

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ MOULOUD MAMMERI, TIZI-OUZOU

FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

DÉPARTEMENT DES SCIENCES ALIMENTAIRE



Mémoire de Fin d'Etudes

Filière : *Sciences alimentaires*

Spécialité : *Sécurité Agro-alimentaire et Assurance Qualité*

Thème :

***Étude comparative de la qualité physicochimique et bactériologique des
eaux de source et l'eau de barrage Taksebt de la wilaya de Tizi-Ouzou***

Présenté par :

HOCINE Hanane

HOCINE Ouiza

Devant le jury d'examen composé de :

16/07/2023

Présidente : M^{me} TABLI. N MCB

Promotrice : M^{me} MEDJKOUH- REZZAK. L MCB

Examinatrice : M^{me} BOUKANDOUL. S MCB

Année universitaire 2022/2023

Remerciements :

Au terme de ce modeste travail nous remercions Dieu le tout puissant de nous

Avoir donné courage et patience de réaliser ce travail.

Nous tenons tous particulièrement à adresser nos remerciements les plus vifs

D'abord à notre encadreur Madame Rezzak L qui nous a fait l'honneur de diriger ce mémoire sur un sujet passionnant et nous a guidés tous au long de son élaboration, nous lui sommes très reconnaissants pour ses conseils, sa disponibilité et son sérieux dans le travail.

Nous remercions vivement le présidente Madame Tabli Net l'examinatrice Boukandoul S pour avoir accepté de faire partie du jury de ce modeste travail.

Nous tenons également à remercier toutes les personnes du laboratoire de la station SEAAL à Boudouaou particulièrement : Mr Hadj Arabe Mourad, Madame Mechahed Taoues et Ben Rachdi Loukmen.

Dédicaces :

Je dédie ce travail à :

- ❖ *Mes très chers parents : Hocine Ali et Boualem Malika qui m'ont élevé après ma naissance. Aucune dédicace ne peut être à la hauteur pour exprimer mes sentiments de reconnaissance et de gratitude pour leurs amours, leurs sacrifices, tendresse affection et encouragements durant ma vie. Que dieu les protèges.*
- ❖ *À mon chère mari Amine Ferhat et mes frères, pour tout leur soutien durant ma carrière.*
- ❖ *Tous ce qui m'ont idée à réaliser ce travail de près ou de loin.*

HOCINE OUIZA

Je dédie ce travail à :

Mes parents : Hocine Rachid, Mouaici Ouiza. Nulle dédicace n'est susceptible de vous exprimer ma profonde affection et mon immense gratitude pour tous les sacrifices que vous avez consentis pour mes études et mos éducation

Mon frère : Hocine Yanis

Ma tante : Mouaici Djamila

Mes cousins : Lounis, Celia, Melissa, Ahmed

A tous mes amis et mes proches qui m'ont aidé à réaliser ce travail.

HOCINE HANANE

Listes des figures

Liste des figures

Figure N°1 : valeurs moyenne de la conductivité électrique	27
Figure N°2 : valeurs moyenne de la turbidité	28
Figure N°3 : valeurs moyenne de pH	29
Figure N°4 : valeurs moyenne des nitrites.....	31
Figure N°5 : valeurs moyenne des nitrates	32
Figure N°6 : valeurs moyenne de fer	33
Figure N°7 : valeurs moyenne des phosphates	35
Figure N°8 : valeurs moyenne d'ammonium	36
Figure N°9 : valeurs moyenne des manganèses	38
Figure N°10 : valeurs moyenne des sulfates	39
Figure N°11 : valeurs moyenne de la matière organique	41
Figure N°12 : valeurs moyenne de la dureté.....	42
Figure N°13 : valeurs moyenne de calcium	43
Figure N°14 : valeurs moyenne de TAC	45
Figure N°15 : valeurs moyenne des chlorures	46

Listes des tableaux

Tableau I : Normes de potabilités selon JORA et OMS

Tableau II : Résultats des analyses physico-chimiques premier échantillon

Tableau III : Résultats des analyses physico-chimiques deuxième échantillon

Tableau IV : Résultats des analyses physico-chimiques troisième échantillon

Tableau V : Valeurs moyennes de la conductivité électrique

Tableau VI : Valeurs moyennes de la Turbidité

Tableau VII : Valeurs moyennes du pH.

Tableau VIII : Valeurs moyennes des Nitrites.

Tableau IX : Valeurs moyennes des Nitrates.

Tableau X : Valeurs moyennes du Fer.

Tableau XI : Valeurs moyennes des Phosphates.

Tableau XII : Valeurs moyennes d'Ammonium.

Tableau XIII : Valeurs moyennes des Manganèses.

Tableau XIV : Valeurs moyennes des Sulfates.

Tableau XV : Valeurs moyennes de la MO.

Tableau XVI : Valeurs moyennes de la Dureté (TH).

Tableau XVII : Valeurs moyennes de Ca^{2+} .

Tableau XVIII : Valeurs moyennes de TAC.

Tableau XIX : Valeurs moyennes des Chlorures.

Tableau XX : Résultats des analyses bactériologiques premier échantillon

Tableau XXI : Résultats des analyses bactériologiques deuxième échantillon

Tableau XXII : Résultats des analyses bactériologiques troisième échantillon

Tableau XXIII : Résultats des coliformes totaux et E. Coli

Tableau XXIV : Résultats des entérocoques

Tableau XIX : Résultats des bactérie sulfito-réductrice

Listes des abréviations

ADE : Algérienne Des Eaux

AgCl : chlorure d'Argent

AlCl₃ : chlorure d'aluminium

BaCl₂ : chlorure de baryum

C° : degré Celsius

Ca²⁺ : calcium

CE : conductivité électrique

Cl₂le : dioxyde de chlore

ClO₂ : l'hypochlorite

CO₃²⁻ : carbonates

CuSO₄ : sulfate de cuivre

EDTA : acide éthylène diamine tétra-acétique

F° : degré français

Fer²⁺ : Fer ferrique

Fer³⁺ : Fer Ferro

FeCl₃ : sulfate ferrique

HCO₃⁻ : bicarbonates

IMn : permanganate

JORA : journal officiel de république Algérienne

K₂CrO : dichromate de potassium

KMnO₄ : permanganate de potassium

MES : matière en suspension

Mg²⁺ : magnésium

Min : minute

MO : matière organique

NaClO : l'eau de javel

NaC₂O₄ : oxalate de sodium

NH₃ : Ammoniac

Npp : nombre le plus probable

NTU : unité de turbidité néphélogométrique

O₃ : l'ozone

Listes des abréviations

OMS : organisation mondiale de santé

ONA : office National de l'Assainissement

pH : potentiel hydrique

TA : titre alcalimétrique

TAC : titre alcalimétrique complet

TH : Dureté

Table de matière

Listes des figures

Listes des tableaux

Liste des abréviations

Introduction générale 01

Première Partie : Etude bibliographique

Chapitre I : Généralités sur l'eau

I.1. Introduction 02

I.2. Définition de l'eau 02

I.3. Origines et différents types d'eau 02

I.3.1. Eaux de source 02

I.3.2. Eaux brutes 02

I. 3.3. Eaux minérales 03

I.4. Paramètres et caractéristiques 03

I.4.1. Paramètres organoleptiques 03

I.4.1.1. Odeur 03

I.4.1.2. Couleur 03

I.4.1.3. Gouts, saveur et la flaveur 03

I.4.2. Paramètres physico-chimiques 04

I.4.2.1. Potentiel hydrogène 04

I.4.2.2. Conductivité électrique..... 04

I.4.2.3. Turbidité..... 04

I.4.2.4. Dureté 04

I.4.2.5. Alcalinité..... 04

I.4.2.6. Calcium 05

Table de matière

I.4.2.7. Chlorures	05
I.4.2.8. Sulfates	05
I.4.2.9 Matières organiques.....	05
I.4.3. Paramètres de pollutions	06
I.4.3. Paramètres de pollutions.....	06
I.4.3.1. Phosphates	06
I.4.3.2. Nitrites	06
I.4.3.3. Nitrates.....	06
I.4.3.4. Fer	06
I.4.3.5. Manganèse	06
I.4.3.6. Ammoniums	07
I.4.4. Paramètres bactériologiques	07
I.4.3.1. Coliformes totaux	07
I.4.3.2. Coliformes fécaux	07
I.4.3.3. Entérocoques	07
I.4.3.4. Bactéries sulfito-réductrices (spores)	08
I.4.3.5. Les staphylocoques.....	08
Chapitre II : Traitement des eaux	
II.1. Introduction.....	09
II.1. Pollution des eaux	09
II.1.1. Définition de la pollution de l'eau.....	09
II.1.2. Type de pollution.....	09
II.1.2.1. Pollution ponctuelles.....	09
II.1.2.2. Pollution diffuses.....	09

Table de matière

II.1.3. Origine de la pollution	10
II.1.3.1. Pollution domestique	10
II.1.3.2. Pollution accidentelle	10
II.1.3.3. Pollution industrielle	10
II.1.3.4. Pollution agricole	10
II.2. Maladies à transmission hydrique	11
II.3.1. Fièvres typhoïdes et paratyphoïdes	11
II.3.2. Choléra	11
II.3.3. Légionellose	11
II.3.4. Hépatite A	11
II.3. Traitement des eaux	12
II.3.1. Prétraitement	12
II.3.2. Pré-oxydation	12
II.3.3. Clarification.....	13
II.3.4. Désinfection	14
II.3.5. Affinage	14
II.4. Norme de potabilité	15

Deuxième Partie : Partie pratique

Chapitre III : Etude physico-chimique

III.1. Introduction	16
III.2. Présentation de la zone d'étude	16
III.3. Echantillonnage	17
III.3.1. Technique de prélèvement	17
III.3.1.1. Personnel.....	17
III.3.1.2. Flacons de prélèvement.....	17

Table de matière

III.3.1.3. Mode opératoire de remplissage	17
III.3.2. Transport et conservation	18
III.4. Etude physico-chimique.....	18
III.4.1. Détermination de la turbidité.	19
III.4.2. Détermination du PH par L'automate Metrohm.....	19
III.4.3. Détermination de la conductivité par L'automate Metrohm	19
III.4.4. Dosage des sulfates par spectrophotométrie d'absorption moléculaire.	19
III.4.5. Dosage du calcium par la méthode titrimétrique à l'EDTA	20
III.4.6. Dosage des chlorures par la méthode de Mohr	20
III.4.7. Dosage de la somme du calcium et du magnésium par la méthode titrimétrique à l'EDTA	21
III.4.8. Détermination de l'alcalinité : Titre alcalimétrique (TA) et titre alcalimétrique complet (TAC)	22
III.4.9. Détermination de l'indice de permanganate	22
III.5. Paramètres de pollution	24
III.5.1. Dosage spectrophotométrie des nitrates par méthode au salicylate de sodium.	24
III.5.2. Dosage des nitrites par méthode par spectrométrie d'absorption moléculaire	24
III.5.3. Dosage de l'ammonium par spectrophotométrie moléculaire	24
III.5.4. Dosage spectrophotométrique des ortho phosphates méthode au molybdate d'ammonium	25
III.5.5. Dosage du Fer dissous par la méthode spectrométrique à la phénanthroline	25
III.5.6. Dosage du manganèse par méthode au persulfate d'ammonium.	25
III.6. Analyse statistique	26
III.7. Résultats et discussion.....	26
III.7.1. La conductivité électrique	26
III.7.2. La turbidité	27
III.7.3. Le ph	29
III.7.4. Nitrite	29
III.7.5. Nitrate	31
III.7.6. Fer	32

Table de matière

III.7.7. Phosphate	34
III.7.8. Ammonium	35
III.7.9. Manganèse	36
III.7.10. Sulfate	38
III.7.11. Matière organique	39
III.7.12. Dureté.....	41
III.7.13. Calcium	42
III.7.14. TAC	44
III.7.15. Chlorure	45
Chapitre IV : Etude bactériologique	
IV.1. Introduction.....	46
IV.2. Etude bactériologique.....	46
IV.2.1. Recherche et dénombrement des Bactéries coliformes, d'Escherichia colis et d'entérocoques intestinaux Méthode Alternative IDEXX.	46
IV.2.2. Recherche et dénombrement des spores de bactéries anaérobies-réductrices méthode par filtration sur membrane.....	47
IV.3. Résultats et discussion	48
IV.3.1. Les coliformes totaux et E. Coli.....	48
IV.3.2. Entérocoques	50
IV.3.3. Bactéries sulfite-réductrices	52
Conclusion générale	54
Références bibliographiques	
Annexes	
Résumés	

Table de matière

Introduction Générale

Introduction

La terre porte le nom de planète bleu car c'est ainsi qu'elle apparait depuis l'espace. Sa surface comprend 70%, 96.5% d'eau de terre reprisant les océans (ou salé) et seulement 2.53% de cette dernière qui soutient la vie terrestre et la vie humaine (l'eau douce). En Algérie les eaux de surfaces sont les principales sources pour notre approvisionnement en eau potable, mais de plus en plus les individus et les municipalités se tournent vers les nappes phréatiques. (Ayad, 2017)

L'eau est un élément essentiel de la vie biologique. Non seulement, c'est un nutriment vital, elle est impliquée dans de nombreuses fonctions physiologiques essentielles telles que la digestion et l'absorption dont l'eau est le support des fonctions enzymatiques et des éléments nutritifs, l'élimination des déchets, la thermorégulation, la lubrification des articulations des organes permet aussi le passage des aliments dans le tractus gastro-intestinal. (Kirk Patrick Ken et Emma)

La population algérienne consomme beaucoup plus les eaux de sources et les eaux traitées par rapport aux eaux minérales. D'où l'intérêt qui nous a poussé à étudier la qualité des eaux de sources de la wilaya de Tizi-Ouzou et de barrage Taksebt.

La qualité d'eau est influencée par plusieurs et différents phénomènes naturels et anthropiques, [Chapman, 1996] le contrôle de la qualité de l'eau destiné à la consommation joue un rôle important sur la santé publique.

Notre travail est divisé en deux parties la première partie est consacrée à l'étude bibliographique à son tour composée de deux chapitres :

Le premier chapitre est des généralités sur l'eau (origine et caractéristique) et le deuxième chapitre les différents polluants qui affectent l'eau, les maladies à transmission hydriques et le procédé de traitement des eaux.

La seconde partie comprend l'étude expérimentale dont elle est composée de deux chapitres :

Le premier chapitre c'est la méthodologie de travail, résultats et discussions de l'étude physico-chimie et le deuxième chapitre c'est la méthodologie de travail, résultats et discussion de l'étude bactériologique.

En fin nous tirons une conclusion et proposons quelques perspectives.

Chapitre I

Généralités sur l'eau

I.1. Introduction

L'eau est une ressource importante pour toutes les activités humaines et pour l'être humain, mais malheureusement toutes les eaux ne sont pas utilisables surtout à la consommation humaine et donc l'appréciation de la qualité des eaux destinées à la consommation se base sur la mesure de certains paramètres organoleptiques, physico-chimiques et bactériologiques. L'ensemble de ces éléments permet d'évaluer le degré de pureté ou de pollution de l'eau.

I.2. Définition de l'eau

L'eau est une ressource naturelle indispensable pour la vie de tous les êtres vivants. L'eau est un liquide incolore inodore et insipide (OMS 2021), elle se retrouve sous trois états, l'état liquide, solide, gazeuse.

Une eau potable doit être apte à la consommation et doit être exempte de matière en suspension, polluants organiques, micro-organismes pathogènes.

I.3. Origines et différents types d'eau

I.3.1. Eau de source

L'eau de source est une eau d'origine souterraine faiblement minéralisée exempte de toute matière organique qui nuit à la santé et donc potable naturellement, ne subit aucun traitement sauf lors de la séparation des éléments instables ou de matières en suspension par la décantation ou par filtration.

L'eau de source est souvent distribuée sous le nom de la source où elle provient (Canellas, 1995).

I.3.2. Eau brute

L'eau brute est une eau qui contient à l'état naturel des impuretés telles que les particules en suspension, des minéraux, engrais et d'autres agents pathogènes.

Une eau brute donc doit être traitée avant de pouvoir être utilisée et consommée, l'indication des traitements subis pour cette eau est obligatoire. La surveillance de la qualité de ces eaux est assurée par les laboratoires (Canellas, 1995).

I.3.3. Eau minérale

L'eau minérale est une eau d'origine souterraine avec une composition chimique stable et naturellement pure. Elle n'est perturbée par aucune contamination (contamination physique, chimique, microbien).

Une eau minérale possède un ensemble des caractéristiques favorables à la santé humaine, elle se caractérise des autres eaux par sa teneur au minéraux, oligoélément (Canellas, 1995).

I.4. Paramètres et caractéristiques

I.4.1. Paramètres organoleptiques

I.4.1.1. L'odeur

On peut définir l'odeur comme un ensemble des sensations perçue par l'organe olfactif par filtration des substances volatiles (Rodier, 2005).

I.4.1.2. La couleur

La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration. Les couleurs réelles et apparentes sont approximativement identiques dans l'eau claire et les eaux de faible turbidité (Rodier, 2005).

I.4.1.3. Gouts, saveur et la flaveur

Le gout est l'ensembles des sensations olfactives, gustatives et sensibilité chimique commune perçues quand la boisson et l'aliment se trouve dans la bouche.

La saveur est l'ensemble des sensations perçues à la suite de la stimulation par quelques substances solubles des bourgeons gustatifs.

La flaveur est l'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif, les bourgeons gustatifs et la cavité buccale auxquelles peuvent s'ajouter des sensations thermiques, chimiques, tactiles, kinésiques, douloureuse... etc (Rodier, 2005).

I.4.2. Paramètres physicochimiques

I.4.2.1. Potentiel hydrogène

Le potentiel hydrogène des eaux dépend de leurs origines et de leurs natures géologiques, il conditionne un grand nombre d'équilibre physico-chimique.

Le PH des eaux naturelles est compris entre 6 et 8.5, il mesure la concentration en H^+ et donc traduit la balance entre acide et base sur une échelle 0 à 14 (Abboudi *et, al* 2014)

I.4.2.2. La conductivité électrique

La conductivité électrique donne l'idée sur la minéralisation d'une eau, elle dépend des charges de la matière organique endogène et exogène (Belghiti *et, al* 2013). La conductivité électrique considéré comme un bon marqueur de l'origine de l'eau et permet d'apprécier la quantité des sels dissous (Rodier, 2005).

I.4.2.3. La turbidité

La turbidité d'une eau est due à la présence des particules en suspension qui y existe dans comme l'argile, le limon, les matières organiques et inorganiques, les matières colloïdales (Ben Thayer *et, al* 2007).

La turbidité est un indice de l'efficacité de procédé de traitement et donc plus qu'elle est faible l'eau est plus efficace.

I.4.2.4. Dureté

La dureté totale ou titre hydrotimétrique (TH) est la somme des concentrations en ions métalliques tels que l'aluminium, baryum, fer, calcium, manganèse, le calcique et magnésienne les deux ions prédominants.

La dureté est mesurée par le titre hydrotimétrique exprimé en degré français ($^{\circ}F$), la concentration optimale d'une eau se situe entre 80 et 100 mg/L (Farah, 2013)

I.4.2.5. Alcalinité

L'alcalinité renseigne sur la présence de bases et de sels d'acides faibles et donc l'inverse de l'acidité, et quand ces derniers être dosé peuvent interfèrent dans la mesure. Deux titres existent :

- ✚ Le titre alcalimétrique simple (TA) : correspond à la concentration de l'eau en ion OH^- et $\frac{1}{2}$ de la concentration en ion carbonate ;
- ✚ Le titre alcalimétrique complet (TAC) : correspond à la concentration de l'eau en ion OH^- en ions carbonates CO_3^{2-} et bicarbonates HCO_3^- .

L'unité de l'alcalinité est le degré français dont $1^{\circ}F = 10mg/L$ de $CaCO_3$. (Rodier, 2005).

I.4.2.6. Calcium

Le Calcium est un métal alcalino-terreux, il se trouve dans les eaux naturelles, il est présent sous forme de carbonate dans les roches calcaires. Le calcium ne pose pas des problèmes sur la potabilité des eaux mais il a comme inconvénient sa liaison avec la dureté (Rodier, 2005).

I.4.2.7. Chlorures

Les chlorures sont présents dans la nature sous forme de sel de sodium NaCl, se sont considérées comme de bon indicateur de la pollution. En communiqué à l'eau, une saveur désagréable se résulter. La teneur en ion chlorures des eaux naturelles est inférieure à 50mg/L (Dargent *et al*, 2017)

I.4.2.8. Sulfates

Les sulfates sont l'ensemble des anions avec certains atomes chargés positivement et sont naturellement distribués dans l'environnement aquatique, très solubles et mobiles dans l'eau, ils ne subissent aucune dégradation et précipitation.

Les sulfates peuvent être présents dans les eaux par une origine entropique ou par les influences industrielles et les dépôts d'origine atmosphérique (Anonyme, 2019).

I.4.2.9 Matières organiques

La matière organique composante ubiquiste des eaux, constituée de plusieurs complexes hétérogènes. La matière organique provient par l'activité photoplantonique et microbienne (origine autochtone), lessivage des sols, percolation des eaux (origine allochtone).

La matière organique constitue un élément d'intérêt lors de la production des eaux potables parce qu'elle interfère avec plusieurs procédés de traitement (réservoir principal des sous-produits de désinfection) (Rodier, 2005).

I.4.3. Paramètres de pollutions

I.4.3.1. Phosphates

Les ions phosphates se trouvent dans les eaux de surface ou dans les nappes et comme ils peuvent être naturelle : décomposition de la matière organique, lessivage, engrais (BERRAHAL, 2019).

On trouve les phosphates dans l'eau sous forme des traces en absence d'oxygène et ils sont responsables du phénomène d'eutrophisation des eaux superficielles (Moussa *et al* 2005).

I.4.3.2. Nitrites

Les ions de nitrite représentent une étape intermédiaire entre les nitrates et l'azote ammoniacal ce qui explique les faibles quantités recentrées dans l'eau (Abboudi et, *al* 2014). Les nitrites proviennent d'une oxydation incomplète d'une matière organique et aussi à la réduction des nitrates par les bactéries sulfite réductrice (Belghiti et, *al* ; 2013).

