



République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de L'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
**Université 20 août 1955 -SKIKDA**



Faculté des sciences  
Département d'agronomie et science de la terre

**MASTER**

**Filière : Sciences Agronomiques**

**Spécialité : Aménagement Hydro-Agricole**

**Mémoire de fin d'étude :**

En vue de l'obtention du diplôme de Master II en Sciences Agronomiques

***Qualité physico-chimique des eaux du barrage de Béni-zid***

**Présenté par :**

• BOUTELIS Zainb
• DELLAL Hasna
• AZRI Hamza
• LARIT Amer

**Devant le Jury :**

Mr Latati morad	Pr	<b>Président</b>	Université du 20 Août 1955- Skikda
Mr Saddoune Abdelaziz	MAA	<b>Examineur</b>	Université du 20 Août 1955- Skikda
Mme Checroud Hassina	MCB	<b>Rapporteur</b>	Université du 20 Août 1955- Skikda

**Année Universitaire 2023/2024**

## Résume

Dans ce travail, nous nous intéressons particulièrement à l'évaluation de la qualité physique et chimique du barrage de Beni Zeid, situé à proximité de la ville de collo, dans la province de Skikda, qui est utilisé pour l'approvisionnement en eau potable et d'irrigation, et sa conformité. Avec les normes internationales.

Afin de déterminer les propriétés physiques et chimiques, notamment la température, la conductivité électrique, les sels minéraux, et également de détecter les bactéries qu'il contient, une étude en laboratoire a été réalisée, et à la lumière des résultats obtenus et en comparaison avec les normes de l'Organisation Mondiale de la Santé. Organisation, l'eau de Braj Bani Zaid peut être classée comme eau de bonne qualité après avoir subi un simple traitement au chlore

**Mots clés :** eau potable, bactéries, eau du barrage de Bani Zaid, analyses physico-chimiques, qualité de l'eau, Organisation Mondiale de la Santé, irrigation

---

## ملخص

في هذا العمل نحن مهتمون بشكل خاص بتقييم الجودة الفيزيائية والكيميائية لسد بني زيد الذي يقع بالقرب من مدينة القل بولاية سكيكدة الذي يستخدم في الإمداد بمياه الشرب والري ومطابقتها بالمعايير العالمية . من أجل تحديد الخصائص الفيزيائية والكيميائية منها درجة الحرارة، الناقلية الكهربائية، الأملاح المعدنية وأيضاً الكشف عما يحتويه من بكتيريا تم إنجاز الدراسة المخبرية وعلى ضوء النتائج المتحصل عليها وبالمقارنة مع معايير منظمة الصحة العالمية يمكن تصنيف مياه براج بني زيد في خانة المياه ذات النوعية الجيدة بعد خضوعها لمعالجة بسيطة بالكلور. **كلمات مفتاحية :** مياه الشرب، بكتيريا، مياه سد بني زيد، تحاليل فيزيوكيميائية..، نوعية المياه، منظمة الصحة العالمية، الري.

---

## Abstract

In this work, we are particularly interested in evaluating the physical and chemical quality of the Beni Zeid Dam, which is located near the city of collo, Skikda Province, which is used In the supply of drinking and irrigation water, and its conformity with international standards.

In order to determine the physical and chemical properties, including temperature, electrical conductivity, mineral salts, and also detect the bacteria it contains, a laboratory study was completed, and in light of the results obtained and in comparison with the standards of the World Health Organization, the water of Braj Bani Zaid can be classified as good quality water after undergoing For simple chlorine treatment.

**Key words :** drinking water, bacteria, Bani Zaid Dam water, physicochemical analyses, water quality, World Health Organization, irrigation.

# *Remercîment*

*Tout d'abord, nous remercions "ALLAH" Tout Puissant  
qui nous a donné la volonté et nous a permis de terminer  
cet humble travail.*

*Nous tenons particulièrement à remercier Mme Chekroud  
Hassina pour ses précieux conseils, son travail acharné  
avec nous et sa compréhension à notre égard tout au long  
de la période de travail sur ce projet.*

*Nous remercions également sincèrement les membres du  
comité de discussion d'avoir accepté d'évaluer cette étude  
et d'y apporter les critiques et les conseils nécessaires.*

*Enfin, nous tenons à remercier tous ceux qui ont  
contribué à la réalisation de ce mémorandum.*

# *D*édicace

*A ma très chère mère*

*Quoi que je fasse ou que je dise, je ne saurai point te remercier  
comme il se doit. Ton affection me couvre, ta bienveillance me guide  
et ta présence à mes côtés a toujours été ma source de force pour  
affronter les différents obstacles.*

*A mon très cher père*

*Tu as toujours été à mes côtés pour me soutenir et m'encourager. Que  
ce travail traduit ma gratitude et mon affection.*

*A mon très cher frère Mohamed et mes belles sœurs*

*Madiha et Nehla*

*Puisse Dieu vous donne santé, bonheur, courage et surtout réussite*

**Amer**

# *D*édicace

*Je remercie Dieu qui m'a donné le courage et la force de pouvoir  
terminer mes études. Je dédie ce travail à :*

*À mon père, que Dieu ait pitié de lui, qui m'a appris l'importance du  
travail acharné, je suis toujours reconnaissant pour vos précieux  
conseils.*

*Et à mes mères qui ont toujours été la lumière qui a éclairé mon  
chemin dans les moments sombres.*

*Et à mes frères, sœurs et toute ma famille.*

*Et à mes chères amies, Bouchra, Aya, Fatima, Khadija, Nourhan et  
Souhaila, qui ont été mes piliers dans les moments difficiles.*

*Enfin, à ma partenaire Hasna, je la remercie pour sa coopération  
continue.*

**Zainb**

# *D*édicace

*Je remercie Dieu qui m'a donné le courage de terminer mes études. Je*

*dédie ce travail :*

*à ma mère, que Dieu ait pitié d'elle, et à mon cher frère, pour sa*

*bonne âme, que Dieu ait pitié de lui.*

*Et à*

*Ma tante paternelle pour son soutien continu, à mon cher père pour*

*son don continu, à mes chères sœurs et à tous les membres de ma*

*famille.*

*Et tous mes amis, notamment Aya, Khadija, Fatima, Nourhan et*

*Bouchra, souhila, sihem.*

*Enfin, ma collègue de recherche Zainb pour son soutien et sa*

*confiance continus.*

*Aux noms cités s'ajoute un cercle précieux de personnes qui ont joué*

*un rôle important dans mon parcours. Je vous remercie pour votre*

*présence et votre soutien, qui ont eu un impact positif sur ma vie.*

**Hasna**

# *D*édicace

*Je rends grâce à dieu de m' avoir donné le courage et*

*La volonté d' avoir pu terminer mes études.*

*Je dédie ce travail :*

*À ma mère, que Dieu ait son âme, et à mon père pour leurs sacrifices*

*et leur patience.*

*À mon frère et mes sœurs.*

*À toute ma famille.*

*À tous mes amis, chacun ayant son propre nom.*

**Hamza**

## Liste des tableaux

Tableau I-1	Principales différences entre eaux de surface et eaux souterraines ...	7
Tableau I-2	Répartition des eaux sur le globe.....	10
Tableau III-1	Caractéristiques techniques du barrage Beni-Zid .....	33
Tableau III-2	Caractéristiques qualificatifs des trois stations d'échantillonnage....	37
Tableau IV-1	Les résultats d'analyse des paramètres bactériologiques.....	61

## Liste des figures

Figure I.1: Représentation schématique du cycle hydrologique global.....	11
Figure I.2 : Les trois états de l'eau .....	12
Figure II.1 : Schéma classique d'une station de potabilisation des eaux de surface ...	22
Figure II.2 : Schéma d'un dégrilleur.....	23
Figure II.3 : Tambours filtrants (pour tamisage et micro-tamisage).....	23
Figure II.4 : Représente le bassin de pré chloration.....	24
Figure II.5 : Représente le bassin de coagulation.....	25
Figure II.6 : Représente le bassin de floculation.....	25
Figure II.7 : Représente le bassin de décantation.....	26
Figure II.8 : Schéma d'un filtre lent sur sable.....	27
Figure II.9 : Représente le bassin de Filtration.....	27
Figure II.10 : Le réservoir de stockage.....	28
Figure III-1: Carte représentant la région de Skikda.....	29
Figure III-2: Photos satellites du barrage Beni-Zid prises le 28/04/2024 avec les principaux oueds qui l'alimentent .....	31
Figure III-3: Schéma représente les différentes opérations de traitements de l'eau brute au niveau de la station de traitement Beni Zid .....	35
Figure III-4: Montre des photos satellites du barrage Beni-Zid prises le 28/04/2024 présentant la localisation des Trois stations de prélèvement (01, 02,03) .....	36
Figure III-5 : Préparation des échantillons au laboratoire pour les différentes analyses à effectuer ultérieurement.....	38
Figure III-6 : Photographie du multiparamètre.....	39

Figure III-7 : DBOmètre WTW.....	44
Figure IV-1: Variations mensuelles de la température de l'eau pour les stations 01,02et03 du barrage Beni-Zid (février - avril 2024).....	47
Figure IV-2: Variations mensuelles du pH de l'eau pour les stations 01,02 et 03 du barrage Beni-Zid (février - avril 2024).....	48
Figure IV-3: Variations mensuelles de Conductivité de l'eau pour les stations 01,02, 03 du barrage Beni-Zid (février - avril 2024).....	49
Figure IV-4: Variations mensuelles de O2 dissous de l'eau pour les stations 01, 02,03 du barrage Beni-Zid (février - avril 2024).....	50
Figure IV-5: Variations mensuelles de dureté Totale de l'eau pour les stations 01, 02,03 du barrage Beni-Zid (février - avril 2024).....	50
Figure IV-6: Variations mensuelles de TAC (°F) de l'eau pour les stations 01, 02,03 du barrage Beni-Zid (février - avril 2024).....	51
Figure IV-7: Variations mensuelles de Chlorures de l'eau pour les stations 01,02,03 du barrage Beni-Zid (février - avril 2024).....	52
Figure IV-8: Variations mensuelles de Nitrite de l'eau pour les stations 01, 02,03 du barrage Beni-Zid (février - avril 2024).....	53
Figure IV-9 : Variations mensuelles de Sulfates de l'eau pour les stations 01, 02,03 du barrage Beni-Zid (février - avril 2024).....	53
Figure IV-10: Variations mensuelles de Calcium pour les stations 01, 02,03 du barrage Beni-Zid (février - avril 2024).....	54
Figure IV-11: Variations mensuelles de Magnésium de l'eau pour les stations 01, 02,03 du barrage Beni-Zid (février - avril 2024).....	55
Figure IV-12: Variations mensuelles de potassium de l'eau pour les stations 01,02,03 du barrage Beni-Zid (février - avril 2024).....	55

Figure IV-13: Variations mensuelles de Sodium de l'eau pour les stations 01, 02,03 du barrage Beni-Zid (février - avril 2024).....	56
Figure IV-14: Variations mensuelles de Nitrate de l'eau pour les stations 01, 02,03 du barrage Beni-Zid (février - avril 2024).....	57
Figure IV-15: Variations mensuelles d'azote ammoniacal de l'eau pour les stations 01,02,03 du barrage Beni-Zid (février - avril 2024).....	58
Figure IV-16: Variations mensuelles de orthophosphates de l'eau pour les stations 01,02, 03 du barrage Beni-Zid (février - avril 2024).....	58
Figure IV-17: Variations mensuelles de MES de l'eau pour les stations 01,02,03 du barrage Beni-Zid (février - avril 2024).....	59
Figure IV-18: Variations mensuelles de DBO5 de l'eau pour les stations 01,02,03 du barrage Beni-Zid (février - avril 2024).....	60
Figure IV-19: Variations mensuelles de DCO de l'eau pour les stations 01,02, 03 du barrage Beni-Zid (février - avril 2024).....	61

## LISTE D'ABRIVIATIONS

pH	Potentiel d'hydrogène
CE	Conductivité électrique
TH	Dureté
TA	Titre Alcalimétrique
TAC	Titre Alcalimétrique Complet
C°	Degré Celsius.
EDTA	Acide éthylène tétracétique
F°	Degré français
OMS	Organisation mondial de la Sant
ISO	Organisation Internationale de Normalisation.
$\mu\text{S/cm}$	Micro-siemens par Centimètre
mg/l	Milligramme par Litre
T	Température.
DMA	Dose Maximale Admissible
mm	Millimètre
m/s	Mètre par Seconde
m	Mètre
km	Kilomètre
Km <sup>2</sup>	Kilomètre carré
$\mu\text{mg}$	Micro-Milligramme
DBO	Demande Biochimique en Oxygène
DBO <sub>5</sub>	La quantité d'oxygène consommé après 5 jours d'incubation

DCO Demande Chimique en Oxygène

ml Millilitre

g Gramme

mg Milligramme

NO<sub>2</sub> Nitrites.

NO<sub>3</sub> Nitrates.

