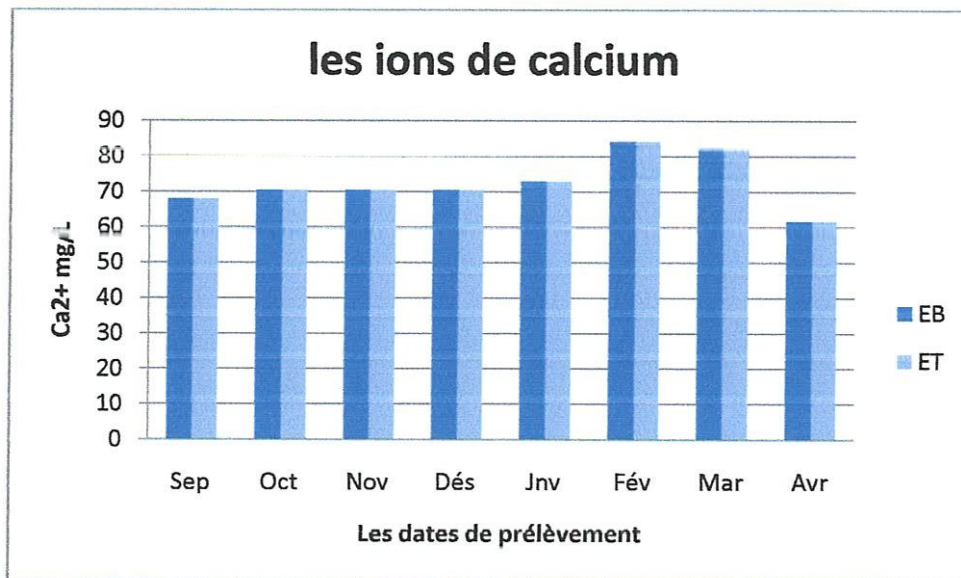


Figure 24: variation des teneurs des calciums Ca^{2+} de l'eau de barrage Bouhamdane en fonction du temps.

Les résultats obtenus dans la figure 24 de la teneur de calcium varie entre 84.1 à 61.6 mg/L pour l'eau traitée et pour l'eau brute, elle est inférieure à la valeur de niveau guide de 100 mg/L, destinée à la consommation humaine. Cette faible teneur en calcium peut être expliquée par la précipitation précoce des minéraux calcique.

Les valeurs de la teneur de calcium des différentes dates sont les mêmes dans l'eau brute et l'eau traitée, qui indique que le traitement n'influe pas sur la teneur de calcium.

1.14 Le magnésium :

D'après les résultats obtenus dans la figure 25 on remarque que la teneur de magnésium de différentes dates sont les mêmes dans l'eau brute et l'eau traitée, qui indique que le traitement n'influe pas sur la teneur de magnésium.

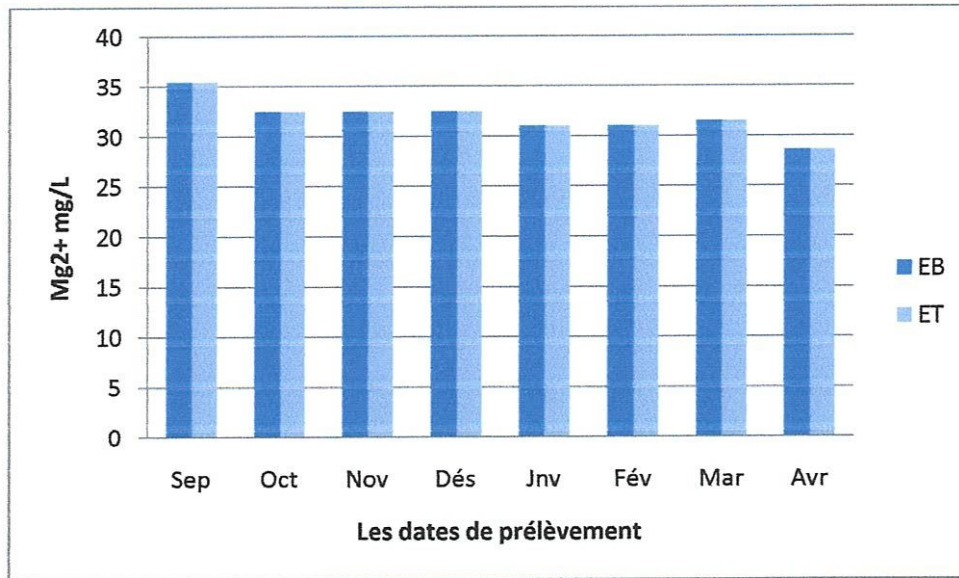


Figure 25: variation des teneurs magnésiums Mg^{2+} des de l'eau de barrage Bouhamdane