I.4.3.3. Nitrates

Les nitrates représentent la forme azotée la plus présente dans les eaux naturelles (Rodier, 2005). Les nitrates sont présents dans l'eau par le lessivage des produits azotés, des compositions de la matière organique ou des engrais (Belghiti et, *al* 2013). Les nitrates constituent un facteur de la dégradation de la qualité de l'eau (Abboudi, 2014).

I.4.3.4. Fer

Le fer est l'un des métaux les plus abondants dans la croûte terrestre. Il est présent dans les eaux souterraines et les eaux superficielles. La présence du fer dans l'eau engendre la dégradation de la qualité de cette dernière, leur précipitation favorise le développement de certaines bactéries et ces dernières provoquent une coloration rougeâtre (Ruiti et al, 2015). On trouve le fer en suspension et en fer dissous (Rodier, 2005).

I.4.3.5. Manganèse

Le manganèse est présent en quantité très importante dans la nature, il est essentiellement sous forme d'oxyde dans le sol. Il peut avoir quatre origines différentes dans les eaux naturelles : les roches, les pollutions accidentelles, le drainage des sols, l'accumulation dans la zone réductrice des barrages (Montiel *et al*, 1990)

I.4.3.6. Ammoniums

L'ammonium est un anion très abondant, il existe en faible concentration dans les eaux naturelles et constitue un bon indicateur de la pollution d'eau.

L'ammonium est le produit final de la réduction des substances azotées et la matière organique, il provient de l'excrétion des organismes vivants, la dégradation des déchets et les apports d'origine domestique, industrielle et agricole (Achhar *et al*, 2017).

I.4.4. Paramètres bactériologiques

L'importance de ces paramètres bactériologique c'est de rechercher soit celle qui sont susceptibles d'être pathogènes soit, ce qui est souvent plus aisé. Ces paramètres sont importants car la qualité bactériologique d'une eau nécessite des contrôles permanents et représentant la cause la plus fréquente de non potabilité de l'eau (Balloy et, *al* 2019).

I.4.3.1. Les coliformes totaux

Les coliformes totaux sont des bactéries anaérobies, à Gram négative, d'origines animales et humaine. Elles existent dans les matières fécales et se développent dans les milieux naturels (sols, eaux). Ce groupe bactérien est utilisé comme indicateur de la qualité microbienne de l'eau. Les coliformes totaux comprennent beaucoup d'espèces telle que E. Coli, Klebsiella et Serratia dont la plupart de ses espèces ne sont pas pathogènes à l'exception de certaine souche de E. Coli (Rodier, 2005).

I.4.3.2. Les coliformes fécaux

Les Coliformes fécaux sont un sous-groupe de coliforme totaux. Ce sont des bactéries saprophytes du tube digestif des animaux, anaérobies à Gram négative.

Les E. Coli sont utilisés comme premier indicateur de la contamination fécale, leur absence ne signifie pas l'absence des autres micro-organismes et pour cela les industries de traitement des eaux potables utilisent des indicateurs supplémentaires (Entérocoque) (Rodier, 2005).

I.4.3.3. Les entérocoques

Sont des bactéries anaérobies facultatifs, immobiles, à Gram positive, présentes sous forme de diplocoques ou de coques. Ce genre de bactéries peut survivre dans des conditions hostiles comme les milieux alcalin, riche en sel ou à température extrême (Rodier, 2005).

I.4.3.4. Les bactéries sulfito-réductrices (spores)

Les bactéries sulfito-réductrices sont des bactéries anaérobies à gram positive. Elles se développent uniquement en absence de l'oxygène et se trouvent sous forme des spores très résistantes. Elles sont souvent considérées comme des témoins de pollution fécale et exceptionnellement l'un des indicateurs de la qualité microbiologique d'une eau (Rodier, 2005).

I.4.3.5. Les staphylocoques

Les staphylocoques sont des bactéries à Gram positive, aérobies facultatifs, sont parmi les organismes asporulés les plus difficiles à les éliminés. Elles résistent aux températures élevé (60°C pondant 30 min) et au désinfectants (chlore). Les staphylocoques provoquent une toxi-infection alimentaire car ils produisent des entérotoxines thermorésistantes responsables d'une gastro-entérite (Rodier, 2005).

Chapitre II

Traitement des eaux

II.1. Introduction

La qualité de l'eau potable est évaluée à partir des critères de qualité. En effet l'utilisation d'une eau médiocre pour la production d'eau potable peut accroître les risques pour le consommateur si cette eau n'est pas bien traitée ou elle contient des produits nuisibles pour la santé. L'eau est considérée souvent comme un symbole de pureté, elle est progressivement devenue le produit alimentaire le plus surveillé et elle est soumise aux normes de qualité.

II.2. Pollution des eaux

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. Une eau est dite polluée lorsque son équilibre est modifié d'une façon durable par l'apport en quantités très importantes des substances plus ou moins toxiques.

II.2.1. Définition de la pollution de l'eau

La pollution d'eau est une dégradation ou perturbation des propriétés physiques, chimiques et biologiques, qui résultent en général d'un apport de matière ou de substance exogènes nuisibles.

Cette pollution dépend de la nature(qualité) et de la quantité du polluant (Brigitte et *al*, 2003).

II.2.2. Type de pollution

Les eaux sont généralement affectées par un ensemble d'activités humaines telles que l'agriculture, l'industrie.... etc. La pollution en eau se divise en deux classes : la pollution diffuse et la pollution ponctuelle (Sophie et *al*, 2018).

II.2.2.1. Pollution ponctuelle

La pollution ponctuelle est une pollution dont les polluants de type domestiques ou industrielles sont rejetés directement dans les cours d'eaux. Ils sont facilement quantifiables, repérables et leurs impacts peuvent être rapidement évalués et contrôlés et donc ces polluants peuvent être éliminés soit en arrêtant l'apport des polluants ou par traitement des eaux polluées (Sophie et *al*, 2018).

II.2.2.2. Pollution diffuses

La pollution diffuse provient principalement de source municipale ou liée à l'agriculture, mais couvre une grande variété d'activité. Ces polluants sont transportés par l'écoulement des

eaux. Les sources de cette pollution sont beaucoup plus difficiles à détecter à cause de leur répartition et de leur manifestation intermittente. L'évaluation des sources polluantes diffuses est plus complexe car il y a la transformation physique, chimique et biologique de ces polluants (Sophie et *al*, 2018).

II.2.3. Origine de la pollution

II.2.3.1. Pollution domestique

La pollution domestique est une pollution qui provient des habitations dont l'évacuation se fait généralement par un réseau d'assainissement qui collecte les rejets vers les stations de traitement des eaux. Elle se caractérise par des fortes teneurs en matières organiques, sels minéraux, germes fécaux, solvants, antibiotiques, détergents dont à la fin de traitement (sortie de la station) on trouve les mêmes éléments en faibles concentration (Brigitte et *al*, 2003).

II.2.3.2. Pollution accidentelle

La pollution accidentelle est à l'origine de dommage spectaculaire, provoqué par le versement des produits chimiques, d'eaux usées, rupture fosse à lisier, effluents d'élevages et aussi des rejets en amont des stations d'épurations. La pollution accidentelle est une pollution aléatoire et éphémère, elle a un impact sur l'approvisionnement en eau potable et des nappes phréatiques (Carole et *al*, 2018).

II.2.3.3. Pollution industrielle

La pollution industrielle est une pollution qui provient des polluants d'origine industrielle et qui sont très variés selon le type d'activité (substances organiques banales, hydrocarbures, sels minéraux métaux lourds...). Ces polluants sont exceptionnels mais encore chroniques (Ziani, 2017). Les effets de la pollution industrielle sont très diversifiés selon le type de substance rejetée par exemple l'augmentation de température provoque une modification des peuplements d'animaux et de végétaux (Brigitte et *al*, 2003).

II.2.3.4. Pollution agricole

La pollution agricole est une pollution qui provient d'utilisation massive des engrais et des produits chimiques de traitement des plantes ce qui provoque la destruction de la vie dans les rivières et donc l'eau devient impropre à la consommation humaine. Le transfert de ses

engrais à la nappe phréatique se fait par infiltration sur l'ensemble de la surface cultivée ou par les rejets dans les puits... (Ziani, 2017).

II.3. Maladies à transmission hydrique

Dans l'eau il existe des bactéries banales autotrophes et des bactéries pathogènes dont leurs présences sont accidentelles et qui vivent au détriment des mammifères, on trouve aussi des virus qui nuisent à l'être humain en provoquent plusieurs maladies telles que :

II.3.1. Fièvres typhoïdes et paratyphoïdes

Les fièvres typhoïdes et paratyphoïdes sont des septicémies causées par des Salmonelle. Elles sont caractérisées par des fièvres, céphalées, diarrhée, douleurs abdominales, accompagnées d'un abattement extrême et qui peuvent avoir des complications graves et parfois mortelles (hémorragies intestinales...). La contamination se fait par voie digestive à partir des eaux contaminées par des matières fécales (Vilaginés, 2010).

II.3.2. Choléra

Le choléra est une bactérie appartenant à la famille des Vibrionaceae et au genre du choléra qui sévit en Inde dont son mécanisme d'action est dû à une toxine qui se fixe sur les cellules du Duodénum responsable de l'absorption d'eau. Le choléra est une maladie à incubation courte (quelques heures à 5 jours). Il se caractérise par une diarrhée profuse accompagnées par des vomissements et des douleurs épigastriques. Son évolution est mortelle (Vilaginés, 2010).

II.3.3. La légionellose

La légionellose est une maladie causée par des légionnelles, elles peuvent être responsables aussi de sinusites, pancréatites, péritonites. La légionellose est une maladie à déclaration obligatoire. Les sources de contamination sont les installations qui favorisent la multiplication des légionnelles dans l'eau avec une température avoisinant 37°C (Vilaginés, 2010).

II.3.4. Hépatite A

Également nommée hépatite infectieuse, est une maladie provoquée par un virus de la famille des Picornaviridae avec un indice de mortalité faible. Le virus de l'Hépatite A se caractérise des autres agents viraux par sa longue durée d'incubation (2 à 6 semaines) et sa capacité de

diffuser via l'estomac vers l'intestin et le foie. Il induit souvent un ictère avec jaunissement de la peau (Vilaginés, 2010).

II.4. Traitement des eaux

Les eaux de surface ne peuvent pas être utilisées directement car elles sont contaminées par plusieurs contaminants. Donc pour pouvoir être consommées sans danger, les eaux doivent être traitées. Le traitement des eaux passe par plusieurs étapes :

II.4.1. Prétraitement

Une eau, avant d'être traitée doit être débarrassée de plus possible d'éléments polluants. Les prétraitements sont de 3 types :

➤ Dégrillage

Le premier traitement qui nous permet de retenir les matières volumineuses (morceaux de bois, feuilles), cette étape est effectuée avant les stations de pompage pour les protéger (Ayad, 2017).

➤ Tamisage

Le tamisage est une opération qui a pour objectif d'éliminer les objets plus fins que ceux éliminés par le dégrillage. Le tamisage est une opération préconisée sur les eaux chargées en matières en suspension (Ayad, 2017).

➤ Dessablage

Le dessablage est une opération qui consiste à l'élimination des sables présents dans les eaux brutes. Le dessablage est une étape indispensable car elle nous permet de protéger les organes mécaniques contre l'abrasion et éviter la perturbation des procédés de traitement (Ayad, 2017).

II.4.2. Pré-oxydation

La pré-oxydation est une étape qui nous garantit l'amélioration de la qualité de l'eau (amélioration de traitement de coagulation, floculation et décantation).

Lors de la pré-oxydation les agents chlorés sont les plus utilisés : le chlore gazeux (Cl_2), le dioxyde de chlore (ClO_2), l'ozone (O_3), l'hypochlorite de sodium qui est l'eau de javel

(NaClO) et le permanganate de potassium (KMnO_4). La qualité des eaux brutes et les objectifs qu'on veut atteindre sont les deux critères qui déterminent le type du chlore utilisé.

Le dioxyde de chlore et l'ozone ne possèdent pas des inconvénients contrairement au chlore qui les possède même s'il est le réactif le plus économique (Ayad,2017).

II.4.3. Clarification

➤ Coagulation

La coagulation est un procédé utilisé pour l'élimination des matières colloïdales (particules en suspension) par déstabilisation de ses particules. Elle se caractérise par l'injection et la dispersion rapide d'un produit chimique tel que : sulfate d'alumine (le coagulant le plus utilisé), aluminat de sodium, chlorure d'aluminium (AlCl_3), chlorure ferrique (FeCl_3), sulfate ferrique, sulfate ferreux et le sulfate de cuivre (CuSO_4). On peut obtenir la déstabilisation des matières colloïdales par :

- Compression de la double couche ;
- Adsorption et neutralisation des charges ;
- Emprisonnement des particules dans un précipité ;
- Adsorption et pontage (Raymond, 1997).

➤ Flocculation

La flocculation est un procédé qui favorise les contacts des particules déstabilisées pour qu'elles s'agglutinent et forment un floc qu'on peut éliminer facilement par les procédés de décantation et de filtration. Deux types de flocculants existent : flocculateur à écoulement horizontal et flocculateur à voile de boues. Le taux d'agglomération des particules dépend de la probabilité de contact et de leur efficacité. Le contact des particules est provoqué par la différence de vitesse entre ces particules qui peut être imputable :

- Au mouvement brownien des particules (Flocculation péricinétique) ;
- Au déplacement d'une partie du fluide (Flocculation orthocinétique) (Raymond, 1997).

➤ Décantation

La décantation est un procédé utilisé dans toutes les stations de traitement des eaux pour éliminer les floccs. On distingue quatre types de décantation selon la densité et la forme des

flocs : décantation de particules discrètes, décantation des particules floculantes, décantation freinée et la décantation en compression de boue (Raymond, 1997).

➤ Filtration

La filtration est un procédé physique qui clarifie l'eau des matières solides en suspension en le faisant passer à travers un milieu poreux. Selon le type de filtre adopté, on recourt à divers matériaux filtrants tels que : des tissus de fibres, des toiles métalliques dont leurs rôles est la rétention des solides en surface et des granules libres (Raymond, 1997).

II.4.4. Désinfection

La désinfection est une étape essentielle de la filière de traitement des eaux car elle permet d'obtenir une eau exempte de micro-organisme pathogène. La désinfection comporte deux étapes correspondant à deux effets différents :

- Un effet germicide : est la capacité des désinfectants à détruire les germes ;
- Un effet rémanent : est la capacité de garantir la qualité de l'eau tout en long de transport.

Les différents réactifs désinfectants utilisés sont :

- a) Désinfectants au chlore (les plus utilisé) ;
- b) Hypochlorite de calcium ;
- c) Dioxyde de chlore ;
- d) Désinfection à l'ozone ;
- e) Désinfection par rayonnement ultraviolet (Kader, 2022).

II.4.5. L'affinage

L'affinage est un procédé utilisé pour évaluer la qualité de l'eau potable. Son objectif est d'éliminer les composés organiques dissouts qui ne sont pas totalement éliminés lors des procédés de clarification, ainsi garantir la stabilité de la qualité d'eau et améliorer la qualité organoleptique. Le procédé d'affinage est réalisé par le phénomène d'adsorption sur charbon actif qui est élaboré à partir de différentes matières carbonées dont les plus communes en production de l'eau potable sont houille, le bois et la noix de coco (Rémi, 2018).

II.5. Norme de potabilité

Afin de définir régulièrement une eau potable, des normes ont été établies pour fixer les teneurs limites à ne pas dépasser pour certaines substances nuisibles. Le fait qu'une eau soit conforme aux normes, c'est-à-dire potable, ne désigne pas qu'elle soit exempte de matières polluantes, mais que leur concentration a été jugée pour ne pas mettre en danger la santé du consommateur (Alouane, 2012).

Dans notre étude, nous nous référons aux normes du Journal Officiel de la République Algérienne (JORA) et aux normes de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS).

Tableau I : norme de potabilité selon JORA et OMS

Paramètres	Normes Algériennes (JORA 2014)	Normes OMS (2014)
Conductivité électrique	2800 μ S/cm	/
Turbidité	5 NTU	<5 NTU
PH	$\leq 6,5$ et ≤ 9	6,7 -8,5
Nitrite	0,2 mg/l	3 mg/l
Nitrate	50 mg/l	50 mg/l
Fer	0,3	<0.3
Phosphate	0,4	0.07mg/l
Ammonium	0,5 mg/l	<1,5 mg/l
Manganèse	50 mg/l	/
Sulfate	400 mg/l	<400 mg/l
Matière organique	5 mgo2/l	/
Dureté	500 mg/l en CaCO3	0.9°F
Calcium	200 mg/l	/
TAC	65 mg/l CaCO3	0.9°F
Chlorure	500 mg/l	<250 mg/l
E. Coli	0 n/100ml	1 n/100ml
Entérocoque	0 n/100ml	1 n/100ml
Coliforme	/	1 n/100ml
Sport	0 n/20ml	1 n/20ml



Partie
Pratique

Chapitre III :
Etude
physicochimique

III.1. Introduction

Les analyses physico-chimiques ont une importance majeure dans la détermination de la qualité de l'eau, comme elles nous permettent d'étudier les caractéristiques de l'eau afin de valider leur conformité et leur performance avant d'être consommées. Dans ce chapitre, nous allons résumer les protocoles suivis ainsi que le matériel et les résultats obtenus sur l'analyse physicochimique.

III.2. Présentation de la zone d'étude

Cette étude a été réalisée au niveau de la station des traitements des eaux potables SEAAL à Boudouaou. Les échantillons ont été prélevés de plusieurs sources connues en Kabylie (Tala Toulmouts, Tabourt Anser, Tala Ouguelid) qui se situent :

-La source Tala Ouguelid à MECHTRAS. Cette dernière est une région célèbre pour sa fontaine Tala Ouguelid. La commune de Mechtras se situe au sud-ouest de la Wilaya de Tizi-Ouzou. Délimitée au Nord : par la commune de Souk El Thenine, à l'Est : par Tizi N'tlata, au Sud : par Assi Youcef, au sud-Ouest et Ouest : par Boghni.

-La source Tabourt Anser à Assi Youcef : La région de Assi Youcef est une commune de la wilaya de Tizi-Ouzou, Daïra Boghni. Elle se situe au pied de la montagne du Djurdjura. Délimitée au nord : Mechtras, à l'Est : Ait Bouada, au Sud : Bouira, au Sud-Ouest : Draa El Mizan.

-La source Tala Toulmouts, région de la Wilaya de Tizi-Ouzou. Tala Toulmouts est située à proximité de Tala Atmane et Sikh Ou Meddour.

-Barrage Taksebt : est un barrage de type remblai, sur la rivière de Takhoukht. Il est construit entre 1993 et 2002 avec une hauteur de 76m. Il est doté d'une capacité de stockage de 180 millions m³. Le taux de son remplissage qui alimente Tizi-Ouzou, Boumerdes, Alger n'est que 18,8% équivalant de 34 millions m³ dont 20 millions m³ qui est mobilisable.

-Station SEAAL : La Société des Eaux et de l'Assainissement d'Alger « SEAAL » est une société Publique par Actions à 70% par l'Algérienne Des Eaux «ADE » et à 30% par l'Office National de l'Assainissement « ONA », située à l'est d'Alger entre la ville de Boudouaou et Oulad Moussa. En Avril 1987, la station a été mise en service, elle fonctionne 24h /24h. Elle est conçue pour traiter environ 5400000m³/J. La station est composée de différents ouvrages et d'un laboratoire d'analyse.

III.3. Echantillonnage

Le prélèvement est la réception d'une quantité d'eau de la source au lieu d'analyse. Dans le cadre du bon suivi de la qualité d'eau, des prélèvements ont été effectués à des jours différents comme suit :

- a) Le premier prélèvement a été effectué le 11 mars 2023 ;
- b) le deuxième prélèvement a été effectué le 04 avril 2023 ;
- c) Le troisième prélèvement a été effectué le 11 avril 2023.

III.3.1. Technique de prélèvement

III.3.1.1. Personnel

La formation formelle, les dossiers de formation et la détermination des compétences doivent être décrits pour tout personnel en charge des prélèvements (ISO, 2006).

III.3.1.2. Flacons de prélèvement

Pour les prélèvements de routine (par exemple prélèvements à des robinets, dans les eaux pour activités de loisir, dans les eaux de piscine) utiliser des flacons propres et stériles. Il convient que le volume des flacons soit adapté à l'analyse de tous les paramètres demandés.

Les flacons peuvent être en verre ou en différentes matières plastiques (polypropylène, polystyrène, polyéthylène, polycarbonate). Généralement, le verre est préféré en cas de réutilisation, et le polyéthylène est utilisé pour un usage unique (ISO, 2006).

III.3.1.3. Mode opératoire de remplissage

-Prélèvement d'eau potable à un robinet

Le prélèvement à un robinet peut avoir différents objectifs :

- a) connaître la qualité de l'eau dans le réseau de distribution (qui relève de la responsabilité du distributeur) ;
- b) connaître la qualité de l'eau telle qu'elle coule du robinet des consommateurs, eau telle qu'elle parvient au robinet (qui peut être altérée par le réseau de distribution à l'intérieur du bâtiment) ;
- c) connaître la qualité de l'eau telle qu'elle est consommée, c'est-à-dire telle qu'elle coule du robinet (potentiellement contaminé).

Les échantillons permettant d'évaluer la qualité de l'eau dans le réseau principal sont de préférence prélevés au niveau des robinets spécifiques (également dans le système de distribution) qui sont situés au plus près des conduites principales.

En fonction de l'objectif de l'analyse, il est nécessaire ou inapproprié de :

- retirer les dispositifs accessoires ou les inserts ;
- désinfecter le robinet ;

– rincer (ISO, 2006).

III.3.2. Transport et conservation

Veiller à ce que le délai entre le prélèvement et l'analyse en laboratoire soit le plus court possible au maximum 24h. Pour les eaux potables, il convient dans l'idéal de commencer l'analyse le jour même du prélèvement. Sauf indication contraire dans les normes spécifiques, réfrigérer les échantillons dans l'idéal à $(5 \pm 3) ^\circ\text{C}$ pendant le transport (par exemple en utilisant des blocs réfrigérants ou de la glace fondante). Veiller à ne pas les congeler (à l'exception des virus). Protéger les échantillons contre le rayonnement solaire. Documenter la procédure requise pour des temps de transport plus longs (> 8 h). Il est recommandé de séparer les échantillons chauds des échantillons froids (ISO, 2006).