MES Matière en suspensions

# SOMMAIRE

Résumé

Remercîment

Dédicace

Sommaire

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste d'abréviation

**Introduction Générale..... 1**

## **Chapitre I : REVUE DE LA LITTERATURE**

I.1. Définition de l'eau ..... 3

I.2. Sources de l'eau ..... 3

I.3. Importance de l'eau..... 3

I.3.1. L'EAU DANS L'ORGANISME HUMAIN..... 4

I.3.2. EAU ET ALIMENTATION ..... 4

I.3.3. L'eau déminéralisée et risques (muqueuses intestinales)..... 4

I.4. Eaux naturelles ..... 5

I.4.1. Eaux de pluie ..... 5

I.4.2. Les eaux de surfaces..... 6

I.4.3. Les eaux souterraines ..... 6

I.4.4. Les eaux marines..... 8

I.4.5. Les eaux saumâtres ..... 8

I.4.6. Eau de barrage..... 8

I.5. La répartition de l'eau dans la planète ..... 9

I.6. Cycle de l'eau.....	10
I.7. Différents états de l'eau.....	11
I.8. Propriétés de l'eau.....	12
I.9.Paramètre de la qualité de l'eau.....	13
I.9.1. Paramètres organoleptiques.....	13
I.9.2. Les paramètres physico-chimiques.....	14
I.9.3. Les paramètres microbiologiques.....	19
Conclusion.....	19

## **Chapitre II : Les procédés de traitement de l'eau**

II-1-Généralité.....	21
II-2- Définition des objectifs du traitement.....	21
II-3-Les procédés de traitement des eaux destinées à la consommation humaine .....	21
II-3-1-Prétraitement.....	22
II-3-2-Pré chloration.....	24
II-3-3- Coagulation-Floculation.....	24
II-3-4-Décantation.....	26
II-3-5-Filtration sur sable.....	26
II-3-6- Désinfection.....	27
II-3-7- Stockage de l'eau.....	28

## **CHAPITRE III : MATERIELS ET METHODES**

III-1-DESCRIPTION ET LOCALISATION DU MILIEU D'ETUDE.....	30
III-1-1-Présentation de la région d'étude .....	30
III-1-2-Présentation du site d'étude.....	30
III-1-3-Conditions hydrométéorologiques.....	31
III-2-CARACTERISTIQUES TECHNIQUES.....	33
III-3-STATION DE TRAITEMENT BENI ZID.....	33
III-4-PRELEVEMENT DES ECHANTILLONS.....	35

III-4-1-Stations d'échantillonnage .....	35
III-4-2-Au laboratoire.....	37
III-5-MESURES ET METHODES D'ANALYSE.....	38
III-5-1-Paramètres physico-chimiques.....	39
III-5-2-Paramètres de pollution (Méthodes spectrométrique).....	41
III-5-3-Paramètres résiduaire.....	44
III-5-4-Paramètres bactériologiques.....	45
<b>CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCUSSION</b>	
IV-1-Paramètres physico-chimiques généraux.....	47
IV-1-1-Température .....	47
IV-1-2-PH .....	48
IV-1-3-Conductivité (CE).....	48
IV-1-4-O <sub>2</sub> dissous (mg/l).....	49
IV-1-5-Dureté Totale(TH).....	50
IV-2-Paramètres des ions majeurs .....	51
IV-2-1-TAC (°F).....	51
IV -2-2-Chlorures.....	51
IV-2-3-Nitrite.....	52
IV-2-4- Sulfates.....	53
IV-2-5-Calcium.....	54
IV-2-6-Magnésium.....	54
IV-2-7-Potassium.....	55
IV-2-8-Sodium.....	56
IV-3-Paramètres de pollution.....	56
IV-3-1-Nitrates (azote nitrique NO <sub>3</sub> ).....	56
IV-3-2- Azote ammoniacal (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ).....	57
IV-3-3-Orthophosphate (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ).....	58

IV-4-PARAMETRES RESIDUAIRES.....	59
IV-4-1-MES.....	59
IV-4-2-demande biochimique en oxygène (DBO5).....	60
IV-4-3-demande chimique en oxygène (DCO).....	60
IV-5-Paramètres bactériologiques.....	61
<b>Conclusion Générale</b> .....	<b>63</b>
<b>Références bibliographiques</b> .....	<b>65</b>

# INTRODUCTION



**GENERALE**



L'eau potable est une eau que l'on considère, à l'aune des normes de qualité, qu'elle peut être bue, cuite ou utilisée à des fins domestiques et industrielles sans danger pour la santé.

L'eau peut être classée en deux types : les eaux souterraines et les eaux de surface, ces dernières peuvent se trouver en stocks naturels (lacs) ou artificiels (barrages). Les propriétés chimiques de ces eaux dépendent de la nature des terrains traversés par l'eau durant son parcours.

L'eau pure n'existe pas à l'état naturel. Dans son parcours elle se charge d'éléments à la fois indispensables à notre santé mais peut également rencontrer des substances potentiellement toxiques pour l'organisme. C'est pourquoi l'eau doit subir plusieurs traitements avant d'être considérée comme potable.

Le problème de l'eau est aggravé ces dernières années par le problème de sécheresse qui a touché l'ensemble du territoire, ont montré combien il était nécessaire d'accorder la plus grande attention à l'eau. Cette ressource vitale est menacée dans sa qualité et dans sa quantité.

La qualité de l'eau produite est plus importante que la quantité. Cette qualité est mesurée en termes de quantité totale de solides dissous par rapport aux sels. Par exemple, une eau de rivière propre (eau potable ou eau fraîche) contient 200 ppm de sels, l'eau saumâtre 500 ppm, l'eau de mer contient 35000 ppm. D'autre part, l'eau nécessaire pour la majorité des utilisateurs ne doit pas dépasser 200 ppm pour l'industrie, 500 ppm pour la consommation domestique et 1000 ppm pour l'irrigation.

Le laboratoire d'analyse a un rôle très important dans le suivi d'une station de traitement car c'est lui qui doit confirmer la potabilité de l'eau après traitement et anticiper toutes les étapes nécessaires avant traitement à l'aide des analyses pour l'obtention des résultats demandés.

Le traitement à effectuer sur l'eau brute aura pour but :

- La clarification est l'ensemble des opérations permettant d'éliminer les matières en suspension d'une eau brute ainsi que des matières organiques dissoutes. Suivant les concentrations de l'un et de l'autre des différents polluants, on peut être amené à pratiquer des opérations de plus en plus complexes qui vont de la simple filtration avec ou sans réactif jusqu'à la coagulation – floculation – décantation ou flottation – filtration.
- Dans la clarification, on s'efforce de débarrasser l'eau brute de ces particules colloïdales et en suspension en les retenant à leur passage dans une masse filtrante, après, éventuellement, un traitement approprié.



• La rendre bactériologiquement pure et exempte de micropolluants. La désinfection est l'étape ultime du traitement de l'eau de consommation avant distribution. Elle permet d'éliminer tous les micro-organismes pathogènes présents dans l'eau. Le principe de la désinfection est de mettre en contact un désinfectant à une certaine concentration pendant un certain temps avec une eau supposée contaminée. Cette définition fait apparaître trois notions importantes : les désinfectants, le temps de contact et la concentration résiduelle en désinfectant.

Ce mémoire est structuré en quatre parties principales.

- ✍ Le premier chapitre examine les caractéristiques des eaux brutes.
- ✍ Le deuxième chapitre se concentre sur les procédés de traitement des eaux brutes.
- ✍ Le troisième chapitre présente la station de d'épuration Bini Zid et les méthodes d'analyses

Enfin, un quatrième chapitre présente les résultats suivis par une interprétation.

---

# CHAPITRE I :

## Généralités sur les eaux brutes





## Introduction

L'eau est un élément indispensable à la vie de l'homme. Elle recouvre près de 70% de la surface de la terre et constitue le liquide le plus abondant sur la planète. Les besoins d'eau douce sont de plus en plus croissants. Les pressions qui pèsent sur les ressources en eau sont de plus en plus fortes, principalement en raison des activités humaines et notamment l'urbanisation, la croissance démographique, l'augmentation du niveau de vie, la concurrence croissante pour les ressources en eau et la pollution. De plus, le changement climatique et les variations des conditions naturelles viennent aggraver ces pressions.

### I.1. Définition de l'eau

L'eau est un corps incolore, inodore et sans saveur à l'état pur, et est liquide à température ordinaire. Elle est formée de deux volumes hydrogénés et un volume d'oxygène.

Une eau pure est une eau de haute qualité garantissant une bonne santé. La qualité de l'eau doit impérativement être conforme aux normes de potabilité au niveau bactériologiques et physico-chimique [1].

### I.2. Sources de l'eau

L'eau est abondante sur terre ; Elle représente 1,4 milliards de km<sup>3</sup>. Toutefois, l'essentiel est constitué d'eau de mer (97,2 %) et de glace (2,15 %) directement inutilisables. L'eau douce, facilement disponible (lacs, fleuves, certaines eaux souterraines), ne représente que 0,07 % de la ressource totale soit environ un million de km<sup>3</sup>. Mais, la répartition de cette eau est très inégale. En effet, dix pays se partagent 60 % des réserves d'eau douce et vingt neuf autres principalement en Afrique et au Moyen-Orient, sont au contraire confrontés à une pénurie chronique d'eau douce. Dans ces pays, selon le Water Ressources Institute, 250 millions d'individus, ne disposent pas aujourd'hui du minimum vital d'eau, défini à 1000 m<sup>3</sup> par habitant et par an. Quatre cent (400) millions de personnes vivent en situation de stress hydrique, estimé entre 1000 et 2000 m<sup>3</sup> par habitant et par an. On estime également que 2,5 milliards de personnes pourraient souffrir du manque d'eau en 2050 compte tenu de l'évolution de la démographie et de l'augmentation des consommations d'eau [1].



### I.3. Importance de l'eau

#### I.3.1. L'eau dans l'organisme humain

L'eau est le principal constituant du corps humain. La quantité moyenne d'eau contenue dans un organisme adulte est de 65 %, ce qui correspond à environ 45 litres d'eau pour une personne de 70 kilogrammes. L'organisme élimine en permanence de l'eau. En fin de digestion la plus grande part de l'eau traverse les parois de l'intestin pour aller rejoindre le sang et la lymphe, qui la transportent dans tout l'organisme, notamment vers les reins, la peau et les poumons ; elle sera ensuite éliminée de diverses manières (urine, sueur, expiration). L'homme doit donc chaque jour subvenir à ses besoins en eau, en buvant, mais aussi en mangeant car les aliments en contiennent beaucoup. Pour maintenir l'organisme en bonne santé, les pertes en eau doivent toujours être compensées par les apports. La soif est d'ailleurs un mécanisme par lequel l'organisme " avertit " qu'il est en état de déshydratation [2].

#### I.3.2. Eau et alimentation

Puisqu'elle ne contient ni protéines, ni glucides et ni lipides, l'eau n'est pas un aliment. Elle ne fournit pas d'énergie brute. Par contre, l'eau est essentielle à la vie. C'est grâce à l'eau que le corps peut utiliser l'énergie présente dans les aliments.

Au moment de la digestion, outre l'eau apportée par les boissons et les aliments ingérés, l'organisme fournit lui-même plusieurs litres d'eau à l'estomac et à l'intestin grêle pour faciliter la circulation et la digestion des aliments. En fin de digestion, une faible proportion de toute cette eau descend dans l'intestin qui l'élimine avec les résidus de la digestion. Mais la plus grande part traverse les parois de l'intestin grêle et du colon pour aller rejoindre le sang et la lymphe, qui la transportent dans tout l'organisme, notamment vers les reins, la peau et les poumons [2].

Sur le plan quantitatif, les activités humaines consommatrices d'eau traitée sont réparties selon les domaines :

- L'agriculture : 68 % (pour l'irrigation)
- La consommation humaine : 24 %
- L'industrie : 5 %
- Production d'énergie : 3 % .

#### I.3.3. L'eau déminéralisée et risques (muqueuses intestinales)

Il a été démontré que la consommation d'eau à faible teneur en minéraux a un effet négatif sur les mécanismes homéostasiques. L'homéostasie est la tendance de l'organisme à maintenir ses différentes constantes à des valeurs ne s'écartant pas de la normale (l'homéostasie



assure, par exemple, le maintien de la température, du débit sanguin, de la tension artérielle, du pH, des volumes liquidiens de l'organisme, de la composition du milieu intérieur, etc.). Les expériences sur les animaux ont montré à plusieurs reprises que la prise d'eau déminéralisée mène à des hausses de la diurèse, volume de fluide cellulaire supplémentaire, diminution du volume des cellules rouges et certains autres changements hématocrites. Une étude allemande a prouvé que si l'eau distillée est ingérée, l'intestin doit ajouter des électrolytes à cette eau, les prenant des réserves du corps. L'ingestion d'eau distillée mène à la dilution des électrolytes dissous dans l'eau du corps. Une redistribution inadéquate de l'eau du corps peut compromettre la fonction des organes vitaux. Par le passé, des problèmes de santé aigus furent rapportés chez les escaladeurs de montagne qui avaient préparé leurs boissons avec de la neige n'ayant pas assez d'ions nécessaires. Une plus grave tournure d'une telle condition couplée avec un œdème du cerveau, des convulsions et des acidoses métaboliques fut reportée chez des enfants dont les boissons furent préparées avec de l'eau distillée ou de l'eau en bouteille contenant très peu de minéraux [3].