La teneur de Mg^{2+} pour les différentes dates ne dépasse pas la concentration maximale admissible de 150 mg/L selon la norme Algérienne (tableau.15), et varie entre 28.67 à 35.48 mg/L pour l'eau brute et l'eau traitée donc la qualité de l'eau de Barrage est acceptable. La teneur de Mg^{2+} dans l'eau brute dépend de la composition des roches sédimentaires rencontrées. [28]

1.15 Les chlorures :

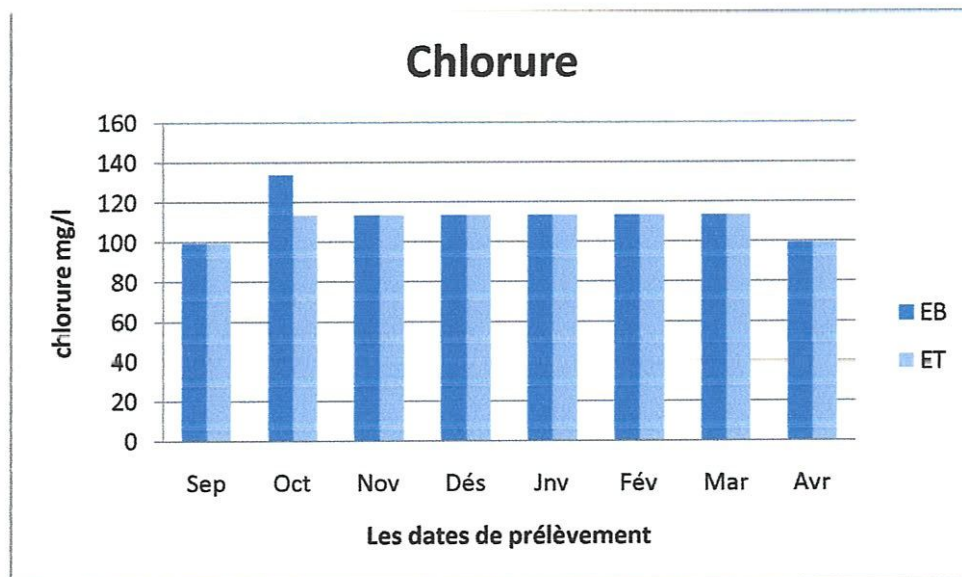


Figure 26: variation des teneurs des chlorures Cl^- de l'eau brute et l'eau traitée de barrage Bouhamdane

La figure 26 montre que la teneur des chlorures pour l'eau brute et l'eau traitée varie entre 99.4 mg/L à 113.9 mg/L, ces valeurs indiquent que la saveur de nos eaux est agréable surtout que les quantités de calcium et de magnésium sont moins marquées.

le seul inconvénient est la susceptibilité d'amener une corrosion dans les canalisations et les réservoirs. [28]

La présence de chlorure dans les eaux est que le plus souvent due à la nature des terrains traversés lors du ruissellement des eaux fluviales ce qui permet de classer ces eaux en classe très bonne qualité (tableau 14).

1.16 Le sulfate:

Les valeurs des sulfates de l'eau examinée dans différentes dates sont données dans la figure 27.

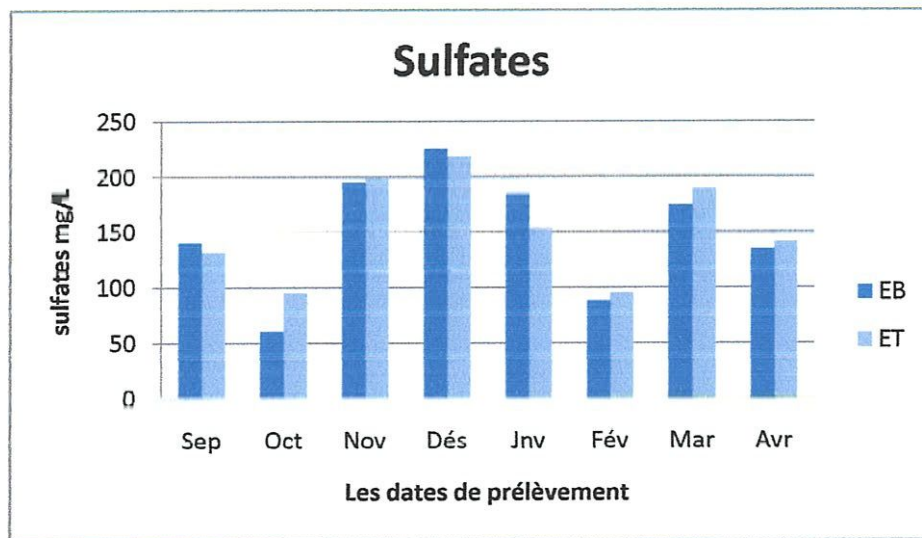


Figure 27: variation des teneurs des sulfates SO_4^{2-} de l'eau brute et l'eau traitée de barrage Bouhamdane.