Dans ce travail, trois sources ont fait l'objet d'un échantillonnage à savoir :

- La source de Tala toulmouts à Oued Aissi ;
- La source de Tala ouguelid de Mechtras ;
- La source de Tabourth Laincar à Assi youcef.

Un autre échantillonnage a été fait au niveau du barrage de Taksebt, et vise à effectuer une comparaison.

III.4. Etude physico-chimique

Les paramètres physico-chimiques évalués sont : la conductivité électrique, la turbidité, le pH, le nitrite, le nitrate, le fer, le phosphate, l'ammonium, le manganèse, le sulfate, la matière organique, la dureté, le calcium, TAC, le chlorure.

Pour les paramètres analysés par le spectrophotomètre (annexe 01). Avant l'analyse le matériel doit être désinfecter avec l'acide puis avec l'eau distillé. Avant d'analyse les échantillons :

- Faire passer le blanc (eau distillé) comme un étalon en donnant le «0 » pour l'appareil ;
- Faire passer le contrôle qualité pour vérifier la fiabilité des réactifs utilisés ;
- Faire passer les échantillons directement et noter les valeurs ;
- Après chaque analyse d'un échantillon il faut rincer la cuve avec l'échantillon qui le suit.

Pour les paramètres analyser par méthode volumétrique (titration) (annexe 02). Avant l'analyse le matériel doit être désinfecter avec l'acide puis avec l'eau distillé. Avant d'analysé les échantillons :

- Au premier lieu, en titre le blanc (eau distillé) pour obtenir le V_0 ;
- Titrer le contrôle qualité pour vérifier la fiabilité des réactifs utilisés ;
- Titrer les échantillons et noté les volume versé d'échantillon.

III.4.1. Détermination de la turbidité

La mesure de la turbidité se fait directement par un automate Metrom (annexe 03).

Rincer la cellule de mesure avec l'eau pure et bien l'essuyer puis insérer la cuve dans le puits de mesure en plaçant la flèche de la cuve face au repère et fermer le capot de l'appareil. Pour la mesure, l'opérateur part sur la partie « Détermination en série » et remplit la table d'échantillon comme suit :

- La méthode d'analyse (exemple : « mesure turbidité ») en tenant compte de la position de chaque échantillon ;
- Le code PSV si d'autres informations doivent être spécifiées pour l'échantillon ;
- La prise d'essai se fait dès qu'on appuie sur STAR, une pompe péristaltique va aspirer la quantité d'eau à analyser directement dans la cuve.
- Après chaque analyse, un rapport détaillé est affiché sur l'écran, les résultats sont regroupés dans la partie « base de données » du logiciel, où ils seront imprimés.

III.4.2. Détermination du pH

La détermination de PH se fait par L'automate Metrohm (annexe 04)

La détermination de la valeur du pH est basée sur le mesurage de la différence de potentiel d'une cellule électrochimique à l'aide d'une électrode reliée à une interface pilotée par un logiciel. Après chaque analyse, un rapport détaillé est affiché sur l'écran de l'appareil (ISO, 2008).

III.4.3. Détermination de la conductivité

Ce paramètre est analysé en utilisant L'automate Metrohm (annexe 05).

La détermination de la valeur de conductivité est basée sur la mesure du courant électrique conduit par les ions présents dans les échantillons à l'aide d'une électrode reliée à une interface pilotée par un logiciel, puis directement les résultats sont affichés sur l'écran de l'appareil (ISO, 1985).

III.4.4. Dosage des sulfates par spectrophotométrie d'absorption moléculaire

Le principe de la méthode consiste à la précipitation des ions sulfates sous forme de sulfate de baryum en présence de chlorure de baryum (BaCl_2).

La détermination de la teneur en SO_4^{2-} consiste à ajouter 5ml de la solution stabilisante à 20ml d'échantillons. Après agitation pendant quelque seconde, un volume de 2ml de chlorure de baryum sont ajoutés.

Après avoir ajusté le volume à 100 ml avec de l'eau distillée, et agité rapidement pendant 1min, l'échantillon est placé dans la cuve de spectrophotomètre et analysé rapidement.

La concentration en SO_4^{2-} est lue directement sur l'écran et exprimée en g/l.

III.4.5. Dosage du calcium par la méthode titrimétrique à l'EDTA

Le principe de la méthode consiste au titrage des ions calcium avec une solution aqueuse de sel di sodique d'acide éthylène diamine tétra acétique à un pH compris entre 12 et 13. Le murexide, qui forme un complexe rose avec le calcium est utilisé comme un indicateur, le magnésium est précipité sous forme d'hydroxyde et n'interfère pas lors du dosage.

Lors du titrage, l'indicateur réagit d'abord avec les ions calcium libres, ensuite avec les ions calcium combinés et vire du rose au le violet.

Une prise d'essai de 50ml d'échantillon est utilisée, une dilution d'échantillon peut être nécessaire selon le type d'eau à analyser afin d'optimiser au mieux le dosage et noter le facteur de dilution F.

2ml de la solution d'hydroxyde de sodium sont ajoutés et une pincé de l'indicateur coloré (le murexide), bien mélangé. La prise d'essai doit se colorer en rose.

Un titrage immédiat en utilisant la solution EDTA est réalisé, jusqu'au virage violet. La couleur ne doit plus changer par addition d'une goutte supplémentaire de la solution de l'EDTA.

La concentration totale en ions calcium Ca^{2+} exprimée au mg/l, est donnée par la formule :

$$[Ca^{2+}] = \frac{(C_1 \times V_1 \times A)}{V_0} \times F_c \times 1000 \times F \dots \dots \dots$$

Avec:

$[Ca^{2+}]$: La teneur en calcium exprime en mg/l ; C_1 : Concentration de la solution EDTA (0.01 mol /l) ; V_0 : est le volume, en millilitres, de la prise d'essai (50 ml) ; V_1 : est le volume, en millilitres, de la solution d'EDTA utilisé pour le dosage ; A : est la masse molaire du calcium (40.08 g / mol) ; F_c : Facteur de correction du titre ; F : Facteur de dilution (ISO, 1984).

III.4.6. Dosage des chlorures

Le dosage des chlorures se fait par la méthode de Mohr en utilisent le dichromate de potassium (K_2CrO) comme indicateur.

La réaction des ions chlorures avec des ions argent pour former du chlorure d'argent ($AgCl$) insoluble sous forme précipité. Ce dernier réagit avec l'indicateur (K_2CrO_4) pour former du chromate d'argent, brun rougêtre (Ag_2CrO_4). L'apparition de la coloration rouge-brune marque la fin du titrage.

100ml d'échantillon (V_a) sont introduits dans un bécher placé sur un fond blanc. 1ml de l'indicateur coloré de chromate de potassium est ajouté, puis la solution est titrée par addition de la solution de nitrate d'argent jusqu'à ce que la solution prenne une couleur brune rougeâtre. Le volume de la solution nitrate d'argent utilisé est noté (V_s).

La concentration en chlorure, exprimée en milligramme par litre, est donnée par la formule suivante :

$$C_{Cl^-} = \frac{(V_s - V_b)C \times F \times F_c}{V_a}$$

V_s : est le volume en millilitres de la solution de nitrate d'argent utilisé pour le dosage de l'échantillon ; V_B : est le volume millilitres de la solution de nitrate d'argent utilisé pour le dosage du blanc ; V_a : est le volume en millilitre, de l'échantillon pour essai (prendre en compte des dilutions s'il y en a) ; C : est la concentration réelle exprimée en mole par litre, de la solution de nitrate d'argent, éventuellement corrigée du coefficient correcteur ; F : 35453 (masse molaire du Cl x 1000, exprimé en mg/mol) ; F_c : facteur de correction de la solution d'AgNO₃ (ISO, 1989).

III.4.7. Dosage de la somme du calcium et du magnésium

Le dosage du calcium et du magnésium s'effectue par la méthode titrimétrique à l'EDTA

La méthode consiste à un titrage par complexométrie du calcium et du magnésium avec une solution aqueuse de sel di sodique d'acide éthylène diamine tétra acétique à un pH=10. Lors du titrage, l'EDTA réagit d'abord avec les ions calcium et magnésium libres, puis au point d'équivalence, avec les ions calcium et magnésium combinés à l'indicateur ce qui libère l'indicateur et provoque un changement de couleur.

Une prise d'essai de 50 ml de l'échantillon est utilisée. 4ml de la solution tampon pH=10 et une pincée de l'indicateur coloré noir ériochrome, sont ajoutés. Titrer immédiatement à l'aide de la solution EDTA, en versant lentement tout en agitant constamment jusqu'au virage bleu. La couleur ne doit plus changer par addition d'une goutte supplémentaire de la solution EDTA. La concentration totale en ions calcium et magnésium ou le titre hydrotimétrique « TH » exprimée en °F, est donnée par la formule :

$$TH = V_2 \times 2 \times F_c \times F \dots \dots \dots$$

La concentration totale en ions magnésium, exprimée en mg/l, est donnée par la formule ci-après

$$[Mg^{2+}] = \frac{[C_1 \times (V_2 - V_1) \times A]}{V_0} \times F_c \times 1000 \times F \dots \dots \dots \text{ (mg/l)}$$

Avec:

TH : dureté exprimée en °F ; Mg^{2+} : teneur en magnésium exprimé en mg/l ; V_2 : volume de l'EDTA (en ml), après dosage de l'échantillon pour la détermination du TH ; V_1 : volume de l'EDTA (en ml), après dosage de l'échantillon pour la détermination du calcium ; F_c : facteur de correction de l'EDTA ; F : facteur de dilution; A : masse molaire du magnésium (24.31 g/mol) ; V_0 : volume, en millilitres, de la prise d'essai (50 ml) ; C_1 : concentration de la solution EDTA (0.01 mol/L) (ISO, 1989).

III.4.8. Détermination de l'alcalinité : Titre alcalimétrique (TA) et titre alcalimétrique complet (TAC)

La détermination des concentrations en ions bicarbonates (HCO_3^-), carbonates (CO_3^{2-}) et hydroxydes (OH^-) se fait par la mesure de l'acide chlorhydrique nécessaire pour amener à $\text{pH} = 8,3$ et $4,5$ de l'échantillon à analyser.

La première détermination ($\text{pH} = 8,3$) sert à calculer le titre alcalimétrique (TA)

La seconde ($\text{pH} = 4,5$) sert à calculer le titre alcalimétrique complet (TAC).

Prendre 100 ml de l'échantillon à analyser et mesurer le pH :

Si le pH est supérieur à $8,3$, verser lentement de l'acide chlorhydrique $0,1 \text{ N}$ jusqu'au point d'équivalence qui est un pH de $8,3$. Noter le volume V_1 (ml) d'acide chlorhydrique versé.

Continuer à verser doucement de l'acide chlorhydrique $0,1 \text{ N}$ jusqu'au point d'équivalence qui est un pH de $4,5$. Noter le volume V_2 (ml) d'acide chlorhydrique versé

Si le pH est inférieur à $8,3$, verser lentement de l'acide chlorhydrique pour obtenir une valeur de $4,5$. Noter le volume V_2 (ml) d'acide chlorhydrique versé.

Le titre alcalimétrique TA et le titre alcalimétrique complet TAC, exprimés en $^\circ\text{F}$ sont donnés respectivement par les expressions :

$$[\text{CO}_3^{2-}] = \frac{(V_1 \times N \times 1000) M_1}{V} \text{ (mg/l)}$$

$$[\text{HCO}_3] = \frac{(V_2 \times N \times 1000) M_2}{V} \text{ (mg/l)}$$

$$\text{TA} = V_1 \times 10 \text{ (}^\circ\text{F)}$$

$$\text{TAC} = V_2 \times 5 \text{ (}^\circ\text{F)}$$

Avec :

M_1 : masse molaire des carbonates = 60 g ; M_2 : masse molaire des bicarbonates = 61 g ; V : volume en millilitres, de la prise d'essai (100 ml) ; V_1 : volume d'acide chlorhydrique versé en millilitres pour amener le pH à $8,3$; V_2 : volume total d'acide chlorhydrique en millilitres pour amener le pH à $4,5$; N : normalité de la solution acide chlorhydrique (ISO, 1994).

III.4.9. Détermination de l'indice de permanganate

Le principe de la méthode consiste à un chauffage d'un échantillon en présence d'une quantité connue de permanganate de potassium et d'acide sulfurique pendant 10 min , et la réduction d'une partie de permanganate par les matières oxydables présentes dans l'échantillon.

La détermination de l'excès de permanganate par addition d'une solution d'oxalate, suivi par un titrage de l'oxalate en excès par le permanganate.

100ml d'échantillons sont transférés dans un bécher, ajouter 20ml d'acide sulfurique (2mol/l), et mélanger en agitant doucement.

Porter à ébullition pendant 2min puis ajouter 20ml de la solution étalon 2 millimoles/l de permanganate de potassium et maintenir à l'ébullition pendant 10min

Remarque : Le permanganate de potassium (violet) ne doit pas changer de couleur. Une dilution s'avère nécessaire s'il y a apparition d'un précipité marron.

Après 10min, ajouter 20ml de la solution étalon d'oxalate de sodium 5 millimoles /l et attendre que la solution se décolore ;

Retirer alors le bécher de la plaque et le poser sur l'agitateur après avoir au préalable placé une feuille blanche sur ce dernier (pour une meilleure vision de la coloration rose pâle à venir) ;

Titrer pendant que la solution est encore chaude, avec la solution titrant de permanganate de potassium 2 millimoles /l jusqu'à une coloration rose pâle persistant environ 30 s ;

Noter le volume V_1 de permanganate consommé.

Effectuer parallèlement à la détermination, un essai blanc en utilisant le même mode opératoire, mais en remplaçant la prise d'essai par 100ml d'eau distillée (de préférence sortant du purificateur) ;

Noter le volume V_0 de solution de permanganate consommé.

Conserver le blanc titré pour la vérification du permanganate de potassium :

1/ Au blanc titré, ajouter 20ml de la solution d'oxalate de sodium 5 millimoles/l.

Réchauffer la solution une à deux minute (à environ 80°C) et titrer avec le permanganate 2 millimoles /l jusqu'à l'apparition d'une coloration rose persistant.

2/ Noter le volume V_2 de solution de permanganate consommé, qui devrait être entre 19 et 21 ml. Dans le cas contraire, refaire la solution titrant de permanganate de concentration 2 millimoles/l et refaire l'analyse. Si le problème persiste refaire la solution mère de permanganate 20 millimoles/l.

L'indice de permanganate (IMn) exprimé en milligrammes d'oxygène par litre, est calculé selon la formule :

$$\text{IMn} = \frac{V_1 - V_2}{V_2} \times f$$

Avec:

V_0 : volume, en millilitres, de la solution de permanganate utilisée dans le dosage du blanc ;

V_1 : volume, en millilitres, de la solution de permanganate utilisée dans le dosage de la prise d'essai ; V_2 : volume, en millilitres, de la solution de permanganate utilisée lors de la

vérification de la solution titrant ; f : facteur correctif utilisé, compte tenu des unités, pour

exprimer le résultat en milligrammes d'oxygène par litre, f théorique est égal à 16. Ce facteur est calculé comme suit :

$$F = \frac{V_4 \times C(\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4) \times M_0 \times 1000}{1000 \times V_5}$$

Avec:

V_4 : volume, en millilitres, de la solution étalon d'oxalate de sodium consommé pour la détermination lors de l'étalonnage : $V_4 = 20\text{ml}$; $C(\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4)$: concentration, en millimoles par litre, de la solution étalon d'oxalate de sodium : $C(\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4) = 5$ millimoles/l ;

1000 (numérateur) coefficient correcteur pour exprimer $C(\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4)$ de millimoles/ l à millimoles /ml ; M_0 : masse molaire de l'oxygène, en milligrammes d'oxygène par millimoles.

$M_0 = 16$ g/mol. V_5 : volume d'échantillon utilisé, en millilitres. $V_5 = 100$ ml;

1000 (dénominateur) est le coefficient correcteur pour exprimer le volume ;

Compte tenu des valeurs ci-dessus : $f = 16$ (ISO, 1993).

III.5. Paramètres de pollution

III.5.1. Dosage spectrophotométrie des nitrates par méthode au salicylate de sodium

Le principe consiste à un dosage colorimétrique du paranitrosalicylate de sodium de couleur jaune, issu des nitrates en présence du salicylate.

Introduire 10 ml d'échantillon dans une capsule, alcaliniser faiblement avec la solution d'hydroxyde de sodium (2 à 3 gouttes), 1ml de salicylate de sodium est ajouté puis poursuivre le dosage comme pour la courbe d'étalonnage, effectuer les lectures au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 420 nm. Le résultat est donné directement en mg/l de N-NO₃

Remarque : pour des teneurs en nitrate supérieures à 5mg/l, une dilution s'avère nécessaire.

III.5.2. Dosage des nitrites par méthode par spectrométrie d'absorption moléculaire

Le principe de la méthode repose sur la réaction des ions nitrites présents dans une prise d'essai, à pH=1.9, avec le réactif amino- 4- benzène sulfonamide en présence d'acide orthophosphorique pour former un sel diazoïque qui forme un complexe de coloration rose avec le dichlorhydrate de N-(naphtyl- 1) diamio- 1 ,2éthane (ajouté avec le réactif amino-4 benzène sulfonamide) absorbant à 540nm.

1ml du réactif coloré est ajouté à 40ml de l'échantillon. Après homogénéisation ajustent du volume à 50ml. La mesure spectrométrique à la longueur d'onde 540nm est effectuée. La concentration des nitrites est donnée direct en mg \l (ISO, 1984).

III.5.3. Dosage de l'ammonium par spectrophotométrie moléculaire

Le principe de cette méthode consiste en un mesurage du composé formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de sodium.

Prélever 40ml de l'échantillon puis ajouter 4ml de réactif coloré et 4ml de réactif de dichoro-isocyanurate de sodium.

Compléter à 50ml. Après le développement de la couleur (après au moins 60min), effectuer la lecture au spectromètre à 655 nm (ISO 7150\1).

III.5.4. Dosage spectrophotométrique des ortho phosphates par méthode au molybdate d'ammonium

Le principe de la méthode repose sur réaction des ions ortho phosphates avec une solution acide contenant des ions de molybdate et d'antimoine pour former un complexe d'antimonyl-phosphomolybdate, puis réduction du complexe par l'acide ascorbique pour former un complexe de bleu de molybdène de couleur vive.

Mesure de l'absorbance de ce complexe pour déterminer la concentration en ortho phosphates présents.

Prélever 40ml d'échantillons à analyser, ajouter 1ml d'acide ascorbique à 100g/l et 2ml solution molybdate acide, et compléter à 50ml avec l'eau distillée. Agiter pendant quelques secondes. Après 10min à 30min, l'absence de la couleur est indice d'absence de phosphates (ISO 6878).

III.5.5. Dosage du Fer dissous par la méthode spectrométrique à la phénanthroline-1.10

Le principe de la méthode consiste à l'addition d'une solution de phénanthroline-1,10 à une prise d'essai et mesure photométrique du complexe rouge- orange à une longueur d'onde de 510 nm. L'ajoute du chlorhydrate d'hydroxylamine réduit le fer (III) en fer (II).

Le complexe fer II- phenanthroline- 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 du fer présent.

50 ml de l'échantillon sont transvasés dans une fiole, 1 ml de la solution chlorhydrate d'hydroxylamine est ajouté et mélangé soigneusement. Ajouter 2ml de tampon acétate pour obtenir un pH compris entre 3.5 et 5.5. Ajouter 2 ml de la solution de phénanthroline- 1,10 et conserver l'échantillon à l'obscurité pendant 15 min.

L'absorbance des échantillons est effectuée à 510 nm les résultats sont exprimés en mg/l (ISO, 1988).

III.5.6. Dosage du manganèse par méthode au persulfate d'ammonium.

La méthode est basée sur l'oxydation du manganèse en permanganate à l'aide de persulfate d'ammonium une présence de nitrate d'argent. Le permanganate ainsi formé est dosé par colorimétrie à une longueur d'onde de 525 nm.

5ml d'acide nitrique sont ajoutés à 100ml d'échantillon. 5 ml de la solution de nitrate de mercure. 0,5 ml de nitrate d'argent sont additionnés.

Après agitation, le mélange est porté à ébullition pendant environ 5min.

Ajouter 1ml d'acide phosphorique concentré (85%), puis 10 ml de persulfate d'ammonium.

Porter de nouveau à ébullition pendant 10min.

Après refroidissement, effectuer des lectures spectrophotométriques à 525nm

III.6. Analyse statistique

L'ANOVA univariée est généralement utilisée lorsque on a une seule variable indépendante ou facteur, et que l'objectif est de vérifier si des variations, ou des niveaux différents de ce facteur ont un effet mesurable sur une variation dépendante.

À l'aide d'un lien automatique (annexe 12), nous affichons les résultats de l'ANOVA, y compris la statistique F et la valeur P qui nous permettent de déterminer si les différences observées dans les mesures entre les échantillons sont statistiquement significatives ou pas.

Si la valeur P est inférieure à un seuil de signification (0.05), nous pouvons rejeter l'hypothèse nulle et conclure qu'il y a des différences significatives entre les échantillons.

III.7. Résultats et discussion

Les résultats de l'évaluation des paramètres physico-chimiques des eaux des 3 sources étudiées ainsi que l'eau de barrage Taksebt sont récapitulés dans les différents tableaux ainsi que des histogrammes ci-après.

III.7.1. La conductivité électrique

Les résultats de la mesure de la conductivité électrique des échantillons étudiés prélevés à des périodes différentes sont résumés dans le tableau V.

Selon les résultats, obtenus sur trois échantillons effectués sur tous les prélèvements, la valeur est inférieure à celle limitée par la réglementation algérienne et qui est de 2800 $\mu\text{s/cm}$.

D'après le tableau (annexe 18), on constate que l'eau de Tala Toulmouts présente la valeur de la conductivité électrique la plus élevée qui est de 946 $\mu\text{s/cm}$, 963 $\mu\text{s/cm}$ et 950 $\mu\text{s/cm}$ pour les prélèvements du 11 mars, le 02 et 11 avril respectivement avec une moyenne de 953 $\mu\text{s/cm}$ et cela peut être due à la présence d'ions mobiles dans le champ électrique. Cette mobilité dépend de la nature des ions dissous et leurs concentrations (Rodier *et al.*, 2009).