### I.4. Eaux naturelles

L'eau liquide qui se forme par condensation en altitude est relativement pure et avant d'atteindre le sol, dissout des gaz et absorbe des composés solubles et insolubles présents dans l'air. Les eaux naturelles peuvent être classées en quatre catégories :

- Les eaux de pluie.
- Les eaux de surface : cours d'eau, mares, lacs et réservoirs de surface.
- Les eaux souterraines : venant des sources, des puits peu profonds, des puits Profonds des nappes souterraines.
- L'eau de mer : qui constitue la majeure partie des réserves d'eau du globe.

#### I.4.1. Eaux de pluie

Les eaux de pluie sont des eaux de bonne qualité pour l'alimentation humaine. Elles sont saturées d'oxygène et d'azote et ne contiennent aucun sel dissous, comme les sels de magnésium et de calcium ; elles sont donc très douces. Dans les régions industrialisées, les eaux de pluie peuvent être contaminées par des poussières atmosphériques. La distribution des pluies dans le temps ainsi que les difficultés de captage font que peu de municipalités utilisent cette source d'eau [4].



### I.4.2. Les eaux de surfaces

Ce type des eaux englobe toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface des continents (rivières, lacs, étangs, barrages,...). La composition chimique des eaux de surface dépend de la nature des terrains rencontrés durant leur parcours. Au cours de son cheminement, l'eau dissout les différents éléments constitutifs des terrains. En revanche, sa teneur en gaz dissous (oxygène, azote, gaz carbonique) dépend des échanges à l'interface eau- atmosphère et de l'activité métabolique des organismes aquatiques au sein de l'eau [5].

### I.4.3. Les eaux souterraines

La nature géologique du sol détermine la composition chimique des eaux souterraines. L'eau est constamment en contact avec la terre sur laquelle elle stagne ou circule, ainsi l'équilibre se développe entre la composition du sol et celle de l'eau : c.-à-d. une eau qui circule dans un substratum sableux ou granitique est acide et possède quelques minerais. Une eau qui circule dans les calcaires contient l'alcalinité des bicarbonates [5].

Le tableau suivant est un comparatif entre les caractéristiques de l'eau de surface et celles de l'eau souterraine :



Tableau. I.1. Principales différences entre eaux de surface et eaux souterraines [5]

Caractéristique	L'eau de surface	L'eau souterraine
Température	Variable (saisons)	Plutôt constante
Turbidité / MES vraies ou colloïdales	Variable (parfois élevée / crues, rejets de carrières, fortes pluies)	Faible ou nulle sauf en pays karstique et en pays crayeux
Couleur	Dépend essentiellement des MES, des acides humiques, tannins, etc. et des algues	Dépend des acides humiques ou des précipitations Fe – Mn
Goûts et odeurs	Fréquents	Rares sauf H <sub>2</sub> S
Minéralisation globale / Salinité	Variable (précipitations rejets, nature des terrains traversés, etc.)	Généralement plus élevée que celle mesurée dans les eaux de surface sur le même territoire
Fe et Mn divalent dissous	Normalement absents sauf dystrophisation des eaux profondes	Présents
CO <sub>2</sub> agressif	Généralement absent	Présent souvent en quantité
O <sub>2</sub> dissous	Variable (proche de la saturation dans les eaux propres / absent dans les eaux polluées)	Absent
H <sub>2</sub> S	Absent	Présent
NH <sub>4</sub>	Seulement dans les eaux polluées	Présence souvent sans rapport avec une pollution bactérienne
Nitrates	Variable (normalement absent, parfois en quantité dans les zones d'excédent azoté)	Teneur parfois élevée
Silice	Teneur normalement modérée	Teneur élevée



### I.4.3.1. Principales caractéristiques des eaux souterraines

- **Faible turbidité** : parce qu'elles bénéficient d'une filtration naturelle dans les différentes formations du sel qu'elles ont traversées.
- **Température constante** : parce qu'elles sont à l'abri du rayonnement solaire et de l'atmosphère. Indice de couleur faible : il n'est pas en contact avec les substances végétales (source de couleur).
- **Dureté souvent élevée** : les eaux souterraines peuvent être en contact avec les formations rocheuses contenant les métaux bivalents tels que ( $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ .....etc) les responsables éléments de la dureté.
- **Concentration élevés du fer et de manganèse**

### I.4.4. Les eaux marines

L'eau de mer est une solution complexe qui contient tous les éléments indispensables à la vie (calcium, silicium, carbone, azote, phosphore, oligo-éléments), des matières organiques (teneur comprise entre 0.5 et 2mg) et, naturellement à l'état dissous, les gaz présents dans l'atmosphère. L'eau de mer est faiblement alcaline. Son pH étant compris entre 7.5 et 8.4. La caractéristique la plus importante des eaux de mer est leur salinité, c'est-à-dire leur teneur globale en sels (chlorures de sodium et de magnésium, sulfates, carbonates). La salinité moyenne des eaux des mers et océans est de 35 g/L. Cette salinité peut être différente dans le cas de mers fermées [6].

### I.4.5. Les eaux saumâtres

On appelle eau saumâtre, une eau salée non potable de salinité inférieure à celle de l'eau de mer. La plupart des eaux saumâtres contiennent entre 1 et 10 g de sels par litre. Ce sont parfois des eaux de surface mais le plus souvent des eaux souterraines qui se sont chargées en sels, en dissolvant certains sels présents dans les sols qu'elles ont traversés. Leur composition dépend donc de la nature des sols traversés et de la vitesse de circulation dans ces sols. Les principaux sels dissous sont le  $CaCO_3$ , le  $CaSO_4$ , le  $MgCO_3$  et le  $NaCl$  [6].

### 1.4.6. Eau de barrage :

Les barrages sont des ouvrages d'art qui servent à contenir les eaux. Leurs eaux servent également à l'irrigation des terres agricoles et l'alimentation en eau potable. Les eaux de barrage sont généralement de bonne qualité mais elles doivent subir des traitements et des Contrôles [7].



La composition chimique de l'eau de barrage dépend de la nature des terrains traversés par l'eau des rivières. Au cours de son cheminement, l'eau dissout les différents éléments constitutifs des terrains, par échange à la surface eau- atmosphère. Ces eaux se changent en gaz dissouts (oxygène, azote, gaz carbonique.).

Les barrages peuvent être construits pour plusieurs objectifs :

- Produire de l'électricité à partir d'une énergie renouvelable, celle de l'eau, avec des usines hydro-électriques accolées au barrage ou situées plus bas dans la vallée et alimentées par des conduites forcées. Dans certains cas, comme à Grand 'Maison, deux réservoirs fonctionnent par échange avec pompage ou turbinage, selon les heures et les besoins du réseau en électricité.
- Créer des réserves d'eau pour l'alimentation en eau potable des villes. L'eau peut également être nécessaire pour des besoins industriels.
- Irriguer des zones agricoles ayant de gros besoins en eau lors des périodes sèches, même si cette utilisation est bien plus fréquente.
- Maintenir dans les rivières un débit minimum suffisant lors des étiages, pour assurer à la fois une qualité écologique satisfaisante des rivières et permettre les prélèvements par pompage à l'aval (pour des besoins d'alimentation en eau, d'irrigation...).
- réduire l'effet des crues en retardant l'eau grâce au stockage dans la retenue qui se remplit pour la relâcher après le passage de la crue [7].

### I.5. La répartition de l'eau dans la planète

Dans l'optique de son utilisation par l'homme, les aspects quantitatifs et qualitatifs de l'eau sont étroitement liés :

- 97% de l'eau se trouve dans l'océan..., mais elle est salée.
- L'atmosphère, qui retient seulement un cent millième de l'eau douce, joue cependant un rôle clé dans le cycle hydrologique par le recyclage rapide qu'elle assure.
- Les calottes polaires, notamment celle de l'antarctique, stockent les trois quarts de l'eau douce de la planète, cette réserve étant malheureusement inaccessible.
- L'eau que nous utilisons provient principalement des lacs et des cours d'eau, soit 3% du réservoir d'eau douce.



- Les nappes souterraines constituent un lieu important de stockage, probablement sous estimé. Leur exploitation, déjà entamée, présente les mêmes risques que celle des énergies fossiles, car les réserves ne se renouvellent pas à l'échelle humaine. Elles peuvent, en outre, devenir inutilisables soit par suite d'intrusion saline (exemple de la nappe éocène en aquitaine) soit par suite d'une pollution (cas des nitrates par exemple) [8].

Les eaux sont réparties sur le globe de la façon présentée au tableau ci dessous :

**Tableau I.2.** Répartition des eaux sur le globe [8].

<b>Provenance de l'eau</b>	<b>Quantité (%)</b>
Eau douce de lacs	0.009
Eau de rivières	0.0001
Eau souterraine (près de la surface)	0.005
Eau souterraine (en profondeur)	0.61
Eau dans les glaciers et les calottes glaciaires	2.15
Eau salée de lacs ou de mers intérieures	0.008
Eau dans l'atmosphère	0.0001
Eau des océans	97.2

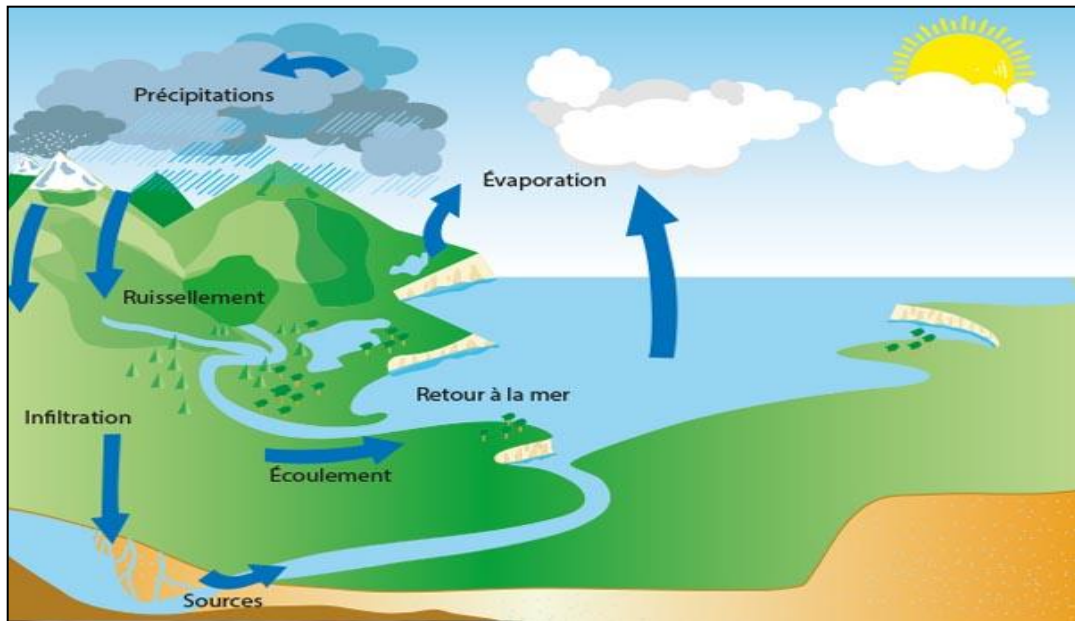
### **I.6.Cycle de l'eau**

La masse d'eau totale de l'hydrosphère n'évolue pas au cours des années, elle reste toujours constante : l'eau s'évapore, forme la vapeur d'eau qui, en se transformant en pluie, va alimenter les mers, les cours d'eau et les nappes souterraines.

L'eau change d'état au cours de son cycle, passant de l'état gazeux à l'état liquide ou à l'état solide. Cependant, sa quantité globale est restée inchangée depuis trois milliards d'années, date de son apparition sur terre.



On peut appliquer au cycle de l'eau la fameuse phrase de Lavoisier : { rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme } [9].



**Figure I.1:** Représentation schématique du cycle hydrologique global [9].

## I.7. Différents états de l'eau

La structure de l'eau dépend de son état physique, Sur notre planète, l'eau H<sub>2</sub>O est très abondante :

Elle est présente sous les trois états

- **Liquide** : l'eau salée des mers et des océans, ou l'eau douce des lacs, rivières .....
- **Solide** : la neige ou la glace.
- **Gazeux** : la vapeur d'eau.

Le changement de phase de l'eau dépend essentiellement de la température et de la pression mais aussi du degré de pollution de l'atmosphère [9].