On remarque que les teneurs en sulfates varient légèrement d'un mois à l'autre, Les résultats obtenus pour l'eau traitée sont conformes à la valeur limite donnée par la réglementation Algérienne de potabilité des eaux de consommation humaine qui est 400 mg/L. Ces derniers sont compris entre 95.5 à 218.5mg/L.

Tandis que l'eau brute varie entre 60.5 à 225 mg/L. On peut expliquer ces teneurs faibles est que ces eaux se trouvent dans des terrains ne contenant pas une proportion importante de sulfates minéraux, les zones traversées ne contiennent pas de gypse et le temps de contact avec la roche est variée et aussi très peu élevée.

Notons que l'emploi de sulfate d'aluminium ou de sulfate de fer pour le traitement de coagulation contribue à une élévation de la teneur en sulfate.

Les eaux superficielles du barrage sont de bonnes à très bonnes qualité. (tableau 14)

1.17 Le Fer:

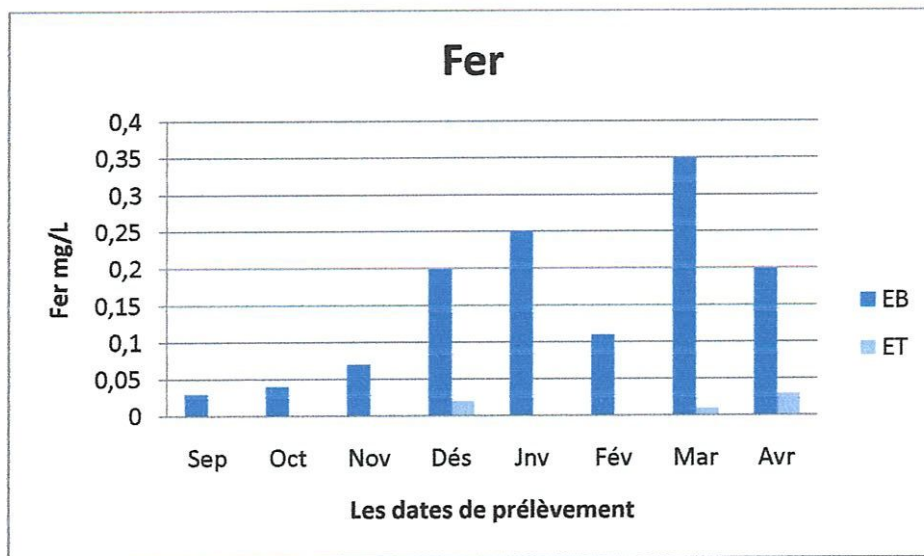


Figure 28: variation des teneurs de Fer de l'eau brute et l'eau traitée de Barrage Bouhamdane.

Les résultats obtenus dans la figure 28 montrent que la teneur de fer varie entre 0.03 à 0.35 mg/L pour l'eau brute. Les eaux de surface peuvent contenir jusqu'à quelques mg/l. de fer ayant pour origine des sources naturelles en eau et attribuable à la décomposition des roches et des minéraux. Pour l'eau traitée la teneur est presque négligeable. Ces petites quantités de fer sont dues essentiellement à l'emploi des sels de fer pour les traitements de coagulation-floculation, en particulier lors d'une mauvaise maîtrise des opérations.

Ces valeurs ne pas dépassent pas la norme 0.3 mg/l, selon les normes Algérienne de potabilité des eaux de consommation humaine.

1.18 L'Aluminium :

La figure 29 représente les analyses expérimentales de la teneur des Aluminium obtenue de l'eau de barrage et l'eau traitée pour les différentes dates.