Le second échantillon est le barrage Taksebt avec une valeur moyenne qui est de 580 $\mu\text{s/cm}$ et 572 $\mu\text{s/cm}$ pour les prélèvements du 11 mars et le 02 avril respectivement avec une valeur moyenne de 976 $\mu\text{s/cm}$, suivie de la source de Tala Ouguelid avec une moyenne qui est

de 554 $\mu\text{s}/\text{cm}$, 497 $\mu\text{s}/\text{cm}$ et 476 $\mu\text{s}/\text{cm}$ pour les prélèvements du 11 mars, le 02 et 11 avril respectivement avec une moyenne de 509 $\mu\text{s}/\text{cm}$.

En fin l'échantillon de Tabourth Lincer qui présente la plus faible valeur de conductivité électrique qui est de 334 $\mu\text{s}/\text{cm}$, 345 $\mu\text{s}/\text{cm}$ et 321 $\mu\text{s}/\text{cm}$ pour les prélèvements du 11 mars, le 02 et 11 avril respectivement avec une moyenne de 333 $\mu\text{s}/\text{cm}$.

Les valeurs supérieures de la conductivité électriques impliquent que l'eau a des concentrations élevés des sels minéraux dissouts. Sachant que certains minéraux aient un effet néfaste pour la santé tel que le sodium qui peut augmenter le risque des maladies cardiovasculaire et d'hypertension artérielle. Les meilleures eaux du point de vue CE est celles de Tala Ouglid et barrage Taksebt.

Selon la statistique ANOVA la différence entre les échantillons est significative car P- value (0.000000003) < 0.05

Pour une meilleure illustration des résultats, les valeurs moyennes de la conductivité électrique sont présentées dans l'histogramme ci-après

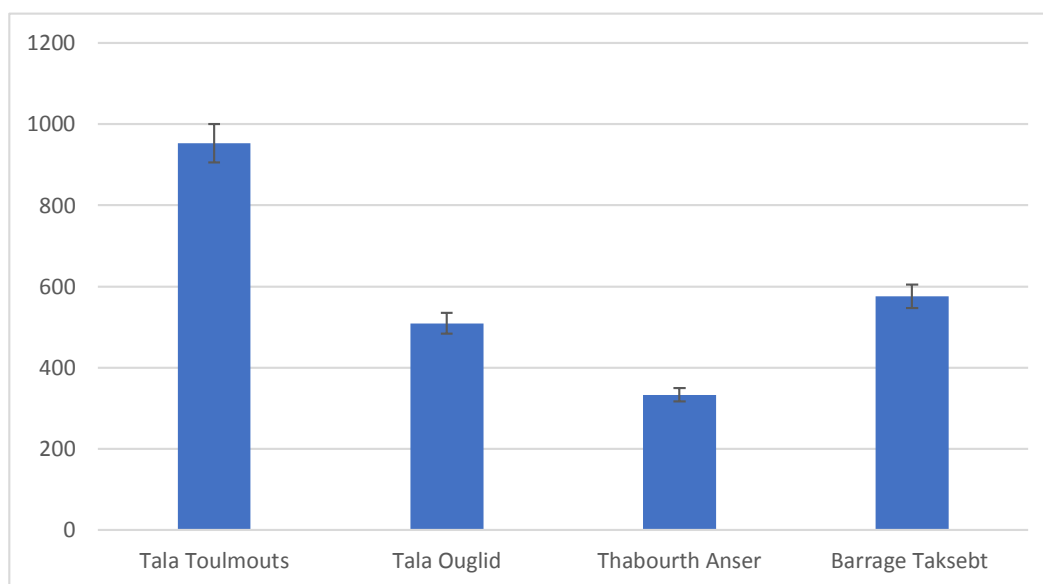


Figure n°1 : valeurs moyennes de la conductivité électrique

III.7.2. La turbidité

Les résultats de la mesure de la turbidité des échantillons étudiés prélevés à des périodes différentes sont résumés dans le tableau VI.

Selon les résultats, on constate que la moyenne obtenue sur trois échantillons effectués sur tous les prélèvements, la valeur est inférieure à celle limitée par la réglementation algérienne et qui est de 5 NTU.

D'après le tableau (annexe 19), on constate que l'eau de Tala Ouguelid présente la valeur de la turbidité la plus élevée qui est 1 NTU, 0.61 NTU, 1.1 NTU avec une moyenne de 0.90 NTU suivie de l'eau du barrage Taksebt avec 1.5 NTU, 0.28 NTU pour les prélèvements du 11 mars, le 02 et 11 avril respectivement avec une moyenne de 0.89 NTU.

Le troisième échantillon est la source de Tabourth Lancer avec des valeurs moyennes qui sont de 0.40 NTU et 0.29 NTU, 0.8 NTU pour les prélèvements du 11 mars, le 02 et 11 avril respectivement avec une valeur moyenne de 0.49 NTU.

Enfin l'échantillon de Tala Toulmouts qui présente la plus faible valeur de qui est de 0.40 NTU, 0.29 NTU et 0.32 NTU pour les prélèvements du 11 mars, le 02 et 11 avril respectivement avec une moyenne de 0.33 NTU, la raison probable de cette variation est la présence des matières en suspension.

L'objectif principal de la turbidité est l'indication de la fiabilité et l'efficacité de procédé de traitement des eaux (Kader, 2006), car c'est une mesure globale de toutes les matières soit colloïdales, soit insolubles et donc plus que la valeur de la turbidité est petite plus que l'eau est de bonne qualité (Thayer, 2007). La meilleure qualité du point de vue turbidité est celle de Tala toulmouts.

Selon la statistique ANOVA la différence entre les échantillons est non significative car P- value $(0.21) \geq 0.05$

Pour une meilleure illustration des résultats, les valeurs moyennes de la turbidité sont présentées dans l'histogramme ci-après

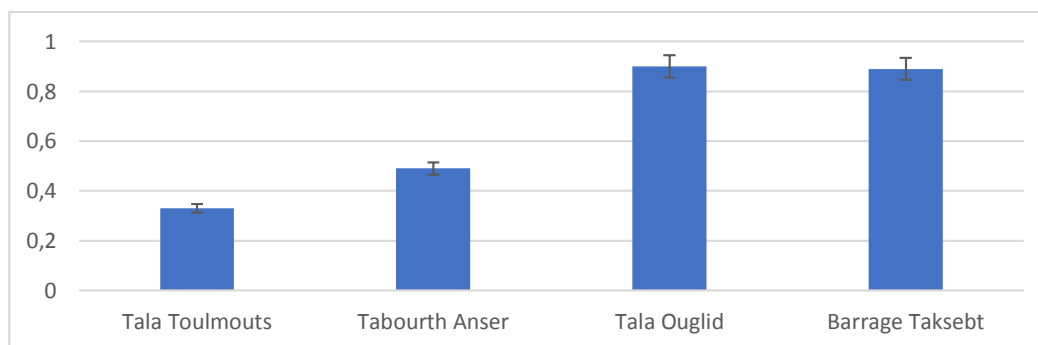


Figure n°2 : Valeurs moyennes de la turbidité

III.7.3. Le ph

Les résultats de la mesure de la turbidité des échantillons étudiés prélevés à des périodes différentes sont résumés dans le tableau VII.

Selon les résultats, on constate que la moyenne obtenue sur trois échantillons effectués sur tous les prélèvements est dans l'intervalle limité par la réglementation et qui est de $\leq 6,5$ et ≤ 9

D'après le tableau (annexe 20), on constate que les valeurs du pH sont comprises entre un minimum 7.19 et un maximum 7.98. Nous notons que toutes les valeurs du pH appartiennent à un PH neutre et qui est de 7 ce qui peut être expliqué par la même nature des terrains traversés (Saadali, 2007).

Selon la statistique ANOVA la différence entre les échantillons est significative car P- value $(0.0001) < 0.05$

Pour une meilleure illustration des résultats, les valeurs du pH sont présentées dans l'histogramme ci-après

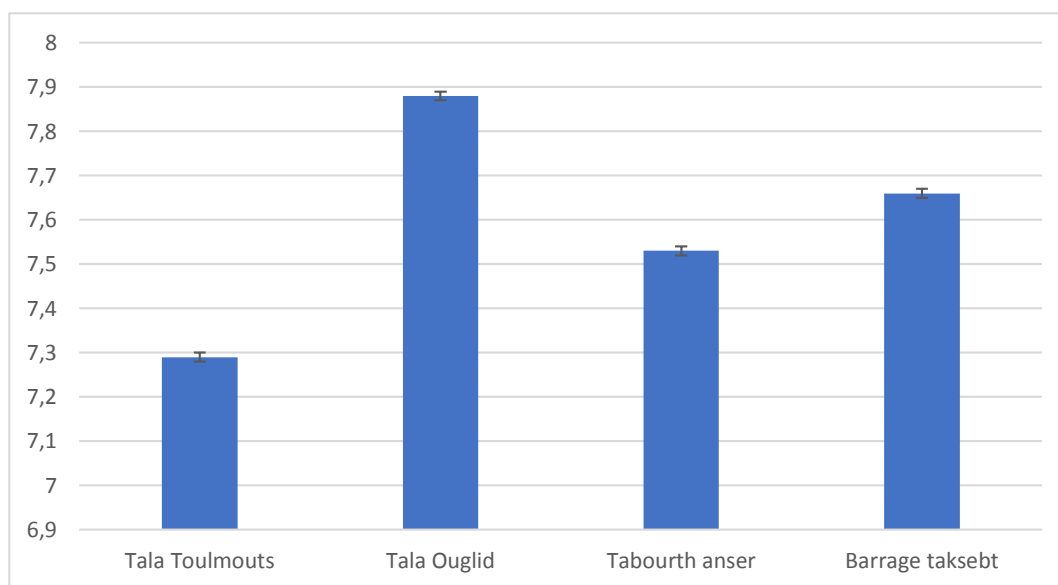


Figure n°3 : Valeurs moyennes du PH

III.7.4. Nitrite

Les résultats de la mesure des nitrites des différents échantillons étudiés sont récapitulés dans le tableau VIII.

Selon les résultats, on constate que la moyenne obtenue sur trois échantillons effectués sur tous les prélèvements, la valeur est inférieure à celle fixée par la réglementation algérienne et qui est de 0,2mg/l.

D'après le tableau (annexe 21), on constate que l'eau de Tala Toulmouts présente la valeur des nitrites la plus élevée qui est de 0.007 mg/l, 0.003 mg/l, 0.001 mg/l pour les prélèvements du 11 mars, le 02 et 11 avril respectivement avec une moyenne de 0.004 mg/l, suivie de l'eau du barrage Taksebt avec des valeurs de 0.003 mg/l pour les deux prélèvements en raison de la présence des déchets des animaux et des engrais chimiques utilisés dans la fertilisation des terres agricole de Tala Toulmouts (Degbey *et al.*, 2010).

En fin les deux échantillons qui présentent la plus faible valeur est Tabourth lincer avec -0.005 mg/l, 0.003 mg/l, 0.00 mg/l et Tala Ouguelid avec -0.003 mg/l, 0.005 mg/l, -0.001 mg/l, avec une valeur moyenne de 0.001 mg/l pour les deux sources.

La présence des nitrites dans l'organisme peut conduire à la formation de plusieurs composés dont certains sont cancérigènes et aussi provoque une méthémoglobinémie (oxydation de l'hémoglobine) dont cette forme n'est plus apte de jouer son rôle de transporter l'oxygène et donc on aura une hypoxie au niveau des tissus. Les symptômes de cette maladie sont une cyanose qui est une décoloration bleutée de la peau et des lèvres et la fatigue.

Donc la meilleure catégorie d'eau surtout pour les bébés est celle de Tala Ouglid et Tabourth Anser car l'organisme d'un adulte est équipé d'un système enzymatique (méthémoglobine réductase) qui est capable d'effectuer une réaction inverse c'est-à-dire transformer la méthémoglobinémie en hémoglobine, contrairement au nourrisson qui ne procède pas cette enzyme (Laila, 2006).

Selon la statistique ANOVA la différence entre les échantillons est non significative car P- value $(0.367) \geq 0.05$

Pour une meilleure illustration des résultats, les valeurs des nitrites sont présentées dans l'histogramme ci-après

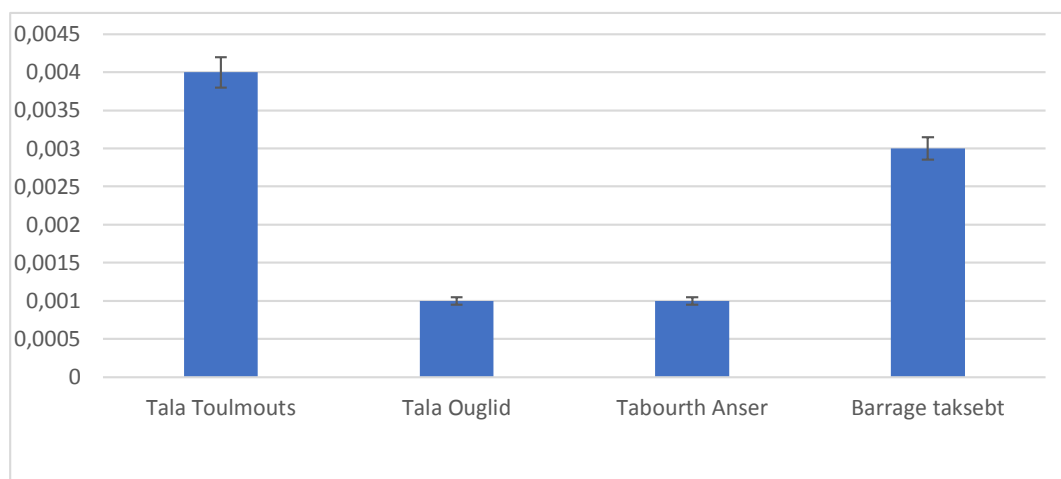


Figure n°4 : valeurs moyennes des nitrites

III.7.5. Nitrate

Les résultats de la mesure des nitrates des échantillons étudiés prélevés à des périodes différentes sont résumés dans le tableau IX.

Selon les résultats, on constate que la moyenne obtenue sur trois échantillons effectués sur tous les prélèvements, la valeur est inférieure à celle limitée par la réglementation algérienne et qui est de 50 mg/l.

D'après le tableau (annexe 22), on constate que l'eau de Tala Toulmouts présente la valeur des nitrates la plus élevée qui est 27.34 mg/l, 42.15 mg/l, 39.51 mg/l pour les prélèvements du 11 mars, le 02 et 11 avril respectivement avec une moyenne de 36.33 mg/l en raison de la présence des déchets des animaux et des engrais chimiques utilisés dans la fertilisation des terres agricole de Tala Toulmouts (Degbey *et al.*, 2010).

Le second échantillon est la source de Tala Ouguelid avec des valeur moyenne qui sont de 6.14 mg/l, 15.37 mg/l, 10.95 mg/l pour les prélèvements du 11 mars, le 02 et 11 avril respectivement avec une valeur moyenne de 10.82 mg/l.

En fin l'échantillon du barrage Taksebt qui présente des faibles valeurs de qui sont de 3.3 mg/l, 4.4 mg/l pour les prélèvements du 11 mars et le 02 avril respectivement avec une moyenne de 3.85 mg/l, suivie de la source de Tabourth lincer qui représente la valeur la plus faible qui est de 2.75 mg/l, 4.756 mg/l, 3.361 mg/l pour les prélèvements du 11 mars, le 02 et 11 avril respectivement avec une valeur moyenne de 3.62 mg/l.

Les nitrates sont des substances chimiques présentes naturellement dans l'eau. Ils n'ont pas un effet néfaste direct pour la santé, beaucoup plus pour les femmes enceintes dont elles donnent naissance à des enfants de petite taille et petit poids.

En cas d'excès les nitrates peuvent être cancérigène car ils transforment aux nitrites grâce à la flore buccale (Charlotte, 2021). Selon les valeurs enregistrées les meilleures sources sont celles Tabourth Anser et barrage Taksebt.

Selon la statistique ANOVA la différence entre les échantillons est significative car P- value $(0.00006) \geq 0.05$

Pour une meilleure illustration des résultats, les valeurs des nitrates sont présentées dans l'histogramme ci-après

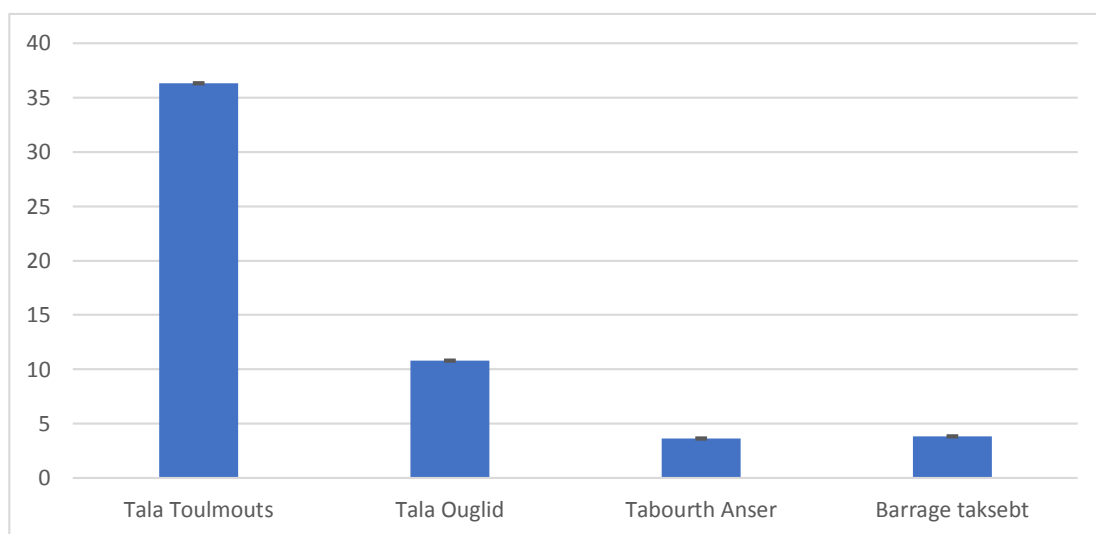


Figure n°5 : Valeurs moyennes des nitrates

III.7.6. Fer

Les résultats de la mesure du fer des échantillons étudiés prélevés à des périodes différentes sont résumés dans le tableau X.

Selon les résultats, on constate que la moyenne obtenue sur trois échantillons effectués sur tous les prélèvements, la valeur est inférieure à celle limitée par la réglementation algérienne et qui est de 0,3mg/l.

D'après le tableau (annexe 23), on constate que l'eau de Tala Toulmouts présente la valeur du fer la plus élevée qui est de 0.019 mg/l, 0.01 mg/l et 0.01 mg/l pour les prélèvements du 11 mars, le 02 et 11 avril respectivement avec une moyenne de 0.013 mg/l.

Le second échantillon est Tala Ouguelid avec des valeurs moyenne qui sont 0.005 mg/l, 0.002 mg/l et -0.001 mg/l pour les prélèvements du 11 mars, le 02 et 11 avril avec une moyenne 0.002 mg/l. Suivie du Barrage Taksebt avec des valeurs moyenne qui sont 0.001 mg/l et 0.002 mg/l avec une moyenne 0.001 pour les prélèvements du 11 mars et 02 avril avec une moyenne 0.0010.

Enfin l'échantillon qui présente la plus faible valeur de fer est l'eau de Tabourth l'aincair avec des valeurs qui sont -0.009 mg/l, -0.004 mg/l et -0.027 mg/l pour les prélèvements du 11 mars, le 02 avril et 11 avril respectivement avec une moyenne de 0.00 ± 0.02 mg/l, cette différence des résultats peut être expliquer par lessivage des sols par dissolution des roches et de la corrosion des canalisations métalliques.

Généralement les teneurs en fer dans l'eau potable sont trop faibles, donc l'apparition de ses risques sur la santé est très rare sauf qu'elle se retrouve avec des grandes concentrations, il provoque une hémorragie gastro-intestinale et une cancérisation hépatique (risque de cancer du foie) (Ruiti *et al*, 2015).

Le fer donne à l'eau un gout métallique et une couleur rouille (Anonyme,2021).

Selon les résultats trouvés on peut classer les quatre catégories d'eau analyser comme suit :

Tabourth Anser ; Barrage Taksebt ; Tala Ouglid et Tala Toulmouts.

Selon la statistique ANOVA la différence entre les échantillons est significative car P- value (0.009) < 0.05

Pour une meilleure illustration des résultats, les valeurs du fer sont présentées dans les histogrammes ci-après

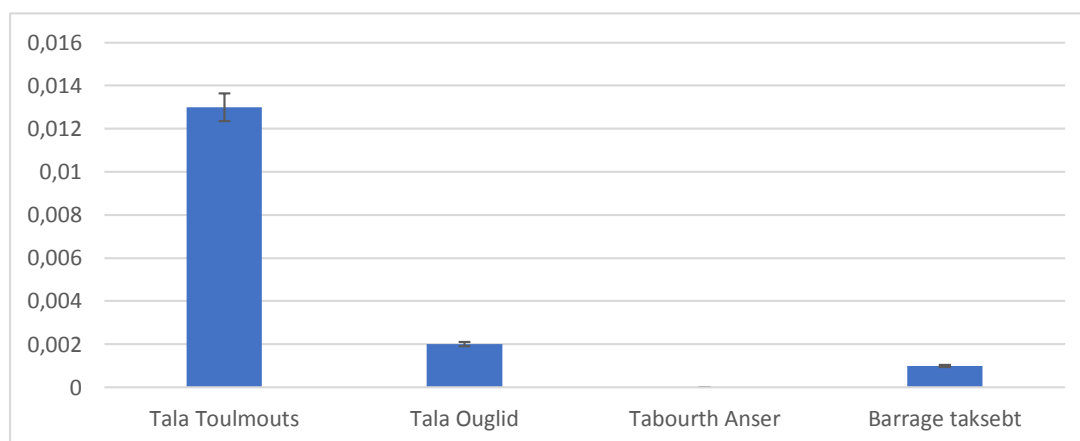


Figure n°6 : valeurs du fer

III.7.7. Phosphate :

Les résultats de la mesure des phosphates des échantillons étudiés prélevés à des périodes différentes sont résumés dans le tableau XI.

Selon les résultats, on constate que la moyenne obtenue sur trois échantillons effectués sur tous les prélèvements, la valeur est inférieure à celle limitée par la réglementation algérienne et qui est de 0,5mg/l.