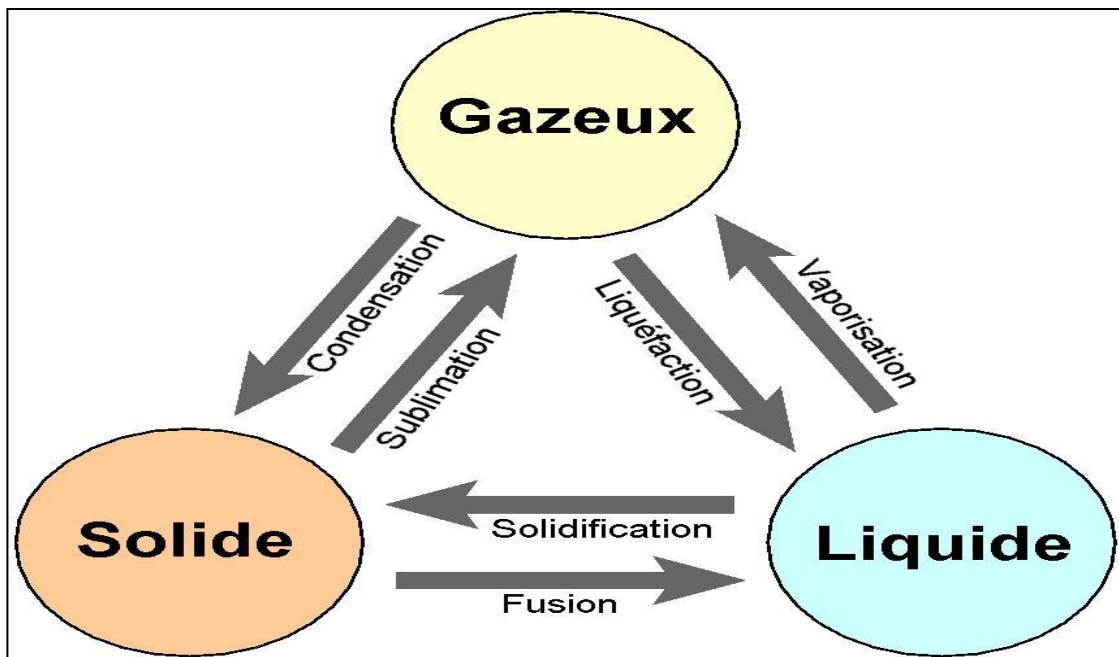


Figure I.2 : Les trois états de l'eau [9].

## I.8. Propriétés de l'eau

L'eau est une molécule remarquable dont les propriétés sont présentées ci-dessous :

- L'eau a une force de cohésion élevée (difficile à évaporer)
- (Température d'ébullition particulièrement élevée pour une molécule de cette masse molaire).
- Cela permet à une importante phase liquide d'exister aux températures, connues sur terre (phase liquide indispensable à la vie telle que nous la connaissons).
- Ses propriétés de solvant « doux » (un très grand nombre de réactions biochimiques possible).
- Le fait que la densité de l'eau soit plus grande à l'état liquide que solide, (conséquence remarquable : la glace flotte sur l'eau liquide)
- La densité de l'eau douce soit maximale à 4 °C fait que la température au fond d'un lac ne peut pas descendre en dessous de 4 °C (sauf cas extrêmes). Cela permet à la vie aquatique de survivre aux périodes glacées, car l'eau reste liquide sous son manteau de glace isolant).
- La tension superficielle particulièrement élevée permet le phénomène de capillarité (qui permet, entre autres, à la sève des végétaux de monter) et à de nombreux êtres vivants de se déplacer sur la surface de l'eau [10].



- L'eau est aussi la seule substance qui existe en trois états : liquide, solide et vapeur. Toutes les autres substances ne peuvent revêtir que deux états physiques seulement [20].
- **Transparence** : L'eau est transparente dans le spectre visible. Mais elle absorbe le rayonnement infrarouge dès les premiers mètres d'épaisseur, ce qui explique que seules les eaux superficielles se réchauffent.
- **Capacité thermique** : L'eau présente une très grande capacité thermique de tous les fluides. Du fait de cette capacité, les masses d'eau agissent comme des tampons ou régulateur contre les changements élevés de température.
- **Chaleur spécifique** : L'eau est l'élément naturel dont la chaleur spécifique est la plus élevée :  $4185 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ . Elle demande donc beaucoup d'énergie pour être réchauffée et pour être refroidie.
- **Chaleur latente** : Les chaleurs latentes de fusion et de vaporisation de l'eau sont élevées. Comme l'énergie est prélevée sur le substrat on comprend que le phénomène d'évaporation de l'eau vers l'atmosphère refroidisse continuellement les océans.
- La masse volumique de l'eau diminue avec la température et augmente un peu avec la pression. Une modélisation linéaire donne de bons résultats, dès lors qu'on ne se trouve pas au voisinage de la saturation
- **Viscosité dynamique**: La viscosité dynamique de l'eau varie fortement dans la gamme de température 0 à 100 °C .

### I.9. Paramètre de la qualité de l'eau

#### I.9.1. Paramètres organoleptiques

Ces paramètres sont importants dans la mesure où ils sont directement appréhendés par les usagers. Pour certains d'entre eux, tels la saveur et l'odeur, leur détermination reste subjective

##### a. Couleur

La couleur d'une eau liée à la présence de matières organiques dissoutes et de la matière en suspension.

Elle est évaluée par comparaison optique avec une gamme étalon préparée à partir d'une solution contenant du platine et du cobalt.

L'eau ne doit pas présenter une coloration dépassant 15 mg de platine en référence à l'échelle platine-cobalt [11].



### **b. Turbidité**

Suivant qu'une eau contient plus ou moins de matières en suspension, elle sera plus ou moins limpide. Ce caractère est apprécié par la notion de turbidité qui est l'inverse de la limpidité.

La turbidité est mesurée par la diffusion d'un faisceau lumineux traversant l'eau. La valeur acceptable est de 0.5 NTU (unité de turbidité) à la distribution et 2 NTU au robinet [11].

### **c. Odeur et saveur**

L'odeur et la saveur d'une eau sont imputables à la présence de certains éléments organiques ou minéraux.

Ces paramètres sont appréciés quantitativement en diluant l'échantillon jusqu'à ce que le goût ou l'odeur, initialement présents, soient amenés au seuil de perceptibilité. Suivant le taux de dilution, on détermine le seuil d'une eau.

Les eaux potables ne doivent présenter ni odeur, ni saveur perceptibles [11].

### **I.9.1.1. Paramètres affectant la qualité organoleptique**

1. Ammonium ( $\text{NH}_4$ )
2. Nitrates et Nitrites ( $\text{NO}_3^-$  et  $\text{NO}_2^-$ )
3. Matières organiques
4. Fer et manganèse
5. Phosphates
6. Gaz dissous
7. Sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ )
8. Chlorures
9. Chlore ( $\text{Cl}_2$ )
10. pH
11. Solvants chlorés
12. Phénols et dérivés
13. Hydrocarbures
14. Pesticides ou herbicides
15. Impuretés de nature biologique

### **I.9.2. Les paramètres physico-chimiques**

Ces paramètres sont des indicateurs des eaux naturelles. Leur valeur dépend en particulier de la nature des sols en contact avec l'eau.



### A. Température

La température de l'eau joue un rôle important par exemple en ce qui concerne la solubilité des sels et des gaz dont, entre autres, l'oxygène nécessaire à l'équilibre de la vie aquatique. Par ailleurs, la température accroît les vitesses des réactions chimiques et biochimiques d'un facteur 2 à 3 pour une augmentation de température de 10 degrés Celsius (°C). L'activité métabolique des organismes aquatiques est donc également accélérée lorsque la température de l'eau s'accroît.

La valeur de ce paramètre est influencée par la température ambiante mais également par d'éventuels rejets d'eaux résiduaire chaudes. Des changements brusques de température de plus de 3° C s'avèrent souvent néfastes [12].

### B. Minéralisation et conductivité (ou résistivité)

La minéralisation de l'eau est la mesure de la concentration en sels dissous principalement le calcium, le magnésium, le sodium.

La conductivité est une mesure de la capacité de l'eau à conduire un courant électrique, donc une mesure indirecte de la teneur de l'eau en ions. Un ion est un atome (constituant de base de la matière) ou un groupe d'atomes qui possède une charge électrique positive ou négative. Ainsi, plus l'eau contient des ions comme le calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ), le magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ), le sodium ( $\text{Na}^+$ ), le potassium ( $\text{K}^+$ ), le bicarbonate ( $\text{HCO}_3^-$ ), le sulfate ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) et le chlorure ( $\text{Cl}^-$ ), plus elle est capable de conduire un courant électrique et plus la conductivité mesurée est élevée.

La conductivité s'exprime en micro siemens par centimètre ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) et la résistivité en ohms par cm ( $\Omega/\text{cm}$ ).

En principe, la conductivité d'une eau potable doit être comprise entre 180 et 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$  à 20°C [12].

### C. Dureté

La dureté d'une eau est caractérisée par sa concentration en sels de calcium et de magnésium. La mesure de la dureté de l'eau porte le nom de titre hydrotimétrique. On l'exprime en degré français sachant qu'un degré équivaut à 10mg de carbonate de calcium par litre d'eau [12].

On distingue :

- Le titre hydrotimétrique total (T.H.T) représentant la teneur totale en calcium et magnésium ; cette mesure se fait sur de l'eau brute.
- Le titre hydrotimétrique permanent (teneur en chlorures et sulfates de calcium et de magnésium), on le mesure après ébullition de l'eau.



➤ Le titre hydrotimétrique temporaire (différence entre la dureté totale et la dureté permanente). C'est la teneur en carbonate de calcium et de magnésium. Le titre alcalimétrique complet ou TAC représente la concentration en carbonates et bicarbonates de calcium et de magnésium de l'eau. Pour les eaux naturelles, le TAC est égal à la dureté temporaire appelée également dureté carbonatée.

### D. Le pH

Le pH est une mesure de l'acidité de l'eau c'est -à-dire de la concentration en ions d'hydrogène ( $H^+$ ).

L'échelle des pH s'étend en pratique de 0 (très acide) à 14 (très alcalin) ; la valeur médiane 7 correspond à une solution neutre à 25°C. Le pH d'une eau naturelle peut varier de 4 à 10 en fonction de la nature acide ou basique des terrains traversés. Des pH faibles (eaux acides) augmentent notamment le risque de présence de métaux sous une forme ionique plus toxique. Des pH élevés augmentent les concentrations d'ammoniac, toxique pour les poissons.

En région bruxelloise, on admet généralement qu'un pH naturel situé entre 6,5 et 8,5 caractérise des eaux où la vie se développe de manière optimale [12].

### E. Matières en suspension (MES)

Les matières en suspension comprennent toutes les matières minérales ou organiques qui ne se solubilisent pas dans l'eau. Elles incluent les argiles, les sables, les limons, les matières organiques et minérales de faible dimension, le plancton et autres micro-organismes de l'eau.

La quantité de matières en suspension varie notamment selon les saisons et le régime d'écoulement des eaux. Ces matières affectent la transparence de l'eau et diminuent la pénétration de la lumière et, par suite, la photosynthèse. Elles peuvent également gêner la respiration des poissons. Par ailleurs, les matières en suspension peuvent accumuler des quantités élevées de matières toxiques (métaux, pesticides, huiles minérales, hydrocarbures aromatiques polycycliques...). Les matières en suspensions sont exprimées en mg/l [13].

### F. Solubilité des gaz dans l'eau

L'eau contient toujours des gaz dissous dont les concentrations dépendent notamment de la température ainsi que de la composition et de la pression de l'atmosphère gazeux avec laquelle elle est en contact. La loi de HENRY appliquée à la solubilité des gaz dans l'eau pure, prévoit que, la concentration dissoute d'un composé gazeux dans l'eau est directement proportionnelle à la pression partielle de ce composé dans la phase gazeuse au contact de l'eau [13].



### J. L'alcalinité

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence de bases et de sels d'acides faibles. Dans les eaux naturelles, l'alcalinité résulte le plus généralement de la présence d'hydrogencarbonates, carbonates et hydroxydes. D'autres sels d'acides faibles peuvent aussi être dosés et interfèrent dans la mesure : acides humiques, phosphates, citrates, tartrate. Deux titres qui sont le titre alcalimétrique simple (TA) et le titre alcalimétrique complet (TAC). L'unité utilisée est le degré français (°F)  $1^{\circ}\text{F} = 0.2 \text{ méq.L}^{-1} = 10 \text{ mg.L}^{-1} \text{ CaCO}_3$  [13].

### H. Les nitrates et les nitrites

Ces paramètres sont des indicateurs pertinents de la dégradation des ressources en eau utilisée pour la production d'eau potable. La présence de nitrates dans l'eau d'alimentation peut avoir plusieurs origines :

- une origine liée aux activités humaines (rejets industriels, agricoles et urbains) ;
- une origine naturelle dans la mesure où les nitrates résultent des transformations de l'azote dans les eaux et les sols (cycle de l'azote).

Les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) et les nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) sont des ions présents de façon naturelle dans l'environnement. Ils sont le résultat d'une nitrification de l'ion ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ), présent dans l'eau et le sol, qui est oxydé en nitrites par les bactéries du genre 'Nitrosomonas', puis en nitrates par les bactéries du genre 'Nitrobacter'. Les nitrates sont très solubles dans l'eau. Les nitrates peuvent être à l'origine de la formation de nitrites et de nitrosamines, responsables de deux phénomènes potentiellement pathologiques: la méthémoglobinémie et le risque de cancer [14].

### K. Matières organiques

La Demande Biochimique en Oxygène (DBO) c'est la quantité d'oxygène nécessaire à la dégradation de la matière organique biodégradable d'une eau par le développement des micro-organismes, pendant 5 jours à 20 °C, on parle alors de la  $\text{DBO}_5$ . Elle est très utilisée pour le suivi des effluents urbains. Elle est exprimée en  $\text{mg O}_2/\text{l}$ .