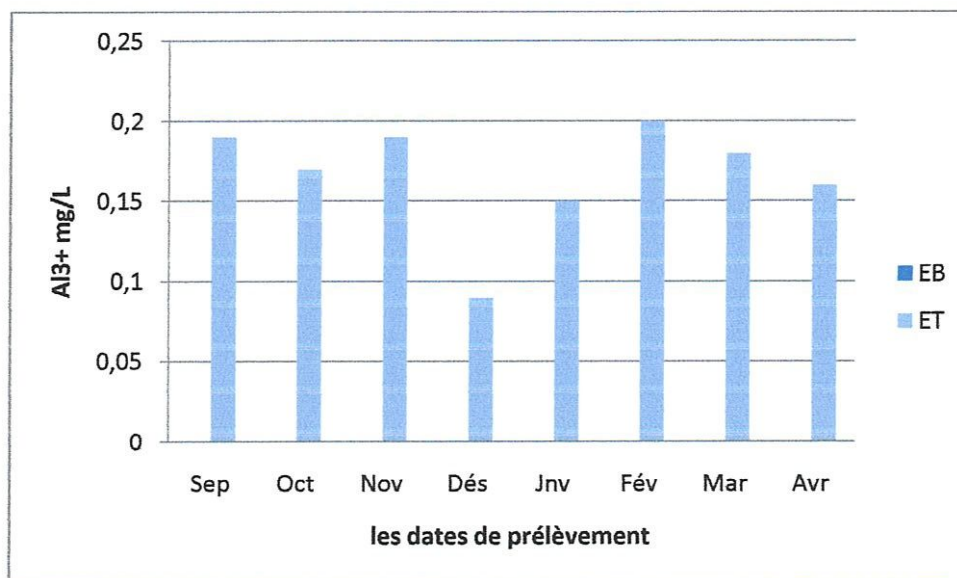


Figure 29: variation des teneurs des l'aluminium de l'eau brute et l'eau traitée de Barrage Bouhamdane.

En effet, les valeurs des teneurs d'Aluminium sont nulles pour l'eau brute, tandis que pour l'eau traitée varient entre 0.09 à 0.19 mg/L pendant les huit mois et, ces valeurs sont proches à la norme 0,2 mg/L, selon les normes Algériennes.

On peut expliquer l'augmentation de teneur d'aluminium dans l'eau traitée qui en principe devraient être nulles comme dans l'eau brute, à cause de l'utilisation des sels d'aluminium (étape de coagulation) dans le processus physico-chimique de traitement. Notre station de traitement n'est pas en très bon état de fonctionnement. Il est donc important d'optimiser des processus de traitement afin de réduire au minimum l'aluminium résiduel.

1.19 Les Phosphates :

Les teneurs en PO_4^{3-} pour l'eau traitée est presque négligeable et varient entre une valeur minimale de l'ordre de 0 mg/L et une concentration maximale de l'ordre 0.123 mg/L. Nos résultats montrent que les teneurs en phosphates sont faibles et sont loin de dépasser la norme Algérienne de potabilité des eaux de consommation humaine (0.5 mg/L).

Pour l'eau brute les teneurs en phosphate oscillent entre 0 et 0.78 mg/l, ces teneurs justifient leur forte concentration dans nos échantillons au cours des mois de décembre car provenant des points recevant les engrais utilisés pour l'agriculture pratiquée le long de l'eau de Barrage dans cette période, et son absence dans certains cas peuvent être expliquées par le fait que les ions phosphates sont susceptibles d'être absorbés par les sédiments.

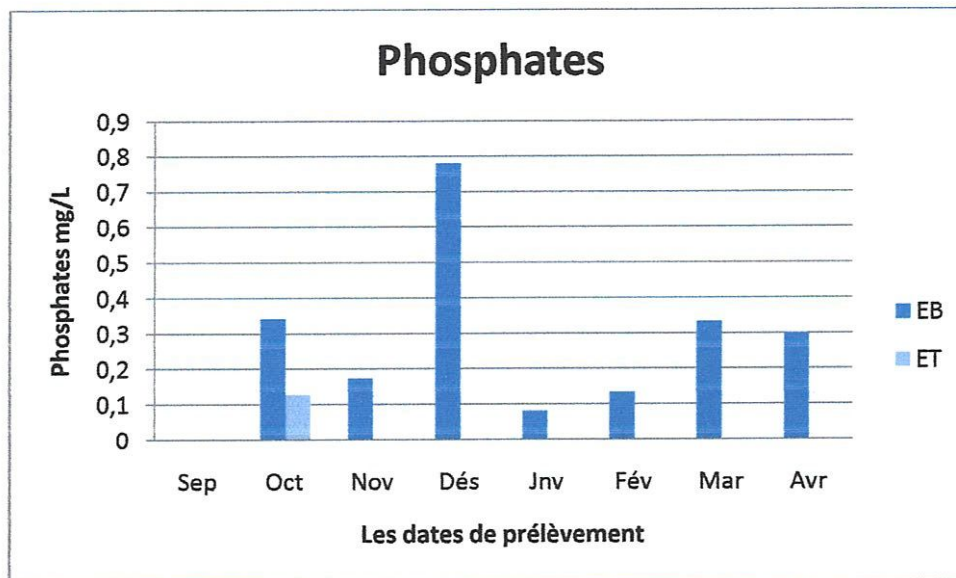


Figure 30: variation des teneurs des phosphates PO_4^{-3} de l'eau brute et l'eau traitée de Barrage Bouhamdane en fonction du temps.