D'après le tableau (annexe 24), on constate que l'eau de Barrage Taksebt présente la valeur des phosphates la plus élevée qui est de 0.004 mg/l et 0.09 mg/l pour les prélèvements du 11 mars et le 02 avril respectivement avec une moyenne de 0.047 mg/l, cela peut être expliquer par l'accumulation de la matière organique au fond du barrage.

Le second échantillon est de Tala Ouguelid avec une valeur moyenne qui est 0.011 mg/l, 0.022 mg/l et 0.019 mg/l pour les prélèvements du 11 mars, le 02 et 11 avril respectivement avec une moyenne de 0.017 mg/l.

Enfin l'échantillon de Tabourth lainer qui présente une faible valeur des phosphates qui est de 0.003 mg/l, 0.01 mg/l et 0.013 mg/l pour les prélèvements du 11 mars, le 02 et 11 avril respectivement avec une moyenne de 0.008 mg/l, suivie de la source de Tala Toulmouts qui représente la valeur la plus faible qui est 0.005 mg/l, 0.006 mg/l et 0.007 mg/l pour les prélèvements du 11 mars, le 02 et 11 avril respectivement avec une moyenne de 0.006 mg/l.

Les phosphates sont des éléments essentiels pour l'organisme (James *et al.*, 2021). Ils sont nécessaires pour la formation des os, des dents, la synthèse d'ADN et les membranes cellulaires.

Les phosphates provoquent l'eutrophisation (développement des algues) qui peut conduire des toxines nuisibles à la santé (Moussa *et al.*, 2005) et donc si on fera un classement l'eau du barrage Taksebt qui sera le dernier car c'est celui qui a la grande concentration des phosphates puis l'eau de Tala Ouglid, Tabourth Anser et enfin Tala Toulmouts.

Selon la statistique ANOVA la différence entre les échantillons est non significative car P- value (0.16) \geq 0.05

Pour une meilleure illustration des résultats, les valeurs du phosphate sont présentées dans les histogrammes ci-après

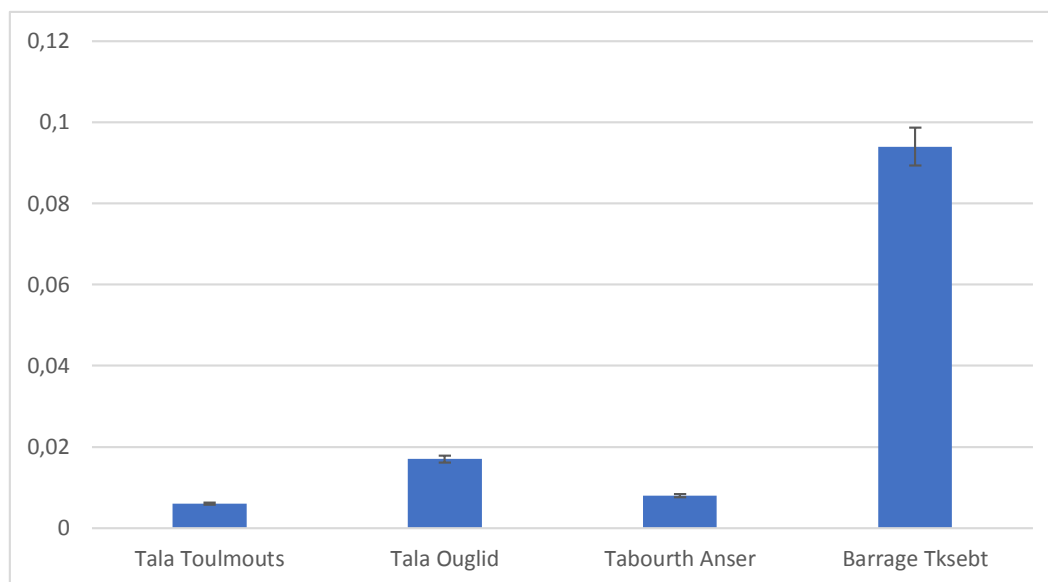


Figure n° 7 : valeurs des phosphates

Figure n°7 : valeurs des phosphates

III.7.8. Ammonium :

Les résultats de la mesure de l'ammonium des échantillons étudiés prélevés à des périodes différentes sont résumés dans le tableau XII.

Selon les résultats, on constate que la moyenne obtenue sur ces trois échantillons effectués sur tous les prélèvements, la valeur est inférieure à celle limitée par la réglementation algérienne et qui est de 0,5mg/l.

D'après le tableau (annexe 25), on constate que l'eau de Tala Toulmouts présente la valeur d'ammonium la plus élevée qui est de 0.004 mg/l, 0.073 mg/l et 0.06 mg/l pour les prélèvements du 11 mars, le 02 et le 11 avril respectivement avec une moyenne de 0.046 mg/l, cela peut être expliqué par la présence des activités agricoles, industrielles dans la région.

Le second échantillon est de Tala Ouguelid avec une valeur moyenne qui est de 0.018 mg/l, 0.024 mg/l et 0.01 mg/l pour les prélèvements du 11 mars, le 02 et le 11 avril respectivement avec une moyenne de 0.005 mg/l, suivie du Barrage Taksebt qui représente une valeur proche à faible qui est de 0.002 mg/l et 0.003 mg/l pour les prélèvements du 11 mars et le 11 avril respectivement avec une moyenne de 0.0025 mg/l.

Enfin l'échantillon de Tabourth l'Anser qui présente la faible valeur qui est de -0.016 mg/l, -0.004 mg/l et -0.015 mg/l pour les prélèvements du 11 mars, le 02 et 11 avril respectivement avec une moyenne de 0.00 mg/l.

L'ammonium est un élément provient des activités humaines, pas toxique, dans un milieu acide il transforme en ammoniac NH_3 qui est très toxique même à des concentrations très basses.

Et donc la meilleure eau à boire est celle de Tabourth Anser puis barrage Taksebt, Tala Ouglid et enfin Tala Toulmouts.

Selon la statistique ANOVA la différence entre les échantillons est non significative car P- value $(0.05) \geq 0.05$.

Pour une meilleure illustration des résultats, les valeurs d'ammonium sont présentées dans les histogrammes ci-après

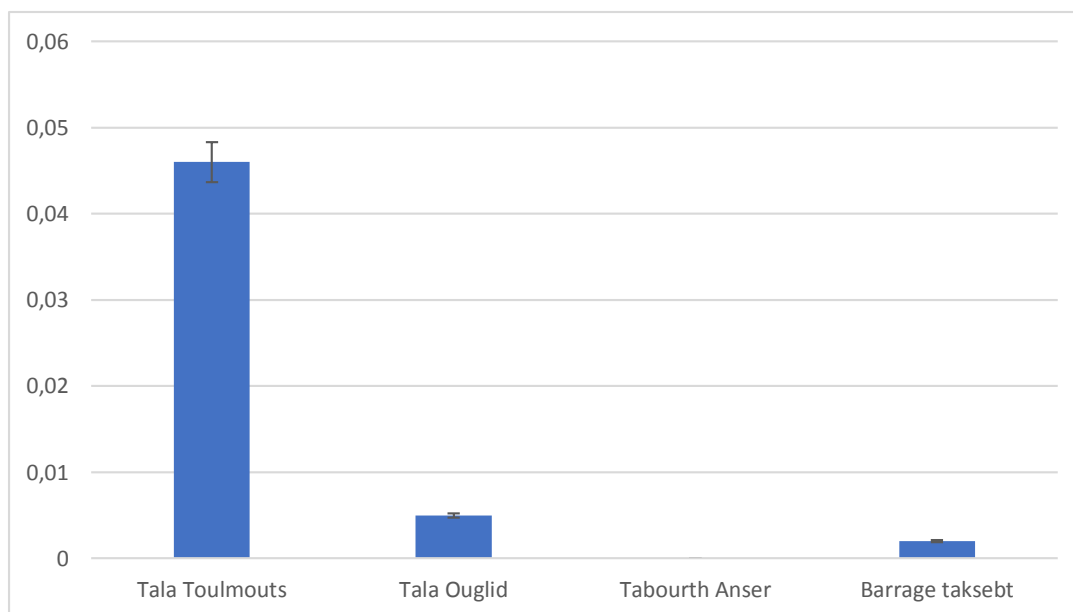


Figure n° 8 : Valeurs d'ammonium

III.7.9. Manganèse :

Les résultats de la mesure des manganèses des échantillons étudiés prélevés à des périodes différentes sont résumés dans le tableau XIII.

Selon les résultats, on constate que la moyenne obtenue sur trois échantillons effectués sur tous les prélèvements, la valeur est inférieure à celle limitée par la réglementation algérienne et qui est de $50\mu\text{g/l}$.

D'après le tableau (annexe 26), on constate que l'eau de Tabourth laincer présente la valeur la plus élevée qui est 0.007 mg/l , 0.062 mg/l et 0.007 mg/l pour les prélèvements du 11 mars, le 02 et le 11 avril respectivement avec une moyenne de 0.025 mg/l

Les seconds échantillons sont Tala Toulmouts et de Tala Ouguelid présentent des valeurs moyennes de manganèse qui sont de 0.027 mg/l , 0.006 mg/l et 0.01 mg/l pour les prélèvements du 11 mars, le 02 et le 11 avril respectivement avec une moyenne de 0.014 mg/l pour Tala Toulmouts et avec 0.031 mg/l , 0.039 mg/l et -0.026 mg/l pour les prélèvements du 11 mars, le 02 et le 11 avril respectivement avec une moyenne de 0.014 mg/l pour Tala Ouguelide.

Enfin l'échantillon du Barrage Taksebt qui présente la faible valeur qui est de 0.002 mg/l et 0.002 mg/l pour les prélèvements du 11 mars et le 11 avril respectivement avec une moyenne de 0.00 mg/l .

La présence des manganèses dans les eaux dépend de la nature des terrains traversés.

Les manganèses ne présentent pas un risque majeur sur la santé humaine, mais il peut poser des problèmes dans les eaux de consommation lors de son oxydation. Les manganèses donnent un goût métallique ou amer à l'eau, produire des taches sur le linge et les sanitaires, encrassement des adoucisseurs d'eau et aussi ils dégradent la qualité d'eau (due à un développement bactérien).

Et pour cela on peut constater que selon la teneur en manganèse l'eau du barrage Taksebt est le meilleur.

Selon la statistique ANOVA la différence entre les échantillons est non significative car P- value $(0.71) \geq 0.05$.

Pour une meilleure illustration des résultats, les valeurs des manganèses sont présentées dans les histogrammes ci-après

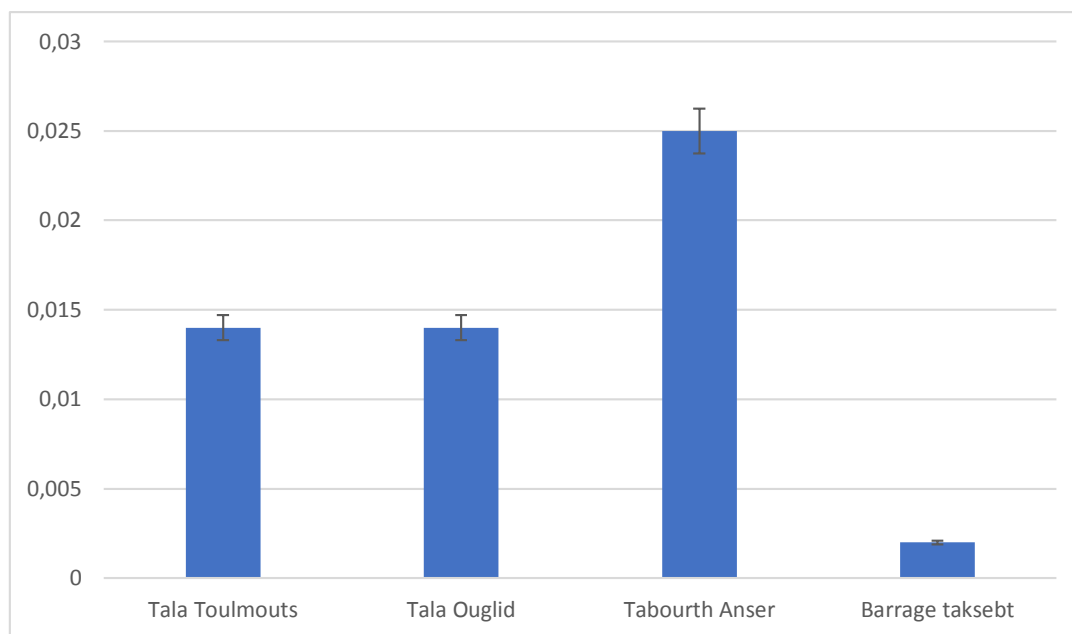


Figure n° 9 : Valeurs des manganèses

III.7.10. Sulfate :

Les résultats de la mesure des sulfates des échantillons étudiés prélevés à des périodes différentes sont résumés dans le tableau XIV.

Selon les résultats, on constate que la moyenne obtenue sur trois échantillons effectués sur tous les prélèvements, la valeur est inférieure à celle limitée par la réglementation Algérienne et qui est de 400mg/l.

D'après le tableau (annexe 27), on constate que l'eau du Barrage Taksebt présente la valeur supérieure qui est de 62 mg/l et 63.8 mg/l pour les prélèvements du 11 mars et le 11 avril respectivement avec une moyenne de 62.9 mg/l, suivie de la source de Tala Toulmouts avec 63.11mg/l, 61.9 mg/l, 62.1 mg/l pour les prélèvements du 11 mars, le 02 et le 11 avril respectivement avec une moyenne de 62.37 mg/l, cette variation des résultats peut être exprimer par la présence des activités industrielles dans ces zones.

Le second échantillon est l'eau de Tabourth lincer qui présente une valeur moyenne qui est 30.74mg/l, 29.20 mg/l et 29 mg/l pour les prélèvements du 11 mars, le 02 et le 11 avril respectivement avec une moyenne de 30.74 mg/l.

Enfin l'échantillon de Tala Ouguelid qui présente la faible valeur qui est de 23.7 mg/l, 23.9mg/l et 28 mg/l pour les prélèvements du 11 mars, le 02 et 11 avril respectivement avec une moyenne de 22.66 mg/l.

Les sulfates sont naturellement présents dans divers minéraux, l'un des anions les moins toxique.

L'eau sulfatée contient au moins de 200 mg/l de sulfate peut avoir un effet laxatif et des diarrhées chez les adultes, par contre chez les enfants on a pu observer des problèmes de colite et de gastro-entérite (lorsque le taux de sulfate dans l'eau dépasse celui du lait maternel l'eau est considérée sulfatée pour les nourrissons) (Roques *et al.*, 2021).

D'après les résultats, les meilleures eaux est celle de Tala Ouglid et Tabourth Anser.

Selon la statistique ANOVA la différence entre les échantillons est non significative car P- value (0.81) ≥ 0.05 .

Pour une meilleure illustration des résultats, les valeurs du sulfate sont présentées dans les histogrammes ci-après

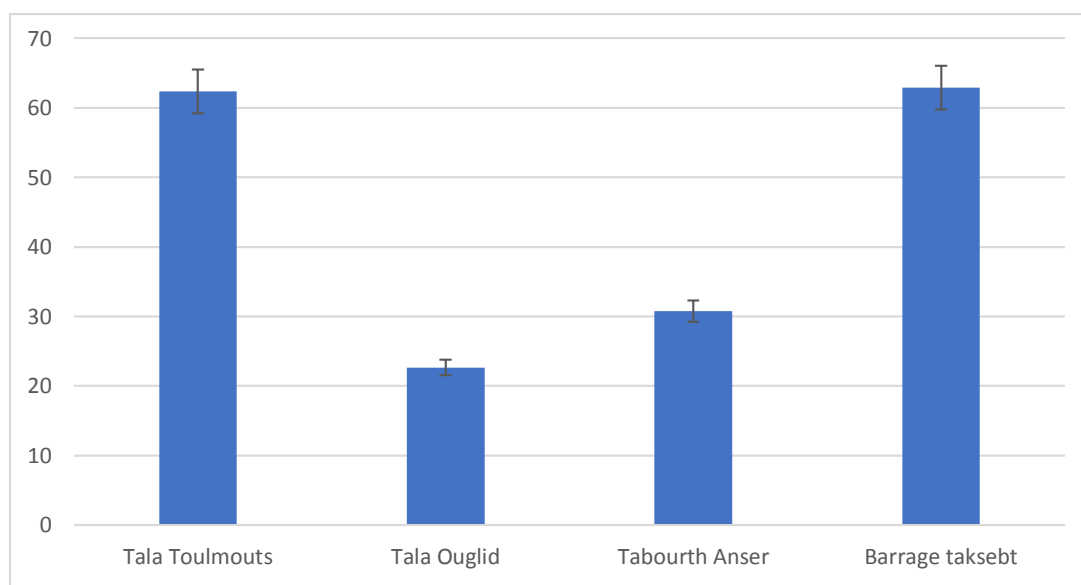


Figure n° 10 : valeurs des sulfates

III.7.11. Matière organique :

Les résultats de la mesure de la matière organique des échantillons étudiés prélevés à des périodes différentes sont résumés dans le tableau XV.

Selon les résultats, on constate que la moyenne obtenue sur trois échantillons effectués sur tous les prélèvements, la valeur est inférieure à celle limitée par la réglementation algérienne et qui est de 5mgO₂/l.

D'après le tableau (annexe 28), on constate que l'eau du Barrage Taksebt présente la valeur supérieure qui est de 2.61 mgO₂/l et 1.15 mgO₂/l pour les prélèvements du 11 mars et le 11 avril respectivement avec une moyenne de 1.91 mgO₂/l, suivie de la source de Tala Toulmouts avec 2.33 mgO₂/l, 1.80 mgO₂/l, 1.10 mgO₂/l pour les prélèvements du 11 mars, le 02 et le 11 avril respectivement avec une moyenne de 0.61 mgO₂/l

Le second échantillon est l'eau de Tala Ouguelid qui présente une valeur moyenne qui est 0.44 mgO₂/l, 0.30 mgO₂/l et 0,37mgO₂/l pour les prélèvements du 11 mars, le 02 et le 11 avril respectivement avec une moyenne de 0.07mgO₂/l.

Enfin l'échantillon de Tabourth l'Anser qui présente la faible valeur qui est de 0.29 mgO₂/l, 0.22 mgO₂/l et 0.03mgO₂/l pour les prélèvements du 11 mars, le 02 et 11 avril respectivement avec une moyenne de 0.03mgO₂/l cette différence est due à la photosynthèse et donc présence des animaux.

La MO n'a pas un effet néfaste sur la santé humaine mais elle nuit à l'efficacité de procédé de traitement des eaux potables dont lors de la désinfection la MO réagit avec le chlore ce qui permet la formation des sous-produits cancérigènes.

La MO contribue à donner un goût, une couleur et une odeur désagréable.

Et pour cela on peut conclure que Tala Ouglid et Tabourth Anser sont les meilleures sources.

Selon la statistique ANOVA la différence entre les échantillons est significative car P- value (0.005) < 0.05.

Pour une meilleure illustration des résultats, les valeurs de la matière organique sont présentées dans les histogrammes ci-après

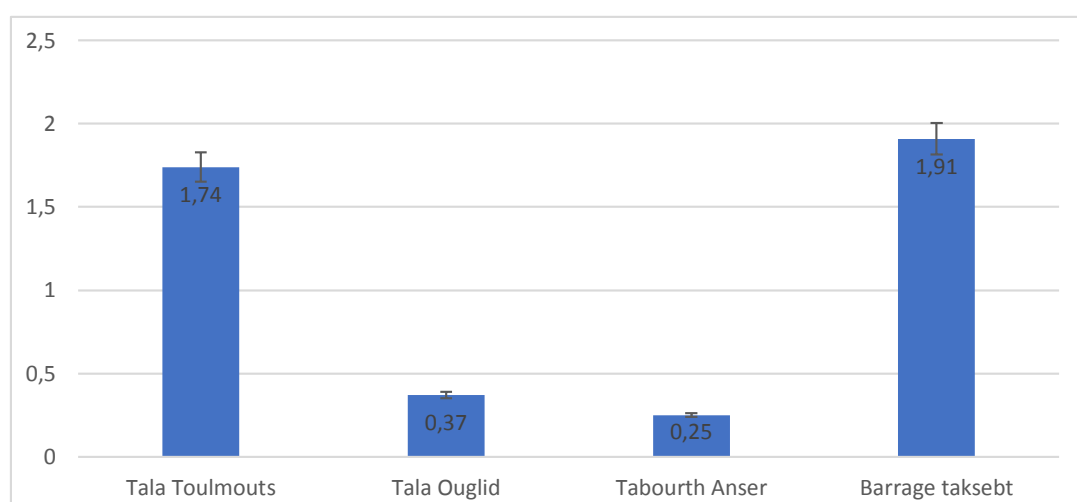


Figure N° 11 : valeurs de la matière organique

III.7.12. Dureté :

Les résultats de la mesure de la dureté des échantillons étudiés prélevés à des périodes différentes sont résumés dans le tableau XVI.

Selon les résultats, on constate que la moyenne obtenue sur trois échantillons effectués sur tous les prélèvements, la valeur est inférieure à celle limitée par la réglementation algérienne et qui est de 500mg/l.

D'après le tableau (annexe 29), on constate que l'eau de Tala Toulmouts présente la valeur la plus élevée qui est 31.6 mg/l, 60 mg/l et 62 mg/l pour les prélèvements du 11 mars, le 02 et le 11 avril respectivement avec une moyenne de 51.2 mg/l cette valeur peut être expliquée par la nature des terrains calcaire,

Le second échantillon est Tabourth lincer qui présente des valeurs moyennes 15 mg/l, 32 mg/l, 29 mg/l pour les prélèvements du 11 mars, le 02 et le 11 avril respectivement avec une moyenne de 25.33mg/l, suivie de Barrage Taksebt avec 24 mg/l, 24 mg/l pour les prélèvements du 11 mars et le 02 avril respectivement avec une moyenne de 24.5 mg/l.

Enfin la source de Tala Ouguelid 18.6 mg/l, 23 mg/l, 28 mg/l pour les prélèvements du 11 mars, le 02 et le 11 avril respectivement avec une moyenne de 23.2mg/l.

Les concentrations élevées de la dureté provoquent de nombreuses maladies telles que la Lithiase urinaire présence dans les reins de cristaux ou calculs rénaux, Irritation cutanée et des pathologies cardiovasculaires. La dureté de l'eau influence aussi sur les machines à laver et les lave-vaisselles [Farah ALFRED et Yanick SIMON, 2013].