La Demande Chimique en Oxygène (DCO) c'est la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder la matière organique (biodégradable ou non) d'une eau à l'aide d'un oxydant, le bichromate de potassium. Ce paramètre offre une représentation plus ou moins complète des matières oxydables présente dans l'échantillon. Elle est exprimée en  $\text{mg O}_2/\text{l}$ . Généralement la DCO est 1,5 à 2 fois la  $\text{DBO}_5$  pour les eaux usées urbaines et de 1 à 10 pour tout l'ensemble des eaux résiduaires industrielles. La relation empirique de la matière organique (MO) en fonction de la  $\text{DBO}_5$  et la DCO est donnée par l'équation suivante [14]:

$$\text{MO} = (2 \text{ DBO}_5 + \text{DCO})/3$$



### L. Matières azotées

L'azote rencontré dans les eaux usées peut avoir un caractère organique ou minéral, il se présente sous quatre formes :

- L'azote organique se transforme en azote ammoniacal.
- L'azote ammoniacal ( $\text{NH}_4$ ) traduit un processus d'ammonification de la matière organique azotée. Les ions ammoniums subissent une nitrification par action des bactéries nitrifiantes.
- L'azote nitreux ( $\text{NO}_2^-$ ) provient d'une oxydation incomplète de l'azote ammoniacal ou par une réduction des nitrates par dénitrification. Les nitrites sont instables et sont rapidement transformés en nitrates.
- L'azote nitrique ( $\text{NO}_3^-$ ) est produit par nitrification de l'azote ammoniacal. Il joue un rôle important dans le développement des algues et participe au phénomène d'eutrophisation.

Dans les eaux usées, l'azote se trouve principalement sous forme ammoniacale. Les concentrations des formes oxydées de l'azote sont faibles [14] .

### M. Composés phosphorés

Le phosphore est l'un des composants essentiels de la matière vivante. Les composés phosphorés ont deux origines, le métabolisme humain et les détergents. Dans les eaux usées, le phosphore se trouve soit sous forme d'ions orthophosphates isolés, soit sous forme d'ions phosphates condensés ou sous forme d'ions phosphates condensés avec des molécules organiques. Les orthophosphates correspondent au groupement  $\text{PO}_4^{3-}$ , ces phosphates sont fixés facilement par le sol, leur présence dans les eaux souterraines est souvent liée à la nature des terrains traversés, à la décomposition de la matière organique, aux engrais phosphatés industriels entraînés par lessivage ou par infiltration. Les polyphosphates sont utilisés comme agents de peptisation, d'émulsification, de dispersion, d'inhibition ... et sont utilisés dans des domaines aussi divers que les industries de poudres à laver, les industries agroalimentaires, les industries pharmaceutiques comme inhibiteurs de précipitation et de corrosion [14].

### N. Oxygène dissous (OD) et % de saturation en oxygène

Les concentrations en oxygène dissous constituent, avec les valeurs de pH, l'un des plus importants paramètres de qualité des eaux pour la vie aquatique.

Cette concentration en oxygène dissous est également fonction de la vitesse d'appauvrissement du milieu en oxygène par l'activité des organismes aquatiques et les processus d'oxydation et de décomposition de la matière organique présente dans l'eau.

Globalement, plus la concentration en oxygène dissous (OD) est proche de la saturation, plus l'aptitude de la rivière à absorber la pollution est grande : une valeur inférieure à 1 mg d' $\text{O}_2$  par



litre indique un état proche de l'anaérobie. Cet état se produit lorsque les processus d'oxydation des déchets minéraux, de la matière organique et des nutriments consomment plus d'oxygène que celui disponible. Une faible teneur en oxygène dissous provoque une augmentation de la solubilité des éléments toxiques qui se libèrent des sédiments.

Une valeur de 1 à 2 mg d'O<sub>2</sub> par litre indique une rivière fortement polluée mais de manière réversible ; une teneur de 4 à 6 mg d'O<sub>2</sub> par litre caractérise une eau de bonne qualité ; des teneurs supérieures à la teneur naturelle de saturation en oxygène indiquent une eutrophisation du milieu se traduisant par une activité photosynthétique intense.

La concentration en oxygène dissous peut être exprimée en mg d'O<sub>2</sub> par litre ou en % de saturation en oxygène [15].

### I.9.3. Les paramètres microbiologiques

L'eau contaminée par les excréta est susceptible de transmettre des maladies gastrointestinales. La qualité bactériologique se mesure donc par la présence d'organismes indicateurs de pollution, vivant normalement dans l'intestin. Ce sont le groupe des coliformes totaux, les coliformes thermotolérants, les Entérocoques [15].

Un grand nombre de micro-organismes peuvent proliférer dans l'eau, dans les aliments et dans le milieu naturel grâce aux conditions favorables que leur crée l'homme, l'eau sert d'habitat naturel ou un simple moyen de transport. Les principaux organismes pathogènes qui se multiplient ou qui sont transportés dans l'eau sont : les bactéries, les virus, les parasites, les champignons et les algues. La grande majorité de ces microorganismes nocifs, susceptibles d'engendrer des infections humaines redoutables, diffusent dans l'environnement hydrique par l'intermédiaire de souillures fécales humaines ou animales [15].

## Conclusion

Ce chapitre a permis de faire connaître et détailler les caractéristiques des différents types d'eau : les eaux souterraines, les eaux de surface, les eaux de mer

L'eau est la source de vie, elle est de toutes les matières la plus importante pour l'existence de l'homme, indispensable pour la survie et pour le développement de la société moderne.

Elle est non seulement nécessaire en quantité suffisante mais sa qualité est aussi un paramètre très important.

---

# CHAPITRE II :

## Les procédés de traitement de l'eau





### II-1-Généralité :

Presque toutes les eaux de la nature ne sont pas bonnes à boire. Même une eau d'apparence limpide transporte en son sein toutes sortes de substances inertes et vivantes, dont certaines peuvent être nocives pour l'organisme humain. Ces substances proviennent soit du milieu physique dans lequel l'eau a évolué, soit des rejets de certaines activités humaines dont l'eau est devenue le réceptacle. L'eau est ainsi le vecteur de transmission privilégié de nombreuses maladies (choléra, typhoïde, saturnisme (plomb), moustiques transmettant différentes maladies, diarrhées, etc.). Pour pouvoir être consommée sans danger, l'eau doit donc être traitée.

La filière de traitement d'une station de potabilisation de l'eau dépend d'une part de l'eau brute elle-même (provenance, substances contenues, qualité intrinsèque) et, d'autre part, du cadre législatif et réglementaire régissant l'eau de boisson de leur côté, les procédés doivent répondre chacun à des conditions particulières qui assureront leur bon fonctionnement. Tous ces éléments doivent être pris en compte dans le choix des procédés d'une chaîne de traitement. Cette approche globale s'applique aussi bien à la conception des nouvelles stations qu'à l'agrandissement ou à la modernisation des anciennes [16].

### II-2- Définition des objectifs du traitement :

Les objectifs du traitement peuvent être répartis en deux groupes :

- La santé publique, qui implique que l'eau distribuée ne doit apporter aux consommateurs ni substances toxiques (organiques ou minérales), ni organismes pathogènes. Elle doit donc répondre aux normes physico-chimiques et bactériologiques
- la protection du réseau de distribution, et aussi des installations des usagers (robinetterie, chauffe-eau...) contre l'entartrage et/ou corrosion. Dans tous les pays, ces objectifs se traduisent par une réglementation officielle. Cette dernière est fonction de critères de santé publique, du degré de développement du pays considéré et des progrès de la technologie [16].

### II-3-Les procédés de traitement des eaux destinées à la consommation humaine :

La station effectue les procédés de traitement suivants :

- Prétraitement
- Pré chloration
- Coagulation-Floculation



- Décantation
- Filtration sur sable
- Désinfection (post-chloration)
- Stockage de l'eau

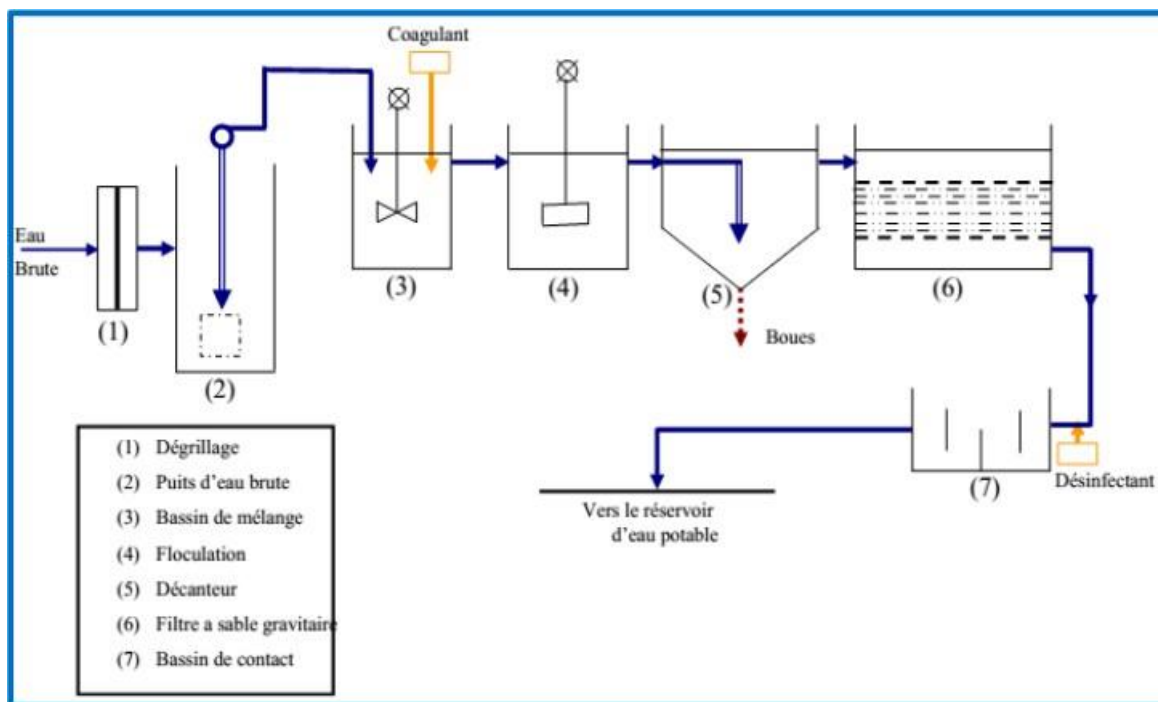


Figure II.1 : Schéma classique d'une station de potabilisation des eaux de surface.

### II-3-1-Prétraitement :

Une eau, avant d'être traitée, doit être débarrassée de la plus grande quantité possible d'éléments dont la nature et la dimension constitueraient une gêne pour les traitements ultérieurs. Pour cela, on effectue des prétraitements de l'eau de surface [17].

#### II-3-1-1-Le dégrillage :

C'est le premier poste de traitement qui permet de protéger les ouvrages aval de l'arrivée de gros objets susceptibles de provoquer des bouchages dans les différentes unités de traitement. Ceci permet également de séparer et d'évacuer facilement les matières volumineuses charriées par l'eau brute (corps flottants et gros déchets tels que des branchages et des cailloux et même des animaux aquatiques, etc.), qui pourraient nuire à l'efficacité des traitements suivants, ou en compliquer l'exécution. L'installation de dégrillage se compose : d'un canal, de la grille du dégrilleur et d'une benne pour les déchets.



Figure II.2 : Schéma d'un dégrilleur

### 2-3-1-2-Le tamisage :

Le but de ce dispositif est de piéger les particules solides charriées par les eaux et les matières en suspension de granulométrie comprise entre 200 et 500  $\mu\text{m}$  : sables, graviers, feuilles ou de morceaux de plastique. Brièvement il permet d'éliminer des objets plus fins que ceux éliminés par le dégrillage [18].

L'eau passe dans des tamis de maille de plus en plus fine retenant les débris végétaux et animaux, les insectes, les mollusques, les crustacés d'eau douce, les alluvions, les herbes puis les algues et le plancton.



Figure II.3 : Tambours filtrants (pour tamisage et micro-tamisage)



### II-3-2-Pré chloration :

C'est un procédé chimique qui utilise le chlore (ou l'hypochlorite de sodium), l'ozone, le dioxyde de chlore ou le permanganate de potassium pour l'élimination du fer et du manganèse (notamment pour les eaux souterraines), de la couleur, les matières organiques et les micro-organismes (algues, plancton et bactéries), essentiellement pour les eaux superficielles.



Figure II.4 : Représente le bassin de pré chloration

### II-3-3- Coagulation-Floculation :

La coagulation-floculation est un procédé physico-chimique de clarification des eaux, il réside dans la formation par l'addition de coagulant, trames floconneuses appelées «Flocs» [19].

#### II 3-3-1- Coagulation :

La coagulation est un processus qui consiste à neutraliser les charges portées par les substances colloïdales ou dissoutes indésirables à l'aide d'un produit chimique de charge opposée, appelé coagulant avec une agitation rapide, afin de faciliter leur agglomération en flocons décantables ou filtrables.