À l'exception du mois de décembre où la qualité de l'eau est passable dans le barrage, la qualité de l'eau par rapport aux phosphates peut être classée de bonne à très bonne sur la période d'étude. (tableau.13)

1.20 Les nitrates :

La figure 31 représente les analyses expérimentales de la teneur des nitrates obtenues de l'eau de barrage et l'eau traitée pour les différentes dates.

Les teneurs en NO_3^- obtenues au cours de notre étude varient 0 et 0.887 mg/L pour l'eau brute, on peut expliquer ces teneurs faibles par la présence des petites quantités des engrais dans les terrains agricoles, ce teneur reste toujours inférieurs à 10 mg/L dans le barrage, traduisant une très bonne qualité des eaux superficielles (tableau.13).

Dans notre analyse de l'eau traitée la teneur d'ammonium est nulle dans la plupart de temps sauf en mois de septembre, ces valeurs sont loin de dépasser la CMA (0.5 mg/L) selon les normes algériennes de potabilité des eaux de consommation humaine.

Tandis que l'eau brute une teneur varie entre 0.11 à 0.46 mg/L. Dans la zone d'étude l'apport en ammonium serait lié à l'activité agricole et l'excrément des animaux. Les valeurs d'ammonium durant la période d'étude montrent que l'eau de barrage Bouhamdane est de très bonne qualité (tableau 13).



Conclusion générale

sulfates, chlorures, métaux lourds, ...) et le contact de l'eau avec les gisements minéraux peut, par érosion ou dissolution, engendrer des concentrations inhabituelles en certains éléments

Enfin, cette étude a mis en évidence l'efficacité de la station de traitement de la région, qui a permis la réduction de grandes quantités de polluant de différente nature.

En définitive, nous recommandons vivement un meilleur suivi de la qualité de l'eau traitée afin de la rendre plus attractive au consommateur.