Et donc selon la dureté Tala Ouglid et Tabourth Anser sont les deux meilleures sources.

Selon la statistique ANOVA la différence entre les échantillons est non significative car P- value (0.023) \geq 0.05.

Pour une meilleure illustration des résultats, les valeurs de la dureté sont présentées dans les histogrammes ci-après

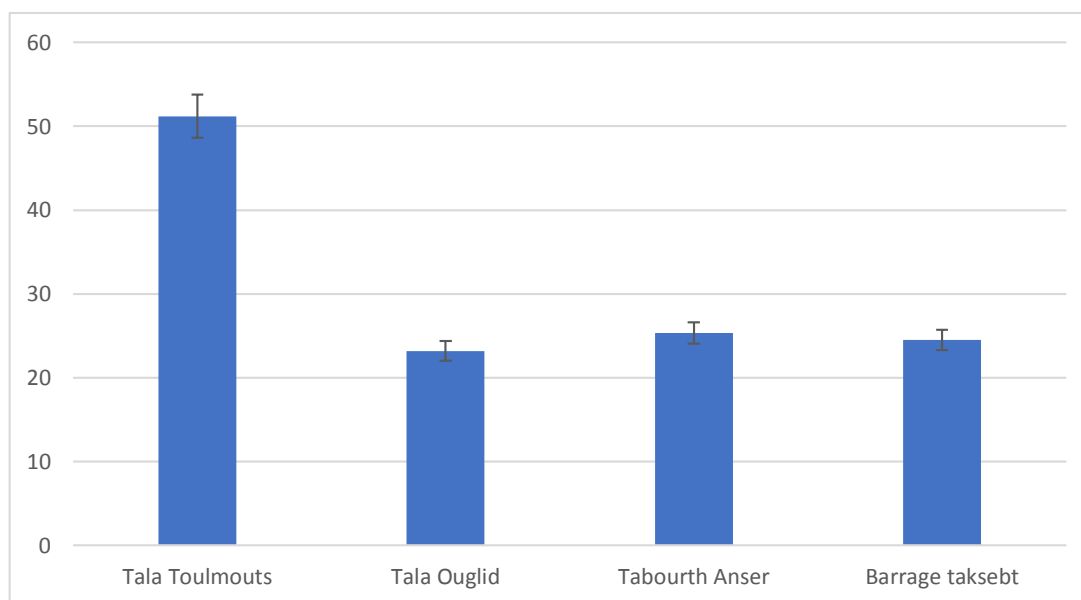


Figure N°12 : valeurs de la dureté

III.7.13. Calcium :

Les résultats de la mesure de calcium des échantillons étudiés prélevés à des périodes différentes sont résumés dans le tableau XVII.

Selon les résultats, on constate que la moyenne obtenue sur trois échantillons effectués sur tous les prélèvements, la valeur est inférieure à celle limitée par la réglementation Algérienne et qui est de 200mg/l.

D'après le tableau (annexe 30), on constate que l'eau de Tala Toulmouts présente la valeur la plus élevée qui est 112 mg/l, 120 mg/l et 115 mg/l pour les prélèvements du 11 mars, le 02 et le 11 avril respectivement avec une moyenne de 115,66 mg/l cette valeur peut être expliquée par la nature des terrains calcaire.

Le second échantillon est la source de Tala Ouguelid 58.5 mg/l, 84 mg/l, 88 mg/l pour les prélèvements du 11 mars, le 02 et le 11 avril respectivement avec une moyenne de 76.83 mg/l, suivie par Barrage Taksebt avec 65 mg/l et 65 mg/l pour les prélèvements du 11 mars et le 02 avril respectivement avec une moyenne de 65 mg/l.

Enfin la source de Tabourth l'Anser qui représente la valeur la plus faible avec 48.8 mg/l, 56 mg/l, 63 mg/l pour les prélèvements du 11 mars, le 02 et le 11 avril respectivement avec une moyenne de 59.93mg/l.

Les grandes concentrations de Ca^{2+} peuvent conduire à une hypercalciurie ce qui provoque la formation des calculs rénaux et aussi influencent sur les machines à laver et les lave-vaisselles.

Les faibles concentrations de calcium provoquent des problèmes au niveau des os et des dents [James L. Lewis III, 2021].

Selon les résultats on conclut que les meilleures eaux sont celles de Tala Ouglid ; Tabourth Anser et Barrage Taksebt.

Selon la statistique ANOVA la différence entre les échantillons est significative car P- value (0.0001) < 0.05.

Pour une meilleure illustration des résultats, les valeurs de calcium sont présentées dans les histogrammes ci-après

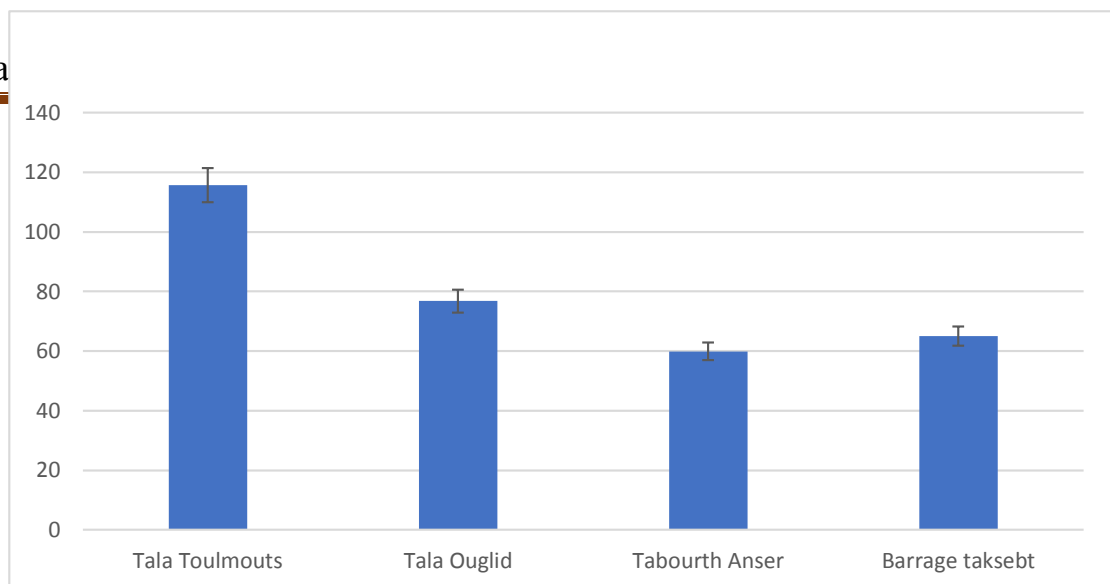


Figure N° 13 : valeurs de calcium

III.7.14. TAC :

Les résultats de la mesure du TAC des échantillons étudiés prélevés à des périodes différentes sont résumés dans le tableau XVIII.

Selon les résultats, on constate que la moyenne obtenue sur trois échantillons effectués sur tous les prélèvements, la valeur est inférieure à celle limitée par la réglementation algérienne et qui est de 65mg/l.

D'après le tableau (annexe 31), on constate que l'eau de Tala Toulmouts présente la valeur la plus élevée qui est 36 mg/l, 36.8 mg/l et 35.2 mg/l pour les prélèvements du 11 mars, le 02 et le 11 avril respectivement avec une moyenne de 36 mg/l cette valeur peut être expliquée par la présence des micro-organismes dans le milieu.

Le second échantillon est la source de Tala Ouguelid 19.6 mg/l, 20.8 mg/l, 20.93 mg/l pour les prélèvements du 11 mars, le 02 et le 11 avril respectivement avec une moyenne de 20.93 mg/l, suivie par Barrage Taksebt avec 19 mg/l et 17.1 mg/l pour les prélèvements du 11 mars et le 02 avril respectivement avec une moyenne de 18.05 mg/l.

Enfin Tabourth l'Anser avec 16mg/l, 18.4mg/l, 19.2mg/l pour les prélèvements du 11 mars, le 02 et le 11 avril respectivement avec une moyenne de 17.86mg/l.

Selon les résultats obtenus la qualité des eaux de Tala Toulmouts est la dernière source puis Tala Ouglid, Barrage Taksebt et Tabourth Anser.

Selon la statistique ANOVA la différence entre les échantillons est non significative car P- value (2.78) ≥ 0.05 .

Pour une meilleure illustration des résultats, les valeurs du TAC sont présentées dans les histogrammes ci-après

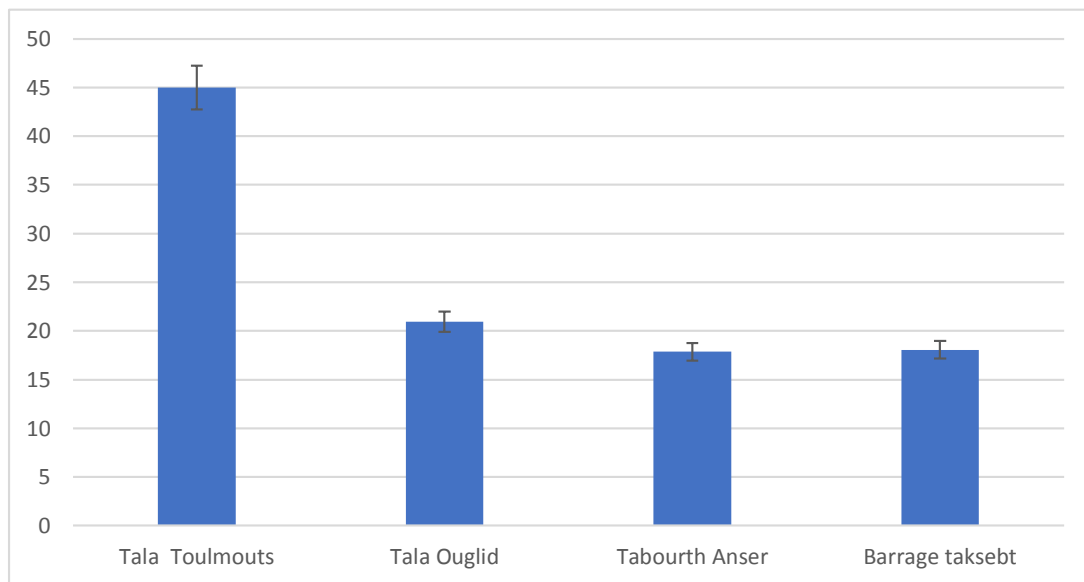


Figure N° 14 : valeurs de TAC

III.7.15. Chlorure :

Les résultats de la mesure du chlorure des échantillons étudiés prélevés à des périodes différentes sont résumés dans le tableau XIX.

Selon les résultats, on constate que la moyenne obtenue sur trois échantillons effectués sur tous les prélèvements, la valeur est inférieure à celle limitée par la réglementation Algérienne et qui est de 500 mg/l.

D'après le tableau (annexe 32), on constate que l'eau de Tala Toulmouts présente la valeur la plus élevée qui est 69.13 mg/l, 63.10 mg/l et 63.74 mg/l pour les prélèvements du 11 mars, le 02 et le 11 avril respectivement avec une moyenne de 65.32 mg/l, suivie du Barrage Taksebt avec 70.1 mg/l et 59.4 mg/l pour les prélèvements du 11 mars et le 02 avril respectivement avec une moyenne de 64.7 mg/l.

Le second échantillon est la source de Tala Ouguelid 26.58 mg/l, 21.27 mg/l, 20.74 mg/l pour les prélèvements du 11 mars, le 02 et le 11 avril respectivement avec une moyenne de 22.86 mg/l.

Enfin Tabourth lincer avec 19.13mg/l, 16.30mg/l, 17.40mg/l pour les prélèvements du 11 mars, le 02 et le 11 avril respectivement avec une moyenne de 17.61mg/l.

Les quantités des chlorures excrètent dans les urines sont liés directement à la quantité filtrée au niveau des glomérules rénales et donc les concentrations élevés des chlorures (hypochlorémie) provoquent une insuffisance rénale car la régulation des chlorures dans l'organisme est assurée par les reins (Dargent *et al.*, 2017).

Pour les gens qui ont des problèmes rénaux les eaux préférés sont de Tabourth Anser et Tala Ouglid.

Selon la statistique ANOVA la différence entre les échantillons est non significative car P- value (1.98) ≥ 0.05 .

Pour une meilleure illustration des résultats, les valeurs des chlorures sont présentées dans les histogrammes ci-après

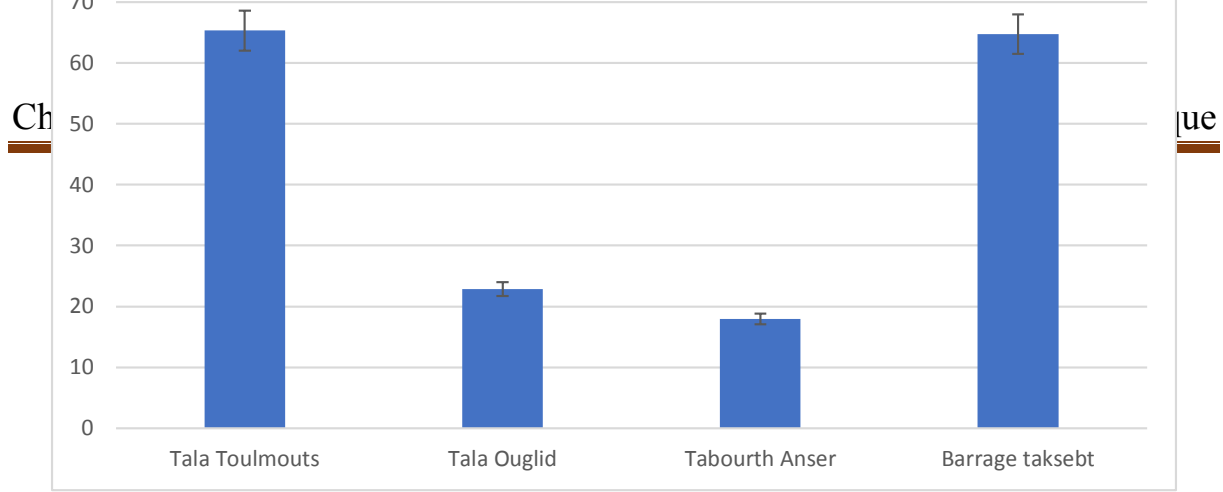


Figure N°15 : valeurs des chlorures

Chapitre IV : Etude de
la qualité
bactériologique

IV.1. Introduction

La qualité bactériologique est un paramètre important de la qualité de l'eau potable. Elle est mesurable par la présence d'organismes indicateurs de pollution : germe totaux, coliforme totaux, coliforme fécaux. Elle se multiplier très facilement et sont utilisées généralement comme germe tests de contamination fécale.

IV.2. Etude bactériologique

L'étude bactériologique portée sur les quatre échantillons d'eau étudiés dans ce travail à savoir l'eau de barrage Taksebt et les eaux des trois sources : Tala Toulmouts (Tizi-ouzou) Tala Ouguelide (Mechtras) et Tabourth Lincer (Assi Youcef), consiste à rechercher et dénombrer les coliformes, E. coli et les entérocoques intestinaux d'une part.

D'autre part, la recherche et le dénombrement spores de bactéries anaérobies réductrices par la méthode de filtration sur membrane a été effectuée.

IV.2.1. Recherche et dénombrement des Bactéries coliformes, d'Escherichia colis et d'entérocoques intestinaux (Méthode Alternative IDEXX).

Le principe de la méthode consiste à décrire la méthode alternative rapide pour la recherche et le dénombrement des bactéries coliformes, E. coli et Entérocoques intestinaux dans l'eau par la méthode du nombre le plus probable (NPP) en milieu liquide en utilisant les réactifs IDEXX (norme ISO 9308-2 :2012).

Cette méthode rapide est applicable à tous types d'eaux et particulièrement :

- ✚ Eaux chargées en bactéries ou riches en matière en suspension pour l'obtention d'un résultat en colimétrie rapide (en 18 h).
- ✚ Au contrôle de désinfection de conduite (réception d'une nouvelle conduite ou après pollution).
- ✚ En cas de pollution.

Colilert1 (réactif)

Ajouter le réactif collert-18 à l'échantillon, verser dans Quanti-Try (numération de 1 à 200) ou Quanti-Try / 2000 (numération de 1 à 2 419), sceller avec le conditionneur Quanti-Try (sealer) et placer dans une étuve à 36°C pendant 18 heures puis la lecture des résultats :

- Puits jaunes = coliformes totaux
- Puits jaune /fluorescents = E. coli

Enterolert-E (réactif)

Ajouter le réactif Enterolert-E à l'échantillon, verser dans Quanti-Try (numération de 1 à 200) ou Quanti-Try / 2000 (numération de 1 à 2 419), celler avec le conditionneur Quanti-Try_ (Sealer) et placer dans une étuve à 36°C pendant 24 heures et puis la lecture des résultats :

- Puits bleus/fluorescents = Entérocoques intestinaux.

IV.2.2. Recherche et dénombrement des spores de bactéries anaérobies-réductrices (méthode par filtration sur membrane).

Le principe de la méthode consiste au rétention des spores de bactéries sur le filtre de porosité 0.22µm après destruction des formes végétatives par chauffage de l'échantillon à $75 \pm 5^\circ\text{C}$ (bain-marie) pendant 15min puis incuber la membrane sur milieu gélose viande-foie (ou milieu gélose tryptose sulfite) additionné d'une ampoule de sulfite de sodium et une ampoule d'alun de fer pendant $20 \pm 4\text{h}$ et $44 \pm 4\text{h}$ à 37°C et dénombrer les colonies noire, cette coloration est dus à la réduction des sulfites en sulfures par action des bactéries, ces sulfures réagissent avec le fer et donnent la couleur noire.

L'objet de cette méthode opératoire est de décrire une méthode de recherche et de dénombrement des spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices par méthode de filtration sur membrane (la norme NF EN 26461-2 ISO 6461-2.1993).

Préparation du milieu de culture

Avant d'effectuer la recherche et le dénombrement des spores de bactéries anaérobies réductrices, on procède à liquéfaction du milieu de culture.

Il s'agit de mettre le flacon contenant la gélose stérile dans un bain marie à une température de 100°C puis la laisser refroidie à 50°C et en fin ajouter les additifs à cette gélose de base au moment de l'utilisation.

Sélection des spores

Avant de procéder à la sélection des spores, l'échantillon à analyser doit être chauffé dans un bain marie à $75^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ pendant 15min. A partir du moment où cette température est atteinte, on refroidit rapidement sous l'eau de robinet jusqu'à température ambiante.

Filtration sur membrane et incubation

Un volume de 20ml de l'échantillon à analyser est filtré à travers une membrane de diamètre de pores de $0.22\mu\text{m}$. La membrane est, ensuite, enlevée à l'aide d'une pince stérile et placée face supérieure vers le bas dans le fond d'une boîte de pétri, tout en évite les bulles d'air sous la membrane. Le milieu de culture liquéfié contenant des additifs est versé jusqu'au rebord de la boîte de pétri. L'incubation est faite à $37^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ pendant $20\text{h} \pm 4\text{h}$ (première lecture) et $44\text{h} \pm 4\text{h}$ (deuxième lecture).

Dénombrement et interprétation des résultats

Une première lecture consiste à un dénombrement des colonies, elle se fait après 24h d'incubation pour éviter un développement trop important de bactéries.

L'énumération après 44 ± 4 h doivent être indiquée ; dans le cas où il y a une diffusion des halos conduisant à une coloration noire, seule la 1^{ère} lecture est prise en considération et sera indiquée seulement comme valeur approximative.

En effet, en présence de nombreuses colonies, une diffusion des halos peut conduire à une coloration noire uniforme de la membrane, rendant le dénombrement impossible en 48h.

Toute colonie noire entourée d'un halo noir est considérée comme résultant d'une spore de bactérie anaérobie sulfite-réductrice.

IV.3. Résultats et discussions

Les résultats de l'étude bactériologique portée sur les échantillons d'eau des sources : Tala Toulmouts (Tizi-Ouzou), Tala Ougelide (Mechtras), Tabourth laiser (Assi Youcef), et du barrage taksebt sont récapitulés dans les tableaux ci-après (annexe 13 ;14 ;15)

IV.3.1. Les coliformes totaux et E. Coli

Les résultats de la recherche des coliformes totaux ainsi qu'E. colis dans les échantillons d'eau étudiés sont récapitulés dans le tableau (XVIII).

Tableau XVIII : Les résultats des coliformes totaux et E. Coli

Source	Paramètres	Numéro d'échantillon	Résultats
Tala Toulmouts	Coliformes totaux	1 ^{er} échantillon	0 n/100ml
		2 ^{em} échantillon	0 n/100ml
		3 ^{em} échantillon	0 n/100ml
	Coliforme fécaux (E. Coli)	1 ^{er} échantillon	0 n/100ml
		2 ^{em} échantillon	0 n/100ml
		3 ^{em} échantillon	0 n/100ml
Tala Ouguelid	Coliformes totaux	1 ^{er} échantillon	20 n/100ml
		2 ^{em} échantillon	25 n/100ml
		3 ^{em} échantillon	15 n/100ml
	Coliforme fécaux (E. Coli)	1 ^{er} échantillon	4 n/100ml
		2 ^{em} échantillon	4 n/100ml
		3 ^{em} échantillon	1 n/100ml
Tabourth laincer	Coliformes totaux	1 ^{er} échantillon	0 n/100ml
		2 ^{em} échantillon	4 n/100ml
		3 ^{em} échantillon	1 n/100ml
	Coliforme fécaux (E. Coli)	1 ^{er} échantillon	0 n/100ml
		2 ^{em} échantillon	0 n/100ml
		3 ^{em} échantillon	0 n/100ml
Barrage Taksebt	Coliformes totaux	1 ^{er} échantillon	0 n/100ml

		2 ^{em} échantillon	0 n/100ml
		3 ^{em} échantillon	0 n/100ml
	Coliforme fécaux (E. Coli)	1 ^{er} échantillon	0 n/100ml

D'après les résultats, on constate que l'eau de barrage Taksebt et de tala toulmouts sont exempte de coliformes totaux et d'E. coli, par conte, l'eau de la source Tabourth Lincer ainsi que l'eau de source Tala contient un membre trop bas de coliformes totaux une valeur moyenne de 1n/100ml de Pour l'eau de Tabourth lincer. Cependant, E. coli est absente dans les eaux de ces deux sources.