Le coagulant qui peut être introduit dans un bassin de coagulation est le sulfate d'alumine  $Al_2(SO_4)_3$ .



**Figure II.5 :** Représente le bassin de coagulation.

### **II-3-3-2-Floculation :**

C'est une opération complémentaire à la coagulation, elle vise à favoriser la croissance de flocs par une agitation lente et prolongée de l'eau provenant des bassins de coagulation, elle est réalisée dans un bassin pourvu d'une unité mécanique d'agitation et implique habituellement l'ajout d'un floculant. Elle complète la phase de coagulation et vise à assurer une plus grande cohésion du floc et une meilleure vitesse de sédimentation. L'adjuvant ou le floculant peut être introduit dans un bassin de floculation est le poly-électrolyte.

Le temps nécessaire pour la coagulation-floculation est de 20 à 30 minutes [20].



**Figure II.6 :** Représente le bassin de floculation



### II-3-4-Décantation :

Elle vise à éliminer les floccs issus de la coagulation-floculation. Elle se déroule au niveau du bassin de décantation, le volume de ce dernier est 3400 m<sup>3</sup>.

Le temps nécessaire pour la décantation des floccs est deux heures [21].

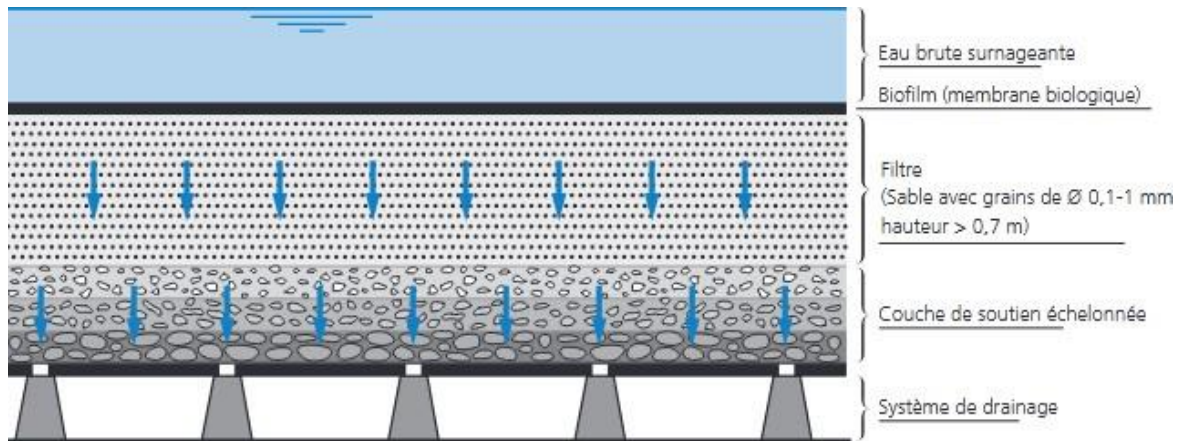


**Figure II.7 :** Représente le bassin de décantation

### II-3-5-Filtration sur sable :

Ce procédé permet l'extraction extensive des particules par passage de l'eau sur un lit de sable fin (~0,1 - 1 mm) à la vitesse de 0,06 – 0,3 m/h. Il s'agit souvent de la dernière étape de traitement avant la protection du réseau. Du fait de la longue durée de séjour de l'eau dans le lit de sable (5 - 10 h, épaisseur 0,7 – 1,2 m), l'extraction des impuretés dissoutes et particulaires conjugue tamisage, filtration et sorption. Parallèlement s'y déroule une destruction de microorganismes pathogènes (par manque de nutriments, température, prédation, etc.) et se crée une activité biologique entraînant une biodégradation significative de composés organiques biologiquement assimilables (COA).

On notera tout spécialement, dans ce contexte, le biofilm (ou « membrane biologique ») de quelques centimètres d'épaisseur qui se forme à la surface du filtre. Il s'y déroule notamment des processus de filtration, de nitrification et de minéralisation de substances organiques. Ainsi, ce procédé présente de très bonnes performances de purification du fait de la longue durée de filtration et de la finesse du sable. La simplicité du dispositif (pas de composante mobile, pas de produits chimiques, écoulement naturel) et de son exploitation font de la filtration lente sur sable un procédé particulièrement bien adapté aux stations de petite taille ou de pompage d'eau de lac[22].



**Figure II.8 :** Schéma d'un filtre lent sur sable.

Le biofilm est une membrane biologique constituée d'une grande variété de microorganismes très actifs qui dégradent les impuretés. La couche de sable fin sous-jacente filtre l'eau par voie physico-chimique.



**Figure II.9 :** Représente le bassin de Filtration

### II-3-6- Désinfection :

Les bactéries et virus pathogènes qui demeurent dans l'eau sont éliminés lors de l'étape de désinfection. On utilise pour cela du chlore, de l'ozone ou des ultraviolets. Une petite quantité de chlore reste dans l'eau produite pour éviter un développement bactérien plus en aval, dans le réseau d'eau.



### II-3-7- Stockage de l'eau :

Le stockage de l'eau s'effectue dans des réservoirs situés généralement en hauteur : bassins d'entrée au sommet des collines ou châteaux d'eau, ils fonctionnent selon le principe des vases communicants pour assurer une pression régulière et suffisante au sein du réseau en fonction du rythme de consommation, ils constituent aussi une réserve de sécurité en cas d'incident sur le réseau ou de hausse anormale de la consommation. Pour pouvoir satisfaire à tout moment la demande des abonnés en eau potable, un réservoir de stockage d'une capacité de 3000 m<sup>3</sup> a été créé sur le lieu de traitement en forme de bache d'entrée, une réserve qui permet de gérer les points de consommation en différents points du réseau [23].



**Figure II.10** : Le réservoir de stockage

---

# CHAPITRE III :

## Matériels et méthodes





### III-1-DESCRIPTION ET LOCALISATION DU MILIEU D'ETUDE

#### III-1-1-Présentation de la région d'étude :

La Daïra de Collo est une ville côtière située au nord-est de l'Algérie. Elle se situe à environ 70 km à l'Ouest de Skikda et 120 km au nord de Constantine. La ville est limitée au Nord par la mer Méditerranée ; à l'Est par la commune de Tamalous ; au Sud par la commune de Ain Kachra; à l'Ouest par la commune d'Ouled Attia.

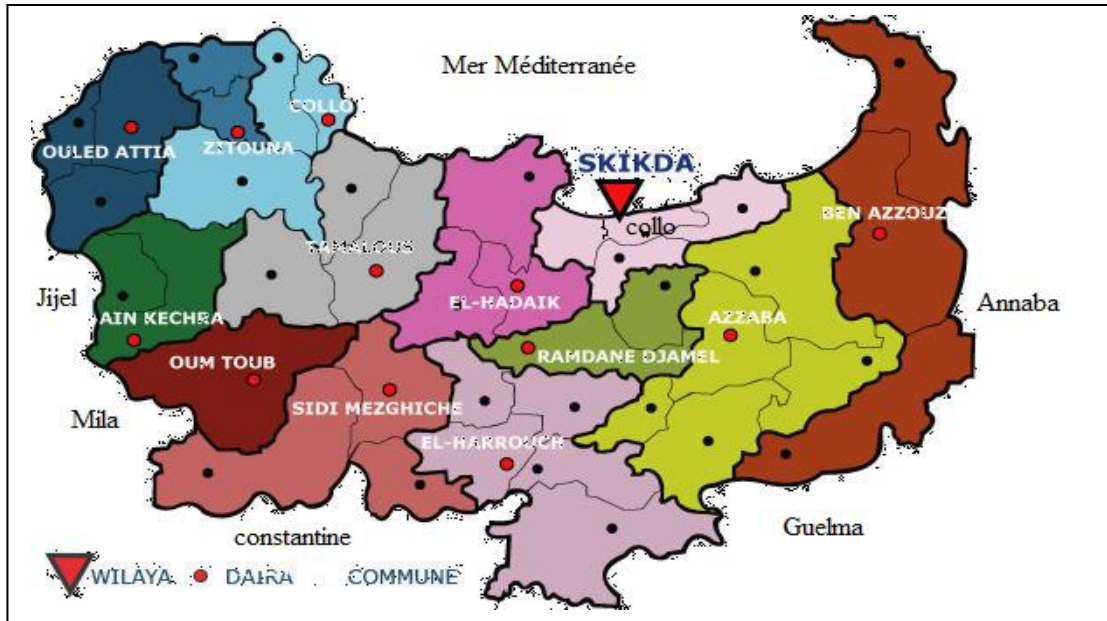
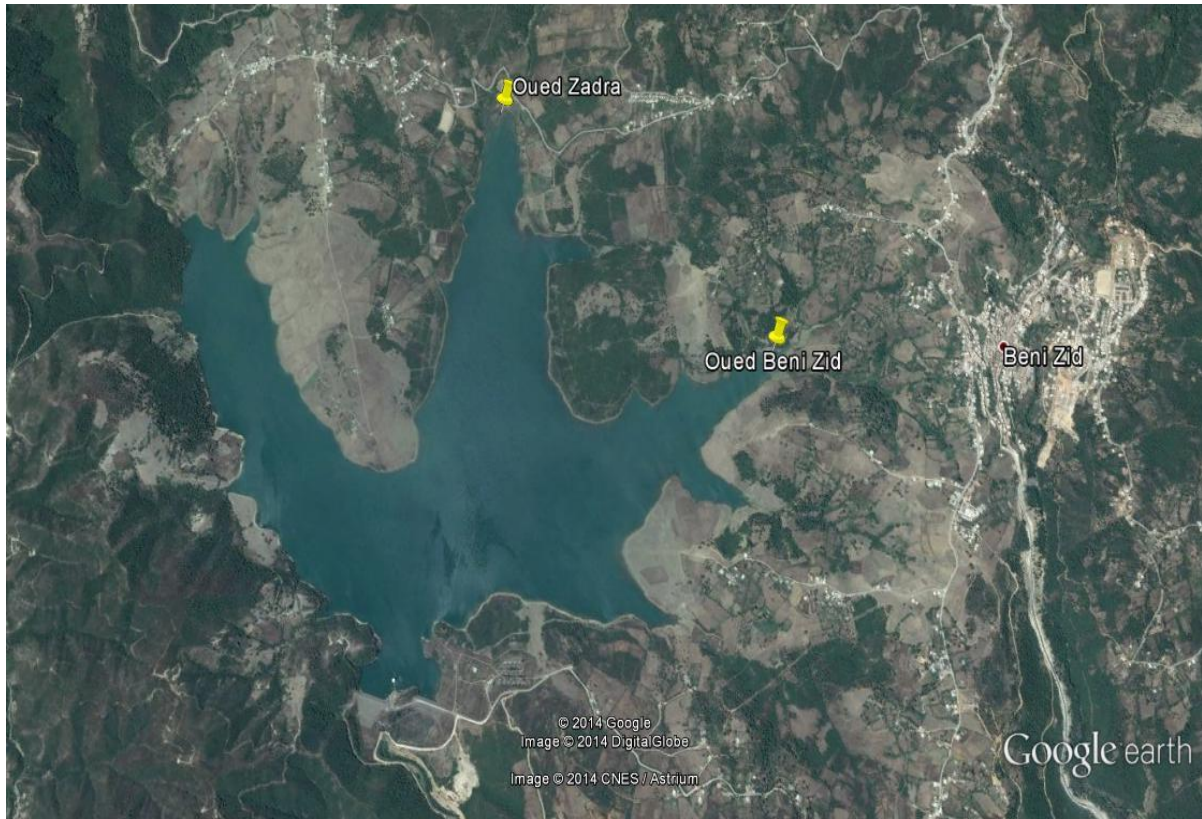


Figure III-1: Carte représentant la région de Skikda.

#### III-1-2-Présentation du site d'étude :

Le barrage de Beni-Zid est un ouvrage hydraulique fut construit en 1989-1996 sur l'oued Beni-Zid qui fait partie du bassin de l'oued Guebli. Il se situe au nord-est d'Algérie, à 20km au sud de la ville de Collo, à 90Km de la ville de Skikda et à 120Km de la ville de Constantine. Le barrage de Beni-Zid est destiné à l'alimentation en eau potable de la ville de Collo et irrigation de la vallée des oueds Beni-Zid et Guébli.



**Figure III-2:** Photos satellites du barrage Beni-Zid prises le 28/04/2024 avec les principaux oueds qui l'alimentent [24].

### III-1-3-Conditions hydrométéorologiques :

#### III-1-3-1-Données générales :

L'Oued Beni Zid est un affluent secondaire de l'oued Guebli se rapport au bassin de la méditerranée. La longueur de l'oued est de 15,5km, la superficie du bassin versant est de 61,4 km<sup>2</sup>. L'aménagement hydraulique est important à 2 km de l'embouchure de l'oued avec la superficie du bassin versant de 58,6 km.