Référence bibliographique

Référence bibliographique

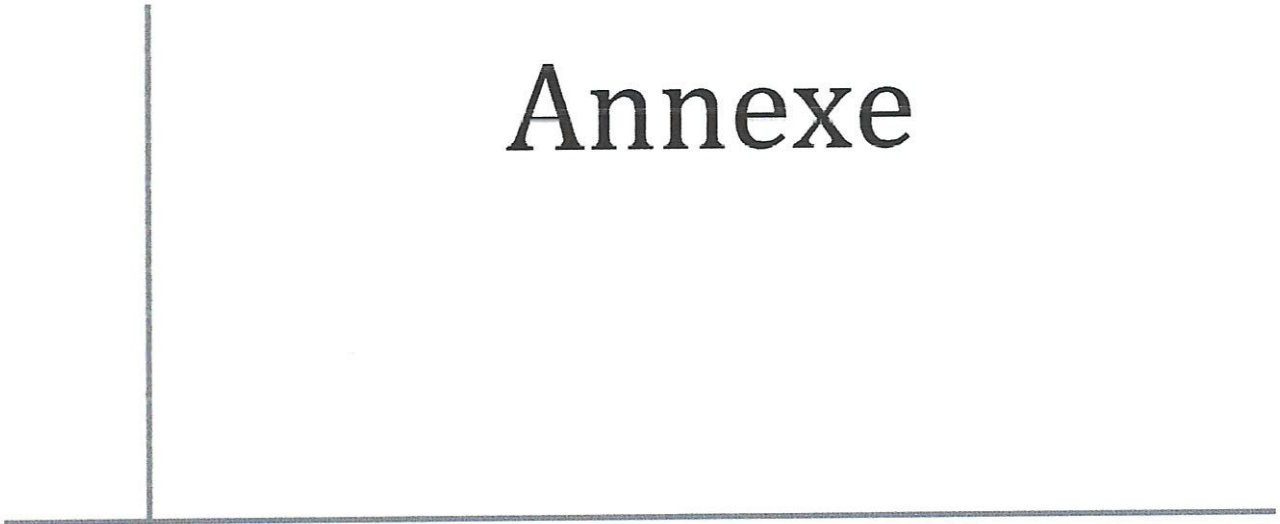
- 1- **BLIEFRT, Claus. PERRAUD, Robert.** Chimie de l'environnement : air, eau, sols, déchets. Edition : De Boeck Université, p.271-274-287.
- 2- **BOEGLIN, J.** Propriétés des eaux naturelles. Technique de l'ingénieur : traité environnement .G1 1210
- 3- **ROGER. Lambert,** Géographie du cycle de l'eau. Edition : Presses Universitaires du Mirail . 1996, p.335.
- 4- **CHRISTOPHE. LECUYER,** L'eau sur la terre : propriétés physico-chimique et fonction biologique. Edition ISTE ed, 2014, p.1-12.
- 5- **BOUDJADJA A. MESSAIHEL M. PAUC II.** " les ressources hydriques en Algérie du Nord" Revue des Sciences de l'Eau 16/03/2003
- 6- **OUALI, S.** Cours de procédés unitaires biologiques et traitement des eaux. 2^{ème} édition: OPU. 2008.
- 7- **SARI. Hassiba** ,2014. Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source «Attar » ; Mémoire de master 2, université de Abou -Bekr BELKADJEM Tlemcen
- 8- **Loucif SEIAD N.**"Les ressources en eau et leurs utilisations dans le secteur agricole en Algérie" Laboratoire d'Économie Agricole et Agroalimentaire. INRA Revue HTE n° 125 mars 2003.
- 9- **DEGREMON.T,** Mémento technique de l'eau : technique et documentation. Tome 1, 1989.p.24-25-38.
- 10- **Zerki. N,** 2013. Apport de la chimométrie pour l'analyse et l'interprétation de quelques paramètres physico-chimiques influençant la réparation des métaux lourds, des éléments nutritifs et des anions dans les eaux de l'oued de Bouregreg. Thèse de doctorat, université Mohammed V –Agdal , RABAT
- 11- **ANDRE. MUSY, CHRISTOPHE. HIGY,** Hydrologie: Une science de la nature PPUR presses polytechniques, 2004,p.194
- 12- **MIREILLE. DEFRANCESCHI.** L'eau dans tous états, Edition : ellipses, p.49-70.

- 13- **GAAMOUNE. S**, 2010. Le rôle des bio-films dans les traitements biologique des eaux, Mémoire de Magister, université Ferhat Abbes-Setif.
- 14- **DAJOZ R.** Précis d'écologie.4ème édition, Gauthier Villars, 1982, p525.
- CARDOT. Claude**, Génie de l'environnement : les traitements de l'eau. Paris, 1999.
- 15- **ASEF**, Pollution de l'eau : Origines et impacts, 2010,p3-4.
- 16- **MAIGA. Alpha S**, Qualité organoleptique de l'eau de consommation produite et distribuée par l'EDM.SA dans la ville Bamako : évaluation saisonnière, diplôme d'état, Université Bamako, 2005
- 17- **ZELLA L.**, L'eau pénurie ou incurie. Edition: OPU. Office des Publications. Universitaires. 2007.
- 18- **JEANNE, MAGER S.** Encyclopédie de sécurité et de santé au travail, International Labour Organization, 2000.p55.27
- 19- **MOKDADI. II, MESSAI Ahmcd. N**, 2015. Contribution à l'étude de la qualité physicochimique et bactériologique des quelques zones humides de la wilaya d'El-Oued, mémoire de Master, Université Echahid Hamma Lakhdar d'el-oued.
- 20- **CHAOUL. M**, 2013. Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et métallique des eaux de surface (Oued Moulouya/Barrage Hassan II) au voisinage de la mine abandonnée Zeïda, Mémoire de Stage de Fin d'Etudes, Université Cadi Ayyad Faculté des Sciences et Techniques Marrakech.
- 21- **FAURIE.C,ErraC, Médorie P,Devane J,RemptimeJ**,2003.Ecologie, approche scientifique et pratique. 5^{ème} édition LAVOISIER. 823p.
- 22- **BOUGOUIZI. M L**, Contribution à l'étude bactériologique et physicochimique de l'eau de Oued El-Kebir Wilaya de Skikda, Magistère en sciences de la mer, Université 20 Août 1955-Skikda.
- 23- **FRIOUA. S**, 2014. Localisation Et Caracterisation Des Zones Sources De Pollution Des Ressources En Eau De La Ville De Biskra A L'aide De S.I.G, Mémoire de master, Université Mohamed Khider – Biskra.
- 24- **MIZI. Abdelkader**, 2006. Traitement des eaux de rejets d'une raffinerie des corps gras région de Bejaia et valorisation de déchets oléicoles. Thèse de doctorat d'état, université d'Annaba, Algérie.