En revanche, l'eau de source Tala ouguelid présente un membre assez important de coliformes totaux (une valeur moyenne de 20/100ml).

Cette étude revête également la présence d'E. coli avec une valeur moyenne de 3n/100ml.

Ces résultats indiquent une contamination fécale de la source Tala ouguelid.

Les coliformes totaux n'ont pas un effet néfaste sur la santé sauf s'ils sont accompagnés E. Coli. La contamination des coliformes provient soit par les rejets domestiques ou bien l'existence des fosses septiques à proximité des sources.

Les coliformes fécaux (E. Coli) sont des bactéries thermotolérantes, indicatrices de la qualité de l'eau. Selon l'OMS (2004) la présence des Escherichia coli dans l'eau prouve que la contamination fécale est récente.

Selon nos résultats, on peut classer les eaux de la source de Tala Ouglid en mauvaise qualité bactérienne et les autres sources en bonne qualité.

IV.3.2. Entérocoques

Les résultats de la recherche et dénombrement des entérocoques des échantillons d'eau des différentes sources étudiées dans ce travail sont récapitulés dans le tableau (XXIV)

Tableau XXIV: Les résultats des entérocoques

Source	Paramètres	Numéro d'échantillon	Résultats
Tala Toulmouts	Entérocoques	1 ^{er} échantillon	0 n/100ml
		2 ^{em} échantillon	0 n/100ml
		3 ^{em} échantillon	0 n/100ml
Tala Ouguelid	Entérocoques	1 ^{er} échantillon	0 n/100ml
		2 ^{em} échantillon	4 n/100ml
		3 ^{em} échantillon	0 n/100ml
Tabourth Anser	Entérocoques	1 ^{er} échantillon	0 n/100ml
		2 ^{em} échantillon	1 n/100ml
		3 ^{em} échantillon	0 n/100ml
Barrage Taksebt	Entérocoques	1 ^{er} échantillon	0 n/100ml
		2 ^{em} échantillon	0 n/100ml
		3 ^{em} échantillon	0 n/100ml

D'après les résultats, on constate que l'eau Tala Toulmouts et de barrage Taksebt sont exemptes des entérocoques, par contre, l'eau de la source de Tabourth Lincer et Tala Ouguelid qui contient un nombre trop bas des entérocoques avec une valeur moyenne de 1n/ml et 4n/100ml.

La persistance des entérocoques dans l'eau peut être supérieure à celle des autres organismes indicateurs à cause de leurs résistances aux agents désinfectants.

Les entérocoques ont un effet néfaste sur la santé car sont responsables des diverses infections nosocomiales.

IV.3.3. Bactéries sulfito-réductrices

Les résultats de la recherche et dénombrement des entérocoques des échantillons d'eau des différentes sources étudiées dans ce travail sont récapitulés dans le tableau (XIX)

Tableau XIX : Les résultats des bactéries sulfito-réductrices

Source	Paramètres	Numéro d'échantillon	Résultats
Tala Toulmouts	Bactéries sulfito-réductrices	1 ^{er} échantillon	0 n/20ml
		2 ^{em} échantillon	0 n/20ml
		3 ^{em} échantillon	0 n/20ml
Tala Ouglid	Bactéries sulfito-réductrices	1 ^{er} échantillon	1 n/20ml
		2 ^{em} échantillon	0 n/20ml
		3 ^{em} échantillon	0 n/20ml
Tabourth Anser	Bactéries sulfito-réductrices	1 ^{er} échantillon	0 n/20ml
		2 ^{em} échantillon	0 n/20ml
		3 ^{em} échantillon	0 n/20ml
Barrage Taksebt	Bactéries sulfito-réductrices	1 ^{er} échantillon	0 n/20ml
		2 ^{em} échantillon	0 n/20ml
		3 ^{em} échantillon	0 n/20ml

D'après les résultats, on constate que l'eau de Tala Ouguelid contient des bactéries sulfito-réductrice. Contrairement à l'eau de tala toulmouts, tabourth lainser et barrage taksebt qui sont exemptes de ce type de bactérie.

La recherche des bactéries sulfito-reductrices est un paramètre d'une importance majeure lors de l'évaluation de la qualité microbiologique de l'eau.

Ce paramètre renseigne sur une contamination fécale ancienne.

Les bactéries sulfite-réductrices (spore) sont des bactéries anaérobies capables de sporuler et de vivre longtemps dans les eaux. Elles sont plus résistantes et donc témoignent d'une contamination ancienne.



Conclusion

L'eau est un élément indispensable pour la vie et pour le développement socio-économique d'un pays. En Algérie les eaux destinées à la consommation sont généralement les eaux de superficie et les eaux de sources, la wilaya de Tizi-Ouzou contient plusieurs sources.

Notre travail porte l'évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de source (Tala Toulmouts, Tala Ouguelid, Tabourth lanser) en les comparant avec l'eau du barrage Taksebt.

- Les résultats des paramètres physico-chimiques de toutes les eaux analysées en très bonne qualité.
- Le PH de ces eaux est proche à la neutralité avec un degré de minéralisation moyen.
- Les teneurs des paramètres de pollution sont dans les normes.
- Les résultats des analyses bactériologiques à la sortie de la station de traitement présente une absence totale de bactérie ce qui confirme l'efficacité des différentes étapes de potabilisation.
- Les résultats des analyses bactériologiques des sources de Kabylie présentent presque une absence de bactérie à l'exception de la source de Tala Ouguelid qui représente la présence des coliformes fécaux (E. coli) et donc la nécessité de désinfecter l'eau avant la consommation.

On conclue que les eaux de la wilaya de Tizi-Ouzou sont considérées comme bonnes à consommer et le traitement des eaux de barrage est suffisant.

Perspectives

Pour limiter les problèmes de la dégradation de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau et pour éviter la possibilité de tout risque sanitaire il est recommandé de :

- faire une surveillance périodique de la qualité d'eau ;
- les réservoirs doivent être doter avec des désinfectants automatiques.

Références Bibliographiques

Références bibliographiques

A

Abboudi Akil., Tabyaoui Hassan., El Hamichi Fatima., (2014). Etude physico-chimique et contamination métallique des eaux de surface du bassin versant de guigou Maroc, Vol 10, N° 23.

Alouane H., (2012). Evaluation des teneurs en nitrates dans les sols et dans les eaux captées et émergentes en zones à vocation agricole ; Impact des nitrates sur la qualité des eaux destinées à la consommation humaine, Mémoire de Magister, Gestion des déchets : Évaluation et Solutions Environnementales, Université Mentouri Constantine, 49p.

Anonyme., (2021), du fer et du manganèse dans l'eau potable, paru dans le N°444 à la page 40.

Ayad wissem., (2017). Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines : cas des puits de la région D'EL-HARROUCH (Wilaya de Skikda), thèse de doctorat en Microbiologie Appliquée, faculté des sciences, département de biochimie, Université Badji Mokhtar-Annaba, p 156.

B

BBEN Thayer., (2007). Élimination de la turbidité par oxygénation et filtration successives des eaux de la station de staf (sud de la Tunisie), volume 20, numéro 4, p325-424.

BELGHITI M.L., CHAHLAOUI A.1, BENGOUMI D., EL MOUSTAINE R., (2013).

Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de la nappe plio-quaternaire dans la région de MEKNÈS (Maroc), N°14, pp. 21-36.

Brigette Genin., Christian Chauvin., Françoise Ménard., (2003). Cours d'eau et indice biologique, P 99.

C

Carole Ropars-Collet., Philippe Le Goffe., (2018). Pollutions accidentelles des eaux de surface : une application des modèles de comptage, n° 213, pages 1 à 18.

Centre d'expertise en analyse environnementale du QUEBEC, (2016). Recherche et dénombrement de staphylococcus aureus : méthode par filtration sur membrane.

C.-F. Roques-Latrillea., J. Hubert a., Y. Lévi a., J.-M. Bourrea., R. Ardailloua., C. Buffet a., C. Gérard a., J.-M. Hascoët a., C. Roux b., D. Lecomtea., D. Bontouxa., P. Queneaua., B. Charpentier a., B. Falissarda., (2022). Au nom de la commission 3 (Thérapies complémentaires, thermalisme, eaux minérales) de l'ANM1, Rapport sur les mentions d'étiquetage des eaux conditionnées (Saisine Direction générale de la santé — DGS — du 16 juin 2021), à Académie nationale de médecine, Paris, France b Hôpital Cochin, Paris, France.

Charlotte Arce., (2021). Qualité d'eau, les nitrates dans l'eau ont un impact sur le poids des bébés.

D

Degbey C., Makoutode M., Fayomi B., Brouwer C., (2010). La qualité de l'eau de boisson en milieu professionnel à Godomey au Bénin, Journal Internationale de Santé et Travaux, Vol 1, PP : 15-22.

Dalila ZIANI., (2017). QUANTIFICATION DE LA POLLUTION ANTHROPIQUE DES EAUX SOUTERRAINES DE L’AQUIFERE DE AIN DJASSER.EST ALGERIEN, Thèse Doctorat en Sciences Hydraulique

F

Farah ALFRED., Yanick SIMON., (2013), Laboratoire Santé – Environnement (LS-E), Axe 3 evaluation des pathologies due à la géologie d’Haïti (géologie médicale), La dureté de l’eau destinée à la consommation humaine et les maladies cardiovasculaires, Port-au-Prince.

H

Haslay.C., H. Leclerc., (1993). Microbiologie des eaux d’alimentation, Lavoisier Tec et Doc, Paris, 495p.

I

ISO, (2006). Qualité de l’eau, échantillonnage pour analyse microbiologique, 1^{er} édition.

ISO, 10523 15/12/2008

ISO, 7888 15/05/1985

ISO, 6058 : 1984

ISO, 9297 : 1989

ISO, 6059 NA 752 : 1989

ISO, 9963-1 :1994

ISO, 8467-1993

ISO, 6777 première Edition 01 -08 -1984

ISO, 7150\1

ISO, 6878

ISO, 6332 : 1988

ISO, 9308-2 :2012

J

J. Canellas., (1995). Au sujet de la définition et de la réglementation des eaux minérales naturelles, LA HOUILLE BLANCHFJ N° 213.

James L. Lewis III, MD., (2021). Brookwood Baptist and saint Vincent’s Ascension Health, Birmingham.

Journal Officiel de la République Algérienne., (2014). Paramètres de qualité de l’eau de consommation humaine, N°13.

J.-P. Quenot., A. Dargent., A. Large., P. Andreu., J.-B. Roudaut., J.-P. Rigaud., S.D. Barba., (2017), le chlore est-il vraiment toxique.

K

Kader Gain., (2022). Traitement de l'eau potable 1, qualité des eaux et clarification, p10-15.

Kader Gaid., (2022). Traitement de l'eau potable 5: équilibre calco-carbonique et désinfection. P 335.

L

Laila IDRISSEI., (2006). NITRATE ET NITRITE polluants qui menace la santé et l'environnement, les technologies de laboratoire N°1.

M

Moussa M., Baccar L., Ben Khemis R., (2005). Ghar El Melh lagoon: Ecological diagnoses and future hydraulic restoration. Rev Sci Eau. 18, 13-26.

N

Norme NF EN 26461-2 ISO 6461-2. 1993. SPOR

O

OMS, (2000). Directives de qualité pour l'eau de boisson, critères d'hygiène et de documentation à l'appui. Organisation mondiale de la sante, 2^{ème} édition, Vol 2, p 1050.

OMS, (2004). Directives de qualité pour l'eau de boisson, Descriptive, Ed. Organisation mondiale de la sante, Genève, 3^{ème} édition, Vol 1, p 110.

OMS, (2006). L'eau potable. Les lignes directrices de l'OMS en ce qui concerne la qualité de l'eau potable, la référence en ce qui concerne la sécurité en matière d'eau potable.

OMS, (2014). Les recommandations mondiale de la santé.

P

P. Balloy Mwanza., J.P. Katond., P. Hanocq., (2019). Evaluation de la qualité physico chimique et bactériologique des eaux de puit dans le quartier spontané de luwowoshi, Vol 37, N° 2.

R

Rémi Thalamy., Oieau., (2018). Les traitement d'affinage: quelle stratégie face aux micropolluants? N°278.

Rodier J., Bazin C., Broutin J. P., Chambon P., Champsaur H., Rodi L., (2005). L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, chimie, physico-chimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats. Ed. Dunod, Paris, 1384 p.

Rodier J., Legube B., Merlet N. (2009). L'analyse de l'eau, 9^{ème} édition, Ed. Dunod, 1579p.

Rymond Desjardins., (1997). Le traitement des eaux. Deuxième édition revue et enrichie, P 293.

Ruiti Manel., Bechir Ben Thayer., (2015). Elimination du fer par procédés d'oxydation et d'adsorption sur charbon de pin d'alep, Vol 10, N° 2, pp. 694-700.

S

Saadali B., (2007). Etude de la qualité des eaux de sources issues du massif dunaire de Bouteldja (Algérie extrême Nord oriental), Mémoire de magister en géologie, Géosciences, faculté des sciences de la terre, département de géologie, Université Badji Mokhtar-Annaba, 110p.

Sophie Duchesne., Babacar Toumbou., Phu Duc Nguyen., (2018). Evaluation de l'impact de la pollution diffuse sur la qualité de l'eau en rivière avec données restreintes: cas d'application du bassin versant de la rivière Cau. Volume 31. Numéro 3. P 173-325.

T

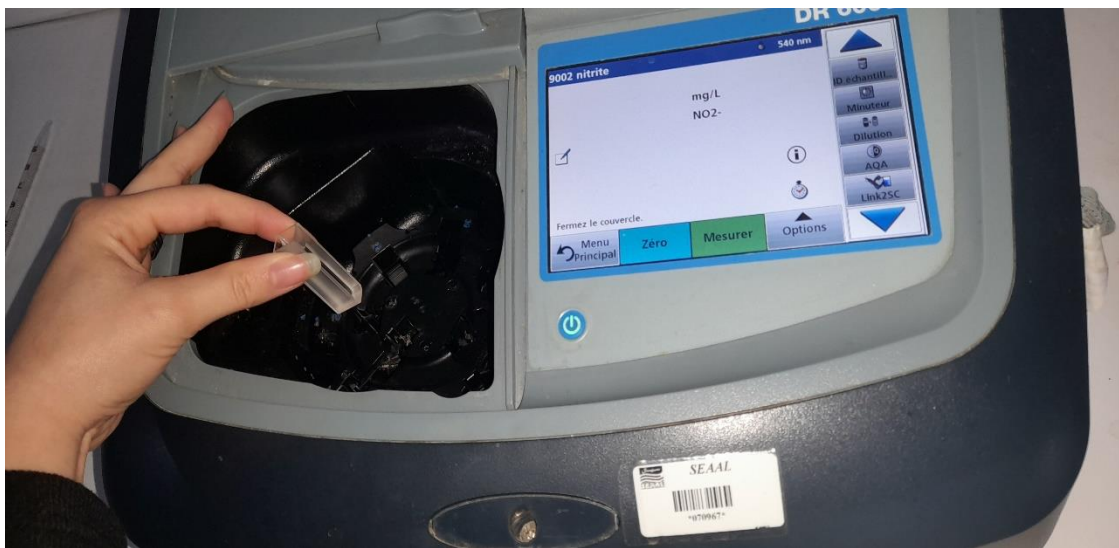
T Elhammoumi., A Elatmani., M Lakhli., F Hamdaoui., A Elborjy., M Sibari., M Benchikh., A Achhar., A Elbourkadi., G Ztit., D Belghyti., K El Kharrim., (2017). Journal of water sciences & environment technologies, Assessment of the waters physicochemical quality of the middle Sebou river at Kariat Bamohamed (Fez-Moroco). N° 02, 193-199.

V

Vilaginès Roland., (2010). Eau, environnement et santé publique, introduction à l'hydrologie (3em édition). P 218.

Annexes

Annexe 01



Spectrophotomètre

Annexe 02



Matériel de titration

Annexe 03



Turbidimètre

Annexe 04



PH-mètre

Annexe 05



Conductimètre

Annexe 06

Tableau II : Résultats des analyses physico-chimique du premier échantillon 11 mars 2023

	Tala toulmouts	Tala Ouguelid	Tabourth laincer	Taksebt Traité
Turbidité	0.40	1	0.40	1.5
Ph	7.3	7.47	7.79	7.60
Conductivité	946	554	334	580
Nitrite	0.007	-0.003	-0.005	0.003
Nitrate	27.34	6.14	2.75	3.3
Fer	0.019	0.005	-0.009	0.001
Phosphate	0.005	0.011	0.003	0.004
Ammonium	0.004	-0.018	-0.16	0.002
Manganèse	0.027	0.031	0.007	0.002
Sulfate	63.11	23.7	30.74	62
Matière Organique	2.33	0.44	0.29	2.68
Th	31.6	18.6	15	24
Calcium	112	58.5	48.8	65
TAC	36	19.6	16	19
Chlorure	69.13	26.58	19.13	70.1

Annexe 07

Tableau III : Résultats des analyses physico-chimique de deuxième échantillon 02 avril 2023

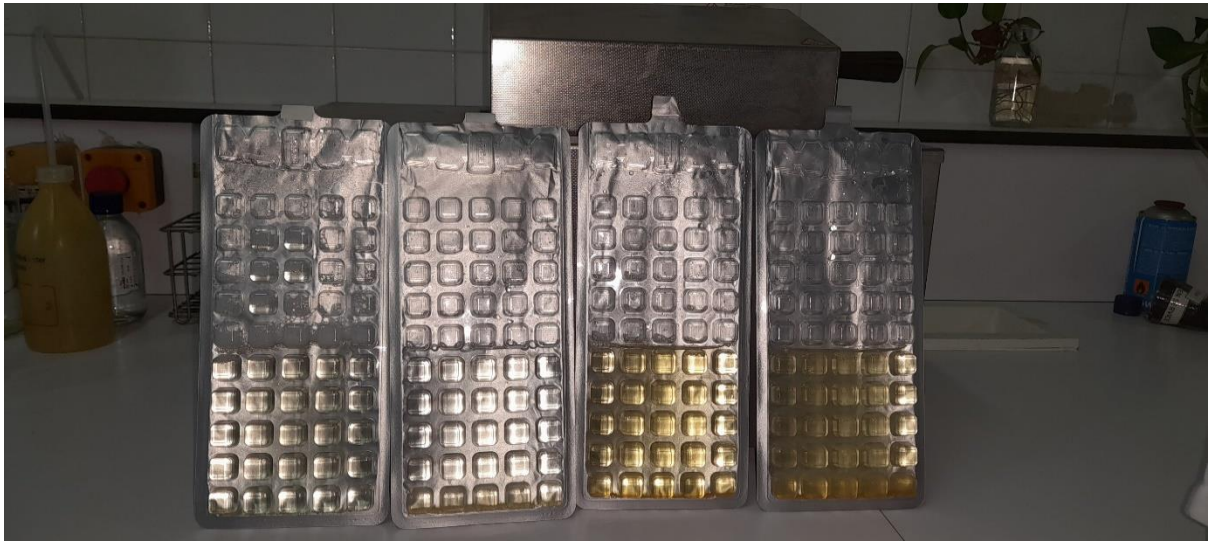
	Tala toulmouts	Tala Ouguelid	Tabourth Lincer	Taksebt Traité
Turbidité	0.29	0.61	0.29	0.28
Ph	7.19	7.55	7.88	7.73
Conductivité	963	497	345	572
Nitrite	0.003	0.005	0.003	0.003
Nitrate	42.15	15.37	4.756	4.4
Fer	0.010	0.002	-0.004	0.002
Phosphate	0.006	0.022	0.010	0.09
Ammonium	0.073	0.024	-0.004	0.003
Manganèse	0.006	0.039	0.062	0.002
Sulfate	61.9	23.9	29.20	63.8
Matière Organique	1.80	0.30	0.22	1.15
Th	60	23	32	25
Calcium	120	84	56	65
TAC	36.8	20.8	18.4	17.1
Chlorure	63.10	21.27	16.30	59.4

Annexe 08

Tableau IV : Résultats des analyses physico-chimique de troisième échantillon 11 avril 2023

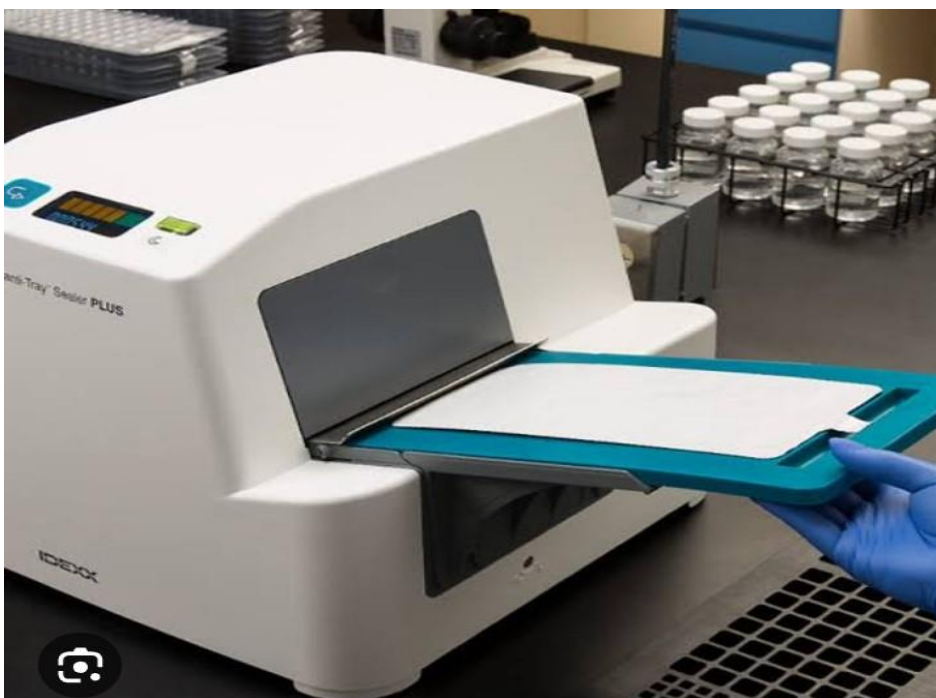
	Tala toulmouts	Tala Ouguelid	Tabourth Lincer
Turbidité	0.32	1.1	0.8
Ph	7.4	7.6	7.98
Conductivité	950	476	321
Nitrite	0.001	-0.001	0.00
Nitrate	39.51	10.95	3.361
Fer	0.01	-0.001	-0.027
Phosphate	0.007	0.019	0.013
Ammonium	0.0628	0.01	-0.015
Manganèse	0.01	-0.026	0.007
Sulfate	62.1	20.4	32.8
Matière Organique	1.10	0.38	0.25
Th	62	28	29
Calcium	115	88	63
TAC	35.2	22.4	19.2
Chlorure	63.74	20.74	17.4