Le réseau hydrographique est bien développé, c'est bien que le coefficient de densité correspond 0,8 km/km<sup>2</sup>. L'oued est l'un des affluents les plus importants du Beni Zid, le relief du bassin versant est montagneux, les cotes absolues de la ligne de partage des eaux varient de 200 à 900 m. Le bassin versant est à 80 % boisé, les autres terres étant réservées aux exploitations agricoles et pâturages. [25]

#### III-1-3-2-Climatologie :

Le climat de la région est conditionne par sa situation géographique, L'influence de la mer et du relief. Le climat subtropical est caractérisé par un été chaud et sec et un hiver humide et pluvieux. [25]



La température annuelle moyenne dans la région varie de 17,1 à 18,4°C ; le mois le plus chaud, c'est le mois d'aout dont la température moyenne est de 24,8 à 27°C. La température moyenne au mois de janvier (le mois le plus froid) est comprise entre 10,6 et 11,2°C au dessous de zéro. La température minimale s'abaisse à -3,2°C, celle d'été monte à 44,8°C.

La pluviométrie interannuelle enregistre dans le bassin versant de l'oued Beni Zid, compte tenue de l'altitude de terrain est égale à 1350 mm. La répartition des précipitations sur le territoire en question est irrégulière, près de 80% de la norme annuelle tombe sur la période plus pluvieuse (novembre-mars). Les maxima journaliers sont dus aux averses. Le maxima journalier des précipitations d'une probabilité de 1% est égal à 200 mm.

Les vents dominants dans la région envisagée sont de direction Nord et Nord-Ouest. La vitesse maximale moyenne de 29 m/s peut aller à 42 m/s. La vitesse maxi avec la probabilité de 10% est de 36 m/s avec une probabilité de 2% elle atteint 42 m/s.

L'évaporation à partir de la surface d'eau est égale à 990 mm, le coefficient de sa variation étant :  $T=0.15^{\circ}\text{C}$ ,  $T=2^{\circ}\text{C}$ . [25]



**III-2-CARACTERISTIQUES TECHNIQUES:**

Les caractéristiques techniques du barrage Beni-Zid sont décrites dans le tableau III-1.

**Tableau III-1:** Caractéristiques techniques du barrage Beni-Zid [25].

Type	Barrage en terre hétérogène
Hauteur maximale au-dessus du terrain naturel	43,5m
Hauteur maximale au-dessus du fond des fouilles	52,6m
Largeur en crête	10m
Largeur maximale au niveau des fondations	248,4
Longueur en crête	141m
Superficie du bassin versant	58,5Km <sup>2</sup>
Altitude maximale	1287m NGA
Altitude minimale	28,5m NGA
Altitude moyenne	354 m.NGA
Pluviométrie moy/annuelle	1350mm
Apport moyen annuel	28,5 Mm <sup>3</sup>
Crue pour 10 ans	200m <sup>3</sup> /S
Crue pour 100 ans	470 m <sup>3</sup> /S
Crue pour 1000ans	890m <sup>3</sup> /S
Altitude de retenue normale	66,00 m
Altitude des plus hautes eaux	71,60 m
Aire de la retenue au niveau normal	286,3 ha
Aire de la retenue au niveau exceptionnel	360,3 ha
Capacité total de la retenue	40,0 millions m <sup>3</sup>
Réserve d'envasement	4,0 millions m <sup>3</sup>
volume régularisé	19,9 millions m <sup>3</sup>

**III-3-STATION DE TRAITEMENT BENI ZID :**

La station de traitement de Beni Zid se situe à l’est de la commune de Beni Zid et au sud de la ville de Collo à distance de 12 Km, et sur une superficie de 2 Hectares.



L'eau traitée et celle de barrage Beni Zid et le transfert de l'eau de fait par l'intermédiaire d'une conduite en métal de longueur de 1,5 Km et diamètre de 4 m.

Cette station a été constituée par deux sociétés algériennes Hydro ménagement-Hydrotraitement.

Les travaux de la station ont été commencés au 17 Octobre 2003, ainsi que sa compétence de traitement est de 300 Litre par seconde.

Les traitements effectués au niveau de la station de traitement sont les suivants :

1. **Pré chloration:** en introduisant dans l'eau brute une dose de chlore, elle a pour but d'élimination des matières organiques.
2. **Coagulation-Floculation :** elle a pour but de rassembler en un précipité volumineux et lourd et matières colloïdales très fines, Le sulfate polyélectrolyte charbon/chaux et le coagulant utilisable dans la plupart des cas.
3. **Décantation :** la décantation a pour but de permettre le dépôt des particules en suspension dans l'eau, soit que ces particules existent dans l'eau brute, soit qu'elles résultent de l'action d'un réactif chimique ajoutée artificiellement, la coagulation et la décantation se font dans un décanteur.
4. **Filtration :** le but de la filtration est de retenir les particules existant dans l'eau soit qu'elles aient été formées par la coagulation préalable, c'est en fixant par adsorption les matières solides en suspension dans l'eau que le filtre exerce son action essentielle.
5. **Stérilisation :** elle a pour but d'élimination des microbes dangereux pour l'organisme humaine. Le chlore est le réactif le plus utilisé pour assurer la stérilisation de l'eau [25].

Les différentes opérations de traitement d'eau brute dans cette station ont été représentées dans le schéma ci-dessous.

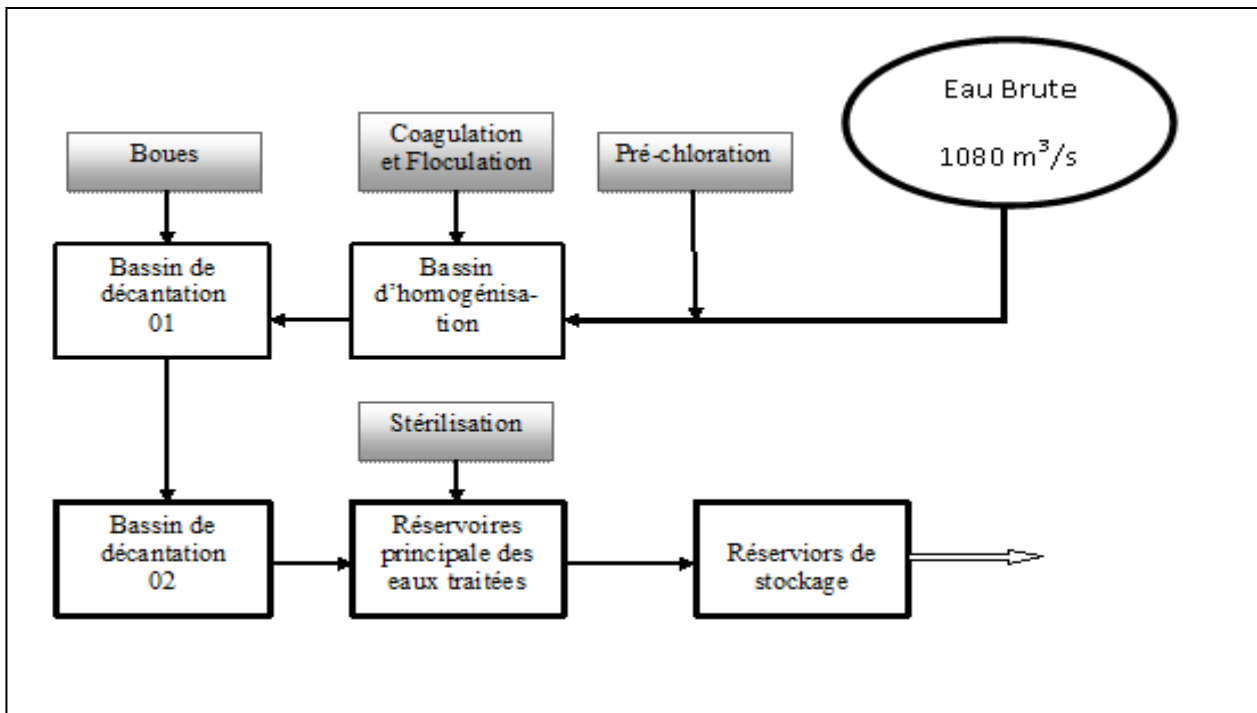


Figure III-3: Schéma représente les différentes opérations de traitements de l'eau brute au niveau de la station de traitement Beni Zid [25].

### III-4-PRELEVEMENT DES ECHANTILLONS:

#### III-4-1-Stations d'échantillonnage :

Avant de choisir les différentes stations d'échantillonnage nous avons effectué une reconnaissance visuelle permettant de détecter des informations indispensables telles que: la couleur de l'eau, la direction du vent, la présence ou non de dépôts colorés sur la berge, l'agglomérat de couleur en suspension ou en surface, ou toute observation pertinente (mauvaises odeurs...).

Les prélèvements des échantillons d'eau pour ainsi que les mesures et les dosages des paramètres physico-chimiques de l'eau de prélèvement, sont réalisés Une fois par mois au niveau des trois sites d'étude et ce, à partir de 17 février jusqu'à 22 Avril 2014.

Trois stations de prélèvement ont été retenues au niveau du barrage Beni Zid.

Le choix de stations (01.02.03) a été déterminé par:

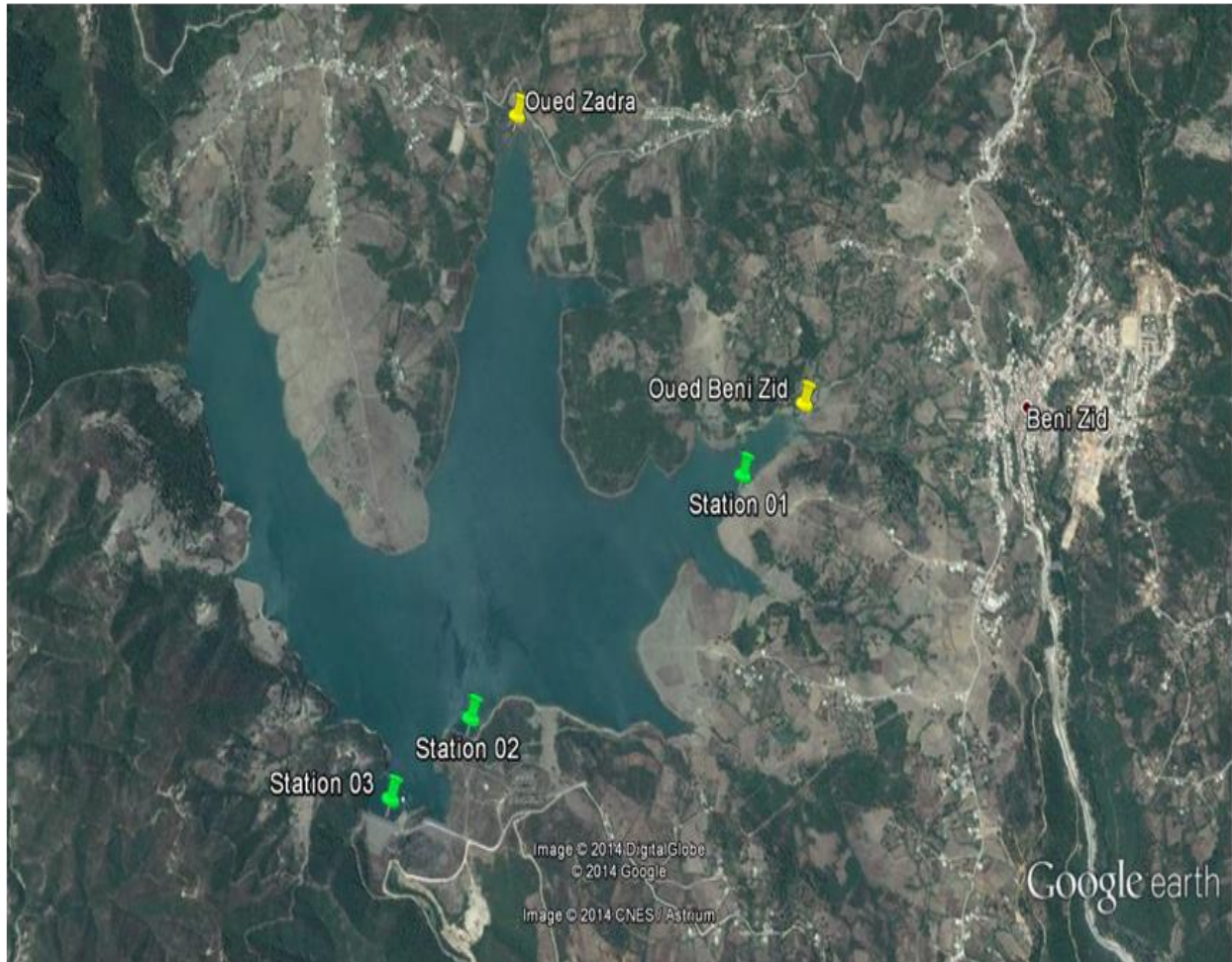
- la reconnaissance visuelle,
- la direction des vents dominants (Nord et Nord-Ouest),
- l'accessibilité des sites,



- les moyens de prélèvement disponibles

La figure III-4 montre des photos satellites du barrage Beni Zid prises le 28/04/2024 présentant la localisation des trois stations de prélèvement (01, 02,03) [24].

Les caractéristiques de ces stations sont représentées dans le tableau III-2



**Figure III-4:** Montre des photos satellites du barrage Beni-Zid prises le 28/04/2024 présentant la localisation des Trois stations de prélèvement (01, 02,03) [24].