- 25- **GENOUDET.**, L'eau de robinet : de la source au verre. Extrait de dossier de bulletin de l'association médicale Kouzmine internationale, 2001.
- 26- **MOUMOUNI. DJERMAKOYE H**, Les Eaux Résiduaire des Tanneries et des Teintureries caractéristique Physico-chimiques, Bactériologique et impact sur les eaux. 2005.
- 27- **RODIER.J**, L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, Eaux résiduaire, Eau de mer. 9^{ème} édition: Dunod, Paris. 2009.
- 28- **RODIER J.**, L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, Eaux résiduaire, Eau de mer. 8^{ème} édition : Dunod, Paris. 2005.
- 29- **RODIER.J**, L'analyse de l'eau : Eaux naturelle, Eaux résiduaire, Eau de mer. 7^{ème} Ed. Dunod. France. 1999.
- 30- **Amel. Allagua, Nouha. Kaouachi, Chahinez. Boualeg, Adel. Ayari, Mourad Bensouileh**, 2017. Caractérisation Physico-chimique des eaux du Barrage Foun El-Khanga (Région De Souk-Ahras, Algérie) European Scientific Journal, Vol.13, No.12
- 31- **OMS** . Protection et amélioration de la qualité de l'eau. 2eme édition. Volume 1. Genève:18.2004
- 32- **l'IBGE**: L'eau à Bruxelles, Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface: cadre général. 2005.
- 33- **EDELIN M.F.** Epuration physico-chimique de eaux, 2è me édition, Ed.CEBEDOC, 1992
- 34- **CIFF**, Qualité de l'eau : introduction aux microsystemes d'approvisionnement en eau potable. Conseil interministériel fédéral de formation sur qualité de l'eau, Canada, 2011.
- 35- **KEMMER F.**, Manuelle de l'eau .Edition : Lavoisier technique et documentation.. 1984.
- 36- **MERCIER J.** , Le grand livre de l'eau. Edition: La reconnaissance du livre. Collecte art de vivre. 2000, P 91.
- 37- **Jestin. Emmanuel**, la production et le traitement des eaux destinées à l'alimentation et à la préparation de denrées alimentaires, Agence de l'eau Seine-Normandie, Direction des Bocages Normands.
- 38- **GAUJOUR D.**, La pollution des milieux aquatiques : Aide mémoire. 2eme édition : Lavoisier. 1995.
- 39- **ADE**, Centre de formation aux métiers de l'eau de Tizi-Ouzou, maintien la qualité de l'eau dans les réseaux de distribution et lutte contre les pollutions accidentelles.
- 40- **GRAINI. L**, 2011. Contrôle de la pollution de l'eau par méthode acousto-optique, Optique Appliquée, Mémoire de Magister, Université Ferhat Abbas-Sétif.
- 41- **VALIRON F.**, Gestion des Eaux : alimentation en eau - assainissement, Presses de l'école Nationale des ponts et chaussées, Paris, 1989.
- 42- **MOUCHET P**, Les modalités de traitement des eaux brutes. STP. Pratiques, 1991
- 43- **ANB** : agence national des barrages, fiche technique du barrage Hammam Debagh, rapport et documents inédits.

- 44- Miloud BELHADI, DGA de l'ANRH " Quelques données sur le secteur de l'eau et sur la nouvelle politique de l'eau en Algérie" Rapport du conseil national économique et social; 15ième session Mai 2000.
- 45- Ifé : Institut français de l'éducation, propriétés physico-chimique de l'eau
- 46- Healing Earth , the structure of water, <https://healingearth.ijep.net/water/structure-water>
- 47- Erhard Cassegrain, A. & Margat, J. (1979) Introduction à l'économie générale de l'eau. BRGM, Orléans, France.
- 48- Alloprof, le cycle de l'eau, <http://www.alloprof.qc.ca/BV/pages/s1381.aspx> Setec lerm, propriétés physique de l'eau <http://doc.lerm.fr/proprietes-physiques-leau/>

Annexe



8- Dosage de l'Ammonium NH_4^+ :

- Réactif I (Réactif coloré): Peser 13g + ou- 1g de salicylate de sodium, 13g + ou - 1g de citrate trisadique dihydraté et 0,097g de sodium nitropentacyanoferrate (III) dihydraté à dissoudre dans 100 ml d'eau distillée. Conserver dans un récipient en verre brun. Cette solution est stable pendant 2 semaines.
- Réactif II (Dichloroisocyanurate de sodium): prendre 3,2g d'hydroxyde de sodium dans 50 ml d'eau distillée, + 0,2g +ou- 0,002g de dichloroisocyanurate dihydraté . Dissoudre dans 100 mL d'eau distillée. Conserver dans un récipient en verre brun.