Annexe 09



Quanti-Tray

Annexe 10



Quanti-Tray system

Annexe 11



Appareil de dénombrement des Entérocoques, Coliformes totaux, Coliformes fécaux

Annexe 12

```
import pandas as pd from scipy.stats import f_oneway # Création d'un DataFrame avec
les échantillons d'eau, les dates et le pH data = { 'Echantillon': ['Toulmouts', 'Toulmouts',
'Toulmouts', 'Ouguelid', 'Ouguelid', 'Ouguelid', 'lainer', 'lainer', 'lainer', 'Taksebt',
'Taksebt', 'Taksebt'], 'Date': ['11 Mars', '02 Avril', '11 Avril', '11 Mars', '02 Avril', '11 Avril',
'11 Mars', '02 Avril', '11 Avril', '11 Mars', '02 Avril', '11 Avril'], 'pH': [7.3, 7.19, 7.4, 7.47, 7.55,
7.6, 7.79, 7.88, 7.98, 7.60, 7.73, 10.7] } df = pd.DataFrame(data) # Réalisation de l'ANOVA
anova_result = df.groupby('Echantillon')['pH'].apply(list) f_statistic, p_value =
f_oneway(*anova_result) # Affichage des résultats print("Résultats de l'ANOVA:")
print("Statistique F :", f_statistic) print("Valeur de p :", p_value)
```

Annexe 13

Tableau XX : Résultats du premier échantillon des paramètres bactériologies

La source	Paramètres	Résultats
Tala Toulmouts	Coliforme totaux	0 n/100ml
	Coliforme fécaux (E. Coli)	0 n/100ml
	Entérocoques	0 n/100ml
	Bactéries sulfito-redictrice	0 n/20ml
Tabourth Anser	Coliforme totaux	0 n/100ml
	Coliforme fécaux (E. Coli)	0 n/100ml
	Entérocoques	0 n/100ml
	Bactéries sulfito-redictrice	0 n/20ml

Tala Ouglid	Coliforme totaux	20 n/100ml
	Coliforme fécaux (E. Coli)	4 n/100ml
	Entérocoques	0 n/100ml
	Bactéries sulfito-redictrice	1 n/20ml
Barrage Taksebt	Coliforme totaux	0 n/100ml
	Coliforme fécaux (E. Coli)	0 n/100ml
	Entérocoques	0 n/100ml
	Bactéries sulfito-redictrice	0 n/20ml

Annexe 14

Tableau XXI : Résultats de deuxième échantillon des paramètres bactériologies

La source	Paramètres	Résultats
Tala Toulmouts	Coliforme totaux	4 n/100ml
	Coliforme fécaux (E. Coli)	0 n/100ml
	Entérocoques	0 n/100ml
	Bactéries sulfito-redictrice	0 n/20ml
Tabourth Anser	Coliforme totaux	4 n/100ml
	Coliforme fécaux (E. Coli)	0 n/100ml
	Entérocoques	1 n/100ml
	Bactéries sulfito-redictrice	0 n/20ml
Tala Ouglid	Coliforme totaux	25 n/100ml
	Coliforme fécaux (E. Coli)	4 n/100ml
	Entérocoques	4 n/100ml
	Bactéries sulfito-redictrice	0 n/20ml
Barrage Taksebt	Coliforme totaux	0 n/100ml
	Coliforme fécaux (E. Coli)	0 n/100ml
	Entérocoques	0 n/100ml
	Bactéries sulfito-redictrice	0 n/20ml

Annexe 15

Tableau XXII: Résultats du troisième échantillon des paramètres bactériologies

La source	Paramètres	Résultats
Tala Toulmouts	Coliforme totaux	0 n/100ml
	Coliforme fécaux (E. Coli)	0 n/100ml
	Entérocoques	0 n/100ml
	Bactéries sulfito-redictrice	0 n/20ml
Tabourth Anser	Coliforme totaux	1 n/100ml
	Coliforme fécaux (E. Coli)	0 n/100ml
	Entérocoques	0 n/100ml

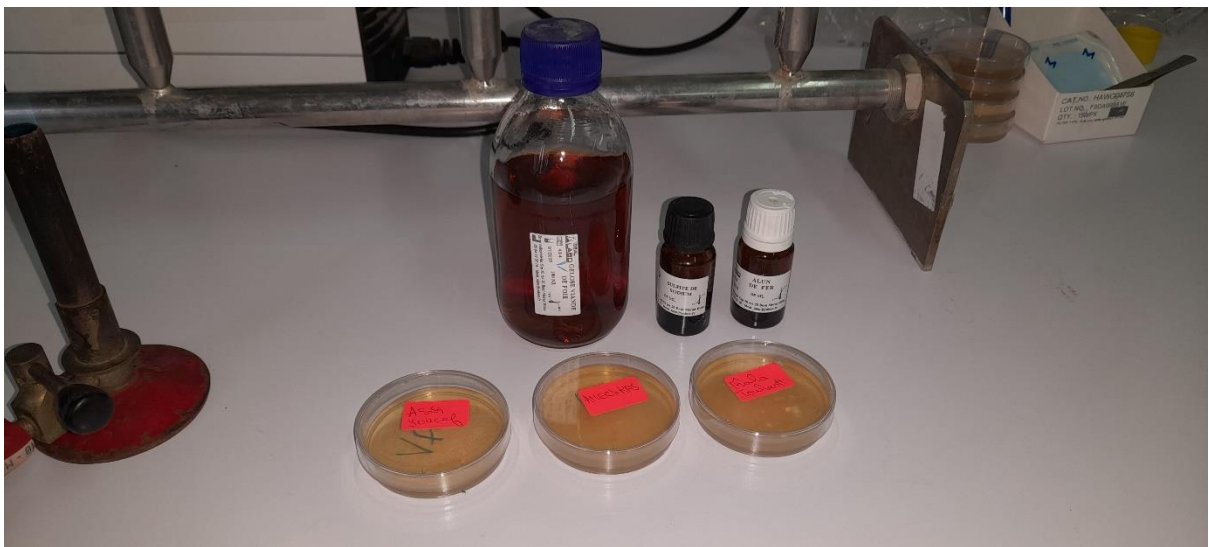
	Bactéries sulfito-redictrice	0 n/20ml
Tala Ouglid	Coliforme totaux	15 n/100ml
	Coliforme fécaux (E. Coli)	1 n/100ml
	Entérocoques	0 n/100ml
	Bactéries sulfito-redictrice	0 n/20ml
Barrage Taksebt	Coliforme totaux	0 n/100ml
	Coliforme fécaux (E. Coli)	0 n/100ml
	Entérocoques	0 n/100ml
	Bactéries sulfito-redictrice	0 n/20ml

Annexe 16



Dispositif de filtration sur membrane

Annexe 17



Milieu de culture (boite pétrie et gélose)

Annexe 18

Tableau V : les résultats de la conductivité électrique

Valeurs Sources	Prélèvement du 11 mars 2023	Prélèvement du 02 avril 2023	Prélèvement du 11 avril 2023	Valeur moyenne	Ecart type	La P-value
Tala Toulmouts	946 $\mu\text{s/cm}$	963 $\mu\text{s/cm}$	950 $\mu\text{s/cm}$	953 $\mu\text{s/cm}$	8.88 $\mu\text{s/cm}$	0.000000003
Tala Ouguelid	554 $\mu\text{s/cm}$	497 $\mu\text{s/cm}$	476 $\mu\text{s/cm}$	509 $\mu\text{s/cm}$	40.36 $\mu\text{s/cm}$	
Tabourth laincer	334 $\mu\text{s/cm}$	345 $\mu\text{s/cm}$	321 $\mu\text{s/cm}$	333 $\mu\text{s/cm}$	9.19 $\mu\text{s/cm}$	
Barrage Taksebt	580 $\mu\text{s/cm}$	572 $\mu\text{s/cm}$	/	576 $\mu\text{s/cm}$	4 $\mu\text{s/cm}$	

Annexe 19

Tableau VI : Les résultats de la turbidité

Valeurs Sources	Prélèvement du 11 mars 2023	Prélèvement du 02 avril 2023	Prélèvement du 11 avril 2023	Valeur moyenne	Ecart type	La P-value
Tala Toulmouts	0.40 NTU	0.29 NTU	0.32 NTU	0.33NTU	0.05 NTU	0.21
Tala Ouguelid	1 NTU	0.61 NTU	1.1 NTU	0.90NTU	0.25 NTU	
Tabourth laincer	0.40 NTU	0.29 NTU	0.8 NTU	0.49 NTU	0.26 NTU	
Barrage Taksebt	1.5 NTU	0.28 NTU	/	0.89 NTU	0.86 NTU	

Annexe 20

Tableau VII : Les résultats du PH

Source Valeur	Prélèvement du 11 Mars 2023	Prélèvement du 02 Avril 2023	Prélèvement du 11 Avril 2023	Valeur moyennes	Ecart type	La P- value
Tala Toulmouts	7.3	7.19	7.4	7.29	0.01	0.0001
Tala Ouguelid	7.47	7.55	7.6	7.53	0.06	
Tabourth lainer	7.79	7.88	7.98	7.88	0.09	
Barrage Taksebt	7.60	7.73	/	7.66	0.09	

Annexe 21

Tableau VIII : Les résultats des Nitrites.

Valeurs Sources	Prélèvement du 11 Mars 2023	Prélèvement du 02 Avril 2023	Prélèvement du 11 Avril 2023	Valeur moyennes	Ecart type	La P-value
Tala Toulmouts	0.007 mg/l	0.003 mg/l	0.001 mg/l	0,00mg/l	0.003mg/l	0.367
Tala Ouguelid	-0.003 mg/l	0.005 mg/l	-0.001 mg/l	0,001mg/l	0.004mg/l	
Tabourth lainer	-0.005 mg/l	0.003 mg/l	0.00 mg/l	0,001mg/l	0.004mg/l	
Barrage Taksebt	0.003 mg/l	0.003 mg/l	/	0,003mg/l	0.00mg/l	

Annexe 22

Tableau IX : Les résultats des Nitrates

Valeurs Sources	Prélèvement du 11 Mars 2023	Prélèvement du 02 Avril 2023	Prélèvement du 11 Avril 2023	Valeur moyennes	Ecart type	La P-value
Tala Toulmouts	27.34 mg/l	42.15 mg/l	39.51 mg/l	36,33mg/l	7.89mg/l	0.00006
Tala Ouguelid	6.14 mg/l	15.37 mg/l	10.95 mg/l	10,82mg/l	4.61mg/l	
Tabourth lainer	2.75 mg/l	4.756 mg/l	3.361 mg/l	3,62mg/l	4.57mg/l	
Barrage Taksebt	3.3 mg/l	4.4 mg/l	/	3,85mg/l	0.77mg/l	

Annexe 23

Tableau X : Les résultats de fer

Valeurs Sources	Prélèvement du 11 Mars 2023	Prélèvement du 02 Avril 2023	Prélèvement du 11 Avril 2023	Valeur moyennes	Ecart type	La P-value
Tala Toulmouts	0.019 mg/l	0.01 mg/l	0.01 mg/l	0,013mg/l	0.005mg/l	0.009
Tala Ouguelid	0.005 mg/l	0.002 mg/l	-0.001 mg/l	0,002mg/l	0.001mg/l	
Tabourth lainer	-0.009 mg/l	-0.004 mg/l	-0.027 mg/l	0,00 mg/l	0.02mg/l	
Barrage Taksebt	0.001 mg/l	0.002 mg/l	/	0,001mg/l	0.06mg/l	

Annexe 24

Tableau XI : Les résultats des phosphates

Valeurs Sources	Prélèvement du 11 Mars 2023	Prélèvement du 02 Avril 2023	Prélèvement du 11 Avril 2023	Valeur moyennes	Ecart type	La P-value
Tala Toulmouts	0.005 mg/l	0.006 mg/l	0.007 mg/l	0,006mg/l	0.001mg/l	0.16
Tala Ouguelid	0.011 mg/l	0.022 mg/l	0.019 mg/l	0,017mg/l	0.005mg/l	
Tabourth laincer	0.003 mg/l	0.01 mg/l	0.013 mg/l	0,008mg/l	0.005mg/l	
Barrage Taksebt	0.004 mg/l	0.09 mg/l	/	0,047mg/l	0.04mg/l	

Annexe 25

Tableau XII: Les résultats d'ammonium

Valeurs Sources	Prélèvement du 11 Mars 2023	Prélèvement du 02 Avril 2023	Prélèvement du 11 Avril 2023	Valeur moyennes	Ecart type	La P-value
Tala Toulmouts	0.004 mg/l	0.073 mg/l	0.06 mg/l	0,046mg/l	0.03mg/l	0.05
Tala Ouguelid	-0.018 mg/l	0.024 mg/l	0.01 mg/l	0,005mg/l	0.003mg/l	
Tabourth laincer	-0.016 mg/l	-0.004 mg/l	-0.015 mg/l	0,00mg/l	0.015mg/l	
Barrage Taksebt	0.002 mg/l	0.003 mg/l	/	0,0025mg/l	0.0005mg/l	

Annexe 26

Tableau XIII : Les résultats des manganèses

Valeurs Sources	Prélèvement du 11 Mars 2023	Prélèvement du 02 Avril 2023	Prélèvement du 11 Avril 2023	Valeur moyennes	Ecart type	La P-value
Tala Toulmouts	0.027 µg/l	0.006 µg/l	0.01 µg/l	0,014µg/l	0.01µg/l	0.71
Tala Ouguelid	0.031 µg/l	0.039 µg/l	-0.026 µg/l	0,014µg/l	0.26µg/l	
Tabourth laincer	0.007 µg/l	0.062 µg/l	0.007 µg/l	0,025µg/l	0.031 µg/l	
Barrage Taksebt	0.002 µg/l	0.002 µg/l	/	0,002µg/l	0.00 µg/l	

Annexe 27

Tableau XIV : Les résultats des sulfates

Valeurs Sources	Prélèvement du 11 Mars 2023	Prélèvement du 02 Avril 2023	Prélèvement du 11 Avril 2023	Valeur moyennes	Ecart type	La P-value
Tala Toulmouts	63.11 mg/l	61.9 mg/l	62.1 mg/l	62,37mg/l	0.64mg/l	0.81
Tala Ouguelid	23.7 mg/l	23.9 mg/l	28 mg/l	22,66mg/l	3.94mg/l	
Tabourth laincer	30.74 mg/l	29.20 mg/l	29 mg/l	30,74mg/l	1.64mg/l	
Barrage Taksebt	62 mg/l	63.8 mg/l	/	62,9mg/l	1.27mg/l	

Annexe 28

Tableau XV : Les résultats de la M O

Valeurs Sources	Prélèvement du 11 Mars 2023	Prélèvement du 02 Avril 2023	Prélèvement du 11 Avril 2023	Valeur moyennes	Ecart type	La P-value
Tala Toulmouts	2.33 mgo2/l	1.80 mgo2/l	1.10 mgo2/l	1,74mgo2/l	0.61mgo2/l	0.005
Tala Ouguelid	0.44 mgo2/l	0.30 mgo2/l	0.38 mgo2/l	0,37mgo2/l	0.07mgo2/l	
Tabourth laincer	0.29 mgo2/l	0.22 mgo2/l	0.25 mgo2/l	0,25mgo2/l	0.03mgo2/l	
Barrage Taksebt	2.68 mgo2/l	1.15 mgo2/l	/	1,91 mgo2/l	1.08mgo2/l	

Annexe 29

Tableau XVI : Les résultats de la dureté

Valeurs Sources	Prélèvement du 11 Mars 2023	Prélèvement du 02 Avril 2023	Prélèvement du 11 Avril 2023	Valeur moyennes	Ecart type	La P-value
Tala Toulmouts	31.6 mg/l	60 mg/l	62 mg/l	51,2mg/l	16.09mg/l	0.023
Tala Ouguelid	18.6 mg/l	23 mg/l	28 mg/l	23,2mg/l	4.70mg/l	
Tabourth laincer	15 mg/l	32 mg/l	29 mg/l	25,33mg/l	14.86mg/l	
Barrage Taksebt	24 mg/l	24 mg/l	/	24,5mg/l	0.70mg/l	

Annexe 30

Tableau XVII : Les résultats de calcium

Valeurs Sources	Prélèvement du 11 Mars 2023	Prélèvement du 02 Avril 2023	Prélèvement du 11 Avril 2023	Valeur moyennes	Ecart type	La P-value
Tala Toulmouts	112 mg/l	120 mg/l	115 mg/l	115,66 mg/l	4.03 mg/l	0.0001
Tala Ouguelid	58.5 mg/l	84 mg/l	88 mg/l	76,83mg/l	16mg/l	
Tabourth laincer	48.8 mg/l	56 mg/l	63 mg/l	59,93mg/l	8.62mg/l	
Barrage Taksebt	65 mg/l	65 mg/l	/	65mg/l	0.00mg/l	

Annexe 31

Tableau XVIII : Les résultats de TAC

Valeurs Sources	Prélèvement du 11 Mars 2023	Prélèvement du 02 Avril 2023	Prélèvement du 11 Avril 2023	Valeur moyennes	Ecart type	La P-value
Tala Toulmouts	36 mg/l	36.8 mg/l	35.2 mg/l	36mg/l	0.84mg/l	2.78
Tala Ouguelid	19.6 mg/l	20.8 mg/l	22.4 mg/l	20,93mg/l	1.33mg/l	
Tabourth laincer	16 mg/l	18.4 mg/l	19.2 mg/l	17,86mg/l	1.36mg/l	
Barrage Taksebt	19 mg/l	17.1 mg/l	/	18,05mg/l	1.36mg/l	

Annexe 32

Tableau XIX : Les résultats des chlorures

Valeurs Sources	Prélèvement du 11 Mars 2023	Prélèvement du 02 Avril 2023	Prélèvement du 11 Avril 2023	Valeur moyennes	Ecart type	La P-value
Tala Toulmouts	69.13 mg/l	63.10 mg/l	63.74 mg/l	65,32 mg/l	3.31 mg/l	1.98
Tala Ouguelid	26.58 mg/l	21.27 mg/l	20.74 mg/l	22,86mg/l	3.22 mg/l	
Tabourth lainer	19.13 mg/l	16.30 mg/l	17.4 mg/l	17,61 mg/l	1.42 mg/l	
Barrage Taksebt	70.1 mg/l	59.4 mg/l	/	64,75 mg/l	7.56 mg/l	

Résumé

Afin d'apprécier la qualité des eaux de la Wilaya de Tizi-Ouzou nous avons effectué une étude comparative entre l'eau de barrage de Taksebt et les eaux de source de la kabyle (Tala Toulmouts, Tala Ouguelid, Tabourt Lanser).

L'étude physico-chimique a porté principalement sur la conductivité électrique, la turbidité, le pH, le Nitrite, le Nitrate, le fer, le Phosphate, l'Ammonium, le Manganèse, le Sulfate, la Matière organique, la Dureté, le Calcium, les Chlorures, à l'aide des méthodes appropriées. Quant à la qualité bactériologique, elle regroupe plusieurs paramètres bactériologiques : coliforme totaux, coliforme fécaux, entérocoques, les bactéries sulfite-réductrices à l'aide d'une méthode de filtration sur membrane et la méthode de dénombrement.

Les résultats montrent que les eaux analysées sont de bonnes qualités et les teneurs des paramètres analysés répondent aux normes de potabilité nationales et internationales à l'exception de l'eau de Tala Ouguelid en raison de la présence de coliformes fécaux.

Mots clés : eau potable, eau de barrage, eau de source, qualité physico-chimique, qualité bactériologique.

Abstract

In order to assess the quality of water in the wilaya of Tizi-Ouzou, we carried out a comparative study between water Taksebt dam and water Kabyle springs (Tala Toulmouts, Tala Ouguelid, Tabourt Lanser).

The physico-chemical study focused on electrical conductivity, turbidity, pH, Nitrite, Nitrate, Iron, Phosphate, Ammonium, Manganese, Sulfate, Organic matter, Hardness, Calcium, Chloride, using appropriate methods. As for bacteriological quality it covers several bacteriological parameters: total coliform, faecal coliform, enterococci, sulphite-reducing bacteria using a membrane filtration method and the enumeration method.

The results show that the analyzed waters are of good quality and the levels of the analyzed parameters meet national and international drinking water standards, with the exception of Tala Ouguelid water due to the presence of fecal coliforms.

Key words: drinking water, dam water, spring water, physico-chemical quality, bacteriological quality.

ملخص

من أجل تقييم جودة مياه ولاية تيزي وزو، أجرينا دراسة مقارنة بين سد تاكسيبت ومياه المنبع فالقبائل (تالا تولموتس، تالا أوغيليد، تابورت لانسر).

في عملنا، كنا مهتمين بدراسة فيزيائية كيميائية تم تحديدها بشكل أساسي من خلال: (التوصيل الكهربائي، والعاكسة، ودرجة الحموضة، والنترت، والنترات، والحديد، والفوسفات، والأمونيوم، والمنغنيز، والكبريتات، والمواد العضوية، والصلابة، والكالسيوم، والكلوريد)، باستخدام طرق لتي تتضمن عدة معلمات علم الجراثيم منها مجموع القلونيّات، القلونيّات البرازية، المكورات المعوية، البكتيريا التي تحد من الكبريت باستخدام طريقة ترشيح الغشاء وطريقة العد تبين النتائج الفيزيائية والبكتريولوجية أن المياه التي تم تحليلها جيدة النوعية وأن محتويات المعلمات التي تم تحليلها تفي بالمعايير الوطنية والدولية لصلاحية الشرب باستثناء مياه تالا أوغيليد بسبب وجود القولون البرازي وتصنف تابور لانسر كأفضل المصادر.

الكلمات الرئيسية: مياه الشرب، مياه السدود، مياه الينابيع، الجودة الفيزيائية الكيميائية، الجودة البكتريولوجية