Annexe n°02: classification de la qualité des eaux naturelles de surface en Algérie.

Tableau 13: grille de classification de la qualité des eaux naturelles de surface continentale en Algérie.

Classe de qualité	Unité	Très Bonne	Bon	Passable	mauvaise
NO_3^-	mg/L	≤ 2	3 à 10	10 à 25	≥ 50
NH_4^+	mg/L	≤ 0.5	0.5 à 1.5	2 à 3	≥ 4
NO_2^-	mg/L	≤ 0.03	0.03 à 0.3	0.5 à 1	≥ 1
PO_4^{3-}	mg/L	≤ 0.1	0.1 à 0.5	0.6 à 2	≥ 2

Tableau 14: Grille de la qualité des eaux superficielles (ARNH, 1999).

Classe Paramètres	Unité	Très bonne	Bon	Passable	Mauvais
Résidus sec	mg/L	300-1000	1000-1200	1200-1600	> 1600
MES	mg/L	0-30	30-75	75-100	> 100
Cl^-	mg/L	10-150	150-300	300-500	> 500
SO_4^{2-}	mg/L	50-200	200-300	300-400	> 400

Tableau 15: Les normes algériennes de potabilité des eaux de consommation humaine.

Paramètres	Unité	Niveau Guide	CMA
Température	°C	25	
pH		6,5 à 8,5	-
Conductivité	$\mu S/cm$	-	2800
Turbidité	NTU		5
TDS	mg/L		349
Résidu sec	mg/L	-	2000
TAC	°F	50	-

TA	mg/L CaCO ₃	-	-
MES	mg/L	-	abs
Dureté totale	mg/L	100	500
Calcium	mg/L	75	200
Magnésium	mg/L	-	150
Bicarbonates	mg/L	-	-
Sulfates	mg/L	200	400
Chlorures	mg/L	200	500
Nitrates	mg/L	-	50
Nitrites	mg/L	-	0,2
Ammonium	mg/L	0,05	0,5
Phosphates	mg/L	-	0,5
Aluminium	mg/L	-	0,2
Fer	mg/L	-	0,3

Tableau 16: Classification de la qualité des cours d'eau en Algérie selon ABH, 2009

Classe	Très bonne	Bonne	Passable	Mauvaise	Très mauvaise
Qualité chimique	Eau exempte de pollution	Eau de qualité moindre pouvant satisfaire tous les usages	Eau de qualité médiocre, suffisante pour les usages peu exigeants	Eau polluée inapte à la vie biologique	Eau très polluée inapte à tous les usages, pouvant constituer pour la santé publique et l'environnement
Eau potable	acceptable	Traitement simple	Traitement classique	Traitement complexe	Inapte

Résumé

Barrage Bouhamdane représente une importante source d'approvisionnement en eau pour l'irrigation agricole et la consommation humaine de la région de Guelma.

Notre recherche comprend l'étude physico-chimique basée sur les normes nationales pour l'eau brute et l'eau après le processus de traitement afin de déterminer la possibilité

de leur utilisation tout en maintenant la santé du consommateur en premier lieu et de décrire les principales étapes de traitement des eaux de surface dans la station de traitement de Hammam Debagh dans la wilaya.

Les échantillons de l'eau du barrage ont été prélevés mensuellement durant une période de huit mois de septembre 2017 jusqu'à avril 2018, ont été analysés en vue de mesurer les paramètres physico-chimiques et les indicateurs de pollution: nitrates et nitrites, ammonium, phosphates, sulfates, chlorures, etc.

Les résultats trouvés montrent que les données concernant la qualité des eaux de barrage et les caractéristiques des sources de pollution sont peu nombreuses. Les autres paramètres tels que : la température ; le pH ; la conductivité électrique; la turbidité; salinité; TDS; résidus secs; le titre hydrotimétrique; le bicarbonate; le calcium ; le magnésium; le titre alcalimétrique complet; teneurs en matières en suspension; matières organique; le fer ; aluminium montrent que les eaux de ce barrage ont une qualité acceptable sur le plan physico-chimique et que l'origine de la plupart des éléments présents dans nos eaux sont les roches et les terrains traversés.

Mots clés: qualité des eaux, Barrage Bouhamdane- Guelma, l'eau brute et l'eau traitée, paramètres physico-chimiques et les indicateurs de pollution.