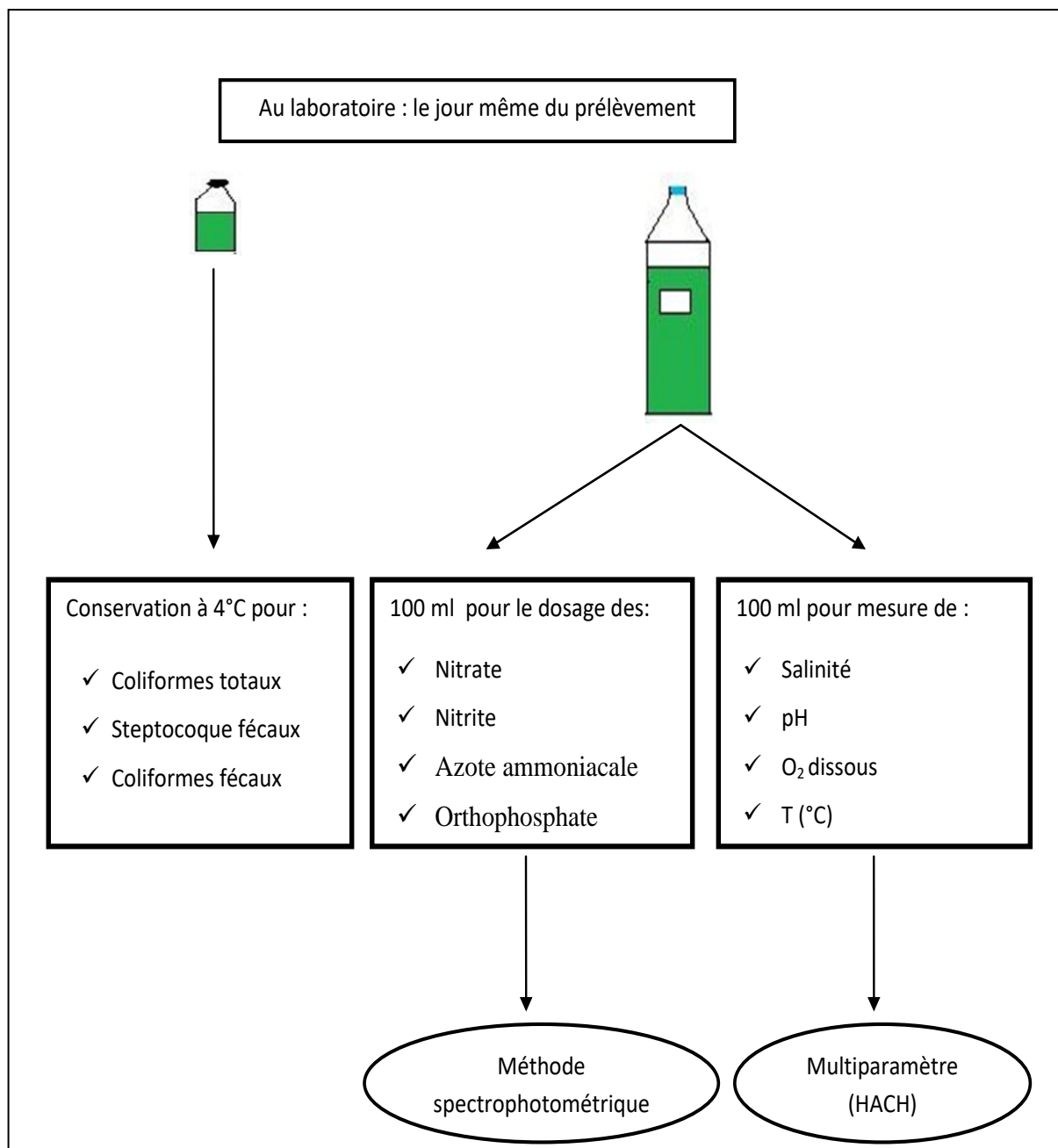
Tableau III-2: Caractéristiques qualificatifs des trois stations d'échantillonnage [25].

N° Station	Position Géographique	Coordonnées	Exposition au vent	Nature du sol
Station 01	localisée sur la zone du Nord-Ouest de la station 03 l'embouchure d'oued Bni Zid	N 36°55'13.83 E 6°29'20.78 Hauteur (z) :63m	Exposée	Vaseux
Station 02	localisée sur la zone du Nord-Ouest de la station 03	N 36°54'42.02 E 6°30'11.12 Hauteur (z) :72m	Exposée	Vaseux
Station 03	localisée sur la zone périphérique du Nord-Est du barrage	N 36°54'33.32 E 6°30'26.52 hauteur (z) :58m	Abritée	Rocheux

**III-4-2-Au laboratoire :**

Dès l'arrivée au laboratoire :

- Les prélèvements réservés au dénombrement sont conservés à 4°C jusqu'à l'analyse ultérieure.
- Les prélèvements réservés au dosage des paramètres physico-chimiques 1.5 litre vont être partagés en :
  - ✓ 1 litre d'eau va servir pour le dosage des paramètres physico-chimiques,
  - ✓ 0,5 litre qui reste sont conservés en cas de besoin.
- La préparation des échantillons au laboratoire pour les différentes analyses est illustrée dans la figure III-4.



**Figure III-5 :** Préparation des échantillons au laboratoire pour les différentes analyses à effectuer ultérieurement.

**III-5-MESURES ET METHODES D’ANALYSE:**

Les analyses des paramètres (physico-chimiques, pollutions et résiduaire et bactériologiques) ont été effectuées à l’université du 20 août 1955 Skikda (laboratoire chimique) et au observatoire national de l’environnement et de développement durable (station de surveillance-Skikda) celles des paramètres bactériologiques aux Entreprise Publique de Sentie de Proximité –EPSP- Skikda.



### III-5-1-Paramètres physico-chimiques :

#### III-5-1-1-Paramètres physico-chimiques généraux :

##### A) Mesure de la température, du pH, l'oxygène dissous et la Conductivité:

Les mesures de la température, conductivité sont réalisées in-situ au moment de l'échantillonnage à l'aide d'un Multiparamètre (Figure III-5)

- pH, oxygène dissous: les mesures de ces paramètres sont réalisées après l'échantillonnage à l'aide des appareils suivants: pH- mètre, oxy-mètre .
- Chaque appareil doit être calibré avant d'effectuer les mesures.

L'utilisation de ces appareils consiste à;

- ✓ faire plonger la sonde dans l'eau
- ✓ attendre quelques secondes jusqu'à la stabilisation de l'affichage sur l'écran et lire le résultat de la mesure.



Figure III-6 : Photographie du multiparamètre

##### B) Dosage du titre hydrométrique (TH) :

###### ➤ Principe :

Les ions des éléments alcalino-terreux présents dans l'eau forment un complexe du type chélate avec le sel de l'acide éthylène-diamine-tétracétique. La disparition des dernières traces d'éléments libres à doser est décelée par le virage de l'indicateur spécifique. En milieu convenablement tamponné pour empêcher la participation du magnésium, la méthode permet de doser la somme des ions du calcium et du magnésium.



### ➤ Protocole expérimental :

On prend 50ml d'eau à analyser et Ajoute 4ml de la solution tampon pH=10 et 3gouttes de l'indicateur noir ériochrome T. la solution doit se colorer en violet et, on titre avec EDTA jusqu'au virage au bleu qui lui correspond un volume V.

### III-5-1-2-Paramètres des ions majeurs :

#### A) Dosage du chlorure :

##### ➤ Principe :

C'est un titrage avec  $\text{AgNO}_3$  en présence de  $\text{K}_2\text{CrO}_5$  (10%) comme indicateur de couleur.

##### ➤ Protocol expérimental :

On introduit 100 ml d'échantillon analysé dans une fiole conique de 250ml, ajoute 3 à 4 gouttes de nitrate pur, 1 pince de carbonate chaux, 3 gouttes de  $\text{K}_2\text{CrO}_5$  (bichromate de potassium 10%) et titre avec l' $\text{AgNO}_3$  jusqu'à changement de couleur. (Jaune vire au rouge brique).

#### B) Dosage du $\text{HCO}_3^-$ :

##### ➤ Principe

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

##### ➤ Protocole expérimental :

##### ✓ Détermination du TA :

On introduit 100 ml d'échantillon analysé dans une fiole conique de 250 ml, On ajoute deux gouttes de phénolphtaléine.

Si il n y a pas de changement de couleur on dit que le TA de l'eau est nul, alors le pH est inférieur du 8.3.



### ✓ Détermination du TAC :

On prend 100 ml de d'échantillon d'eau traitée dans une erlen Meyer, ajoute 2-3 gouttes de méthyle orange et titre le mélange par une solution d' $\text{H}_2\text{SO}_4$  0.1N. Au point équivalent il y a un changement de couleur jusqu'à obtenir la couleur orange.

**Remarque :** la concentration du  $\text{HCO}_3^-$  est égale dans ce cas TAC (mg/l).

### C) Dosage des sulfates :

#### ➤ Principe :

Les ions sulfates réagissent avec le baryum du réactif sulfater 5 et produit un précipité de sulfate de baryum insoluble. La quantité de turbidité formée est proportionnelle à la concentration en sulfates. Le réactif contient aussi un agent stabilisant pour maintenir le précipité en suspension.

#### ➤ Protocole expérimental :

On remplit la cuve colorimétrique avec 25 ml d'échantillon, rajoute le contenu du réactif sulfater 4 et laisse pendant une période de réaction de 5 minutes qui remplit une autre cuve (blanc) avec 25 ml d'échantillon et place le blanc dans le puits de mesure.

On Ferme le capot, l'affichage indique Réglage à zéro en pressant zéro, place l'échantillon préparé dans le puits de mesure, ferme le capot et presse Read afin l'affichage indique lecture puis quelques secondes plus tard le résultat en  $\text{mg/L}$  de sulfate ( $\text{SO}_4^{2-}$ ).

### D) Dosage des nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) :

#### ➤ Principe :

Dans le cycle de l'azote, les ions nitrites sont des intermédiaires entre l'azote ammoniacal et l'ion nitrate. Les concentrations généralement trouvées dans les eaux douces vont de 0 à quelques micromoles d'azote nitreux par litre.

#### ➤ Protocole expérimental:

Le nitrite dans l'échantillon réagit avec l'acide sulfanilique pour former un sel de diazonium qui réagit à son tour avec l'acide chromo tropique pour produire un complexe coloré rose dont la coloration est proportionnelle à la quantité de nitrite présent.



### E) Dosage du calcium :\_

#### ➤ Principe :

Quand l'EDTA est ajouté à l'eau contenant du  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$ , il se combine premièrement avec le  $\text{Ca}^{2+}$ , ce dernier peut être déterminé directement avec l'EDTA après avoir porté le PH à 12-13, dans ce cas le  $\text{Mg}^{2+}$  se précipite ; on utilise le mourexide comme indicateur capable de se combiner avec le calcium. Le mourexide (purpurate d'ammonium) est un indicateur qui en présence de l'ion  $\text{Ca}^{2+}$  se colore en rose, mais vire au violet : quand la quantité de l'EDTA est suffisante pour compléter tout le  $\text{Ca}^{2+}$ .

#### ➤ Protocole expérimental :

A cause de l'élévation de la valeur du PH utilisée dans cette méthode, il est nécessaire de titrer immédiatement après l'ajout de l'alcali, on prélève 100 ml d'échantillon ou une partie aliquote mineure dilué à 100 ml de tel façon que le  $\text{Ca}^{2+}$  sera d'environ 5-10 mg, on Ajoute 2 ml de solution 1 N de NaOH, Agite et rajoute une pincée du mélange de l'indicateur . Afin titre avec l'EDTA en agitant continuellement jusqu'au virage bleu.

### F) Dosage du magnésium :

Par différence entre la dureté totale et la dureté du calcium de cette manière, on obtient la dureté du  $\text{Mg}^{2+}$  exprimée en ppm de  $\text{CaCO}_3$ .

La dureté de  $\text{Mg}^{2+}$  est en ppm de  $\text{CaCO}_3 = \text{dureté} - \text{dureté de } \text{Ca}^{2+}$ .

### G) Dosage du sodium et du potassium :

La photométrie de la flamme est un des procédés les plus rapides et sensibles, d'analyse du sodium et du potassium sous forme de sels. L'analyse se fait en partant de leurs solutions. Il est utilisé pour la présente mesure l'appareil Dr LANGE (JENWAY). Les résultats sont donnés directement en mg/l (ISO 9964/3,1990).

## III-5-2-Paramètres de pollution (Méthodes spectrométrie) :

### A) Dosage des nitrates (azote nitrique $\text{NO}_3^-$ ) :

#### ➤ Principe :

Les nitrates représentent la forme oxydée stable de l'azote en solution aqueuse ; ils entrent dans le cycle de l'azote comme support principal de la croissance du phytoplancton (Gaujous, 1995).



### ➤ **Protocole expérimental :**

Le cadmium métallique réduit les nitrites en nitrates. L'ion nitrite réagit en milieu acide avec l'acide sulfurique du réactif pour donner un sel diazonium intermédiaire. Ce dernier réagit avec l'acide gentisique pour former une solution de couleur ambre proportionnelle à la quantité de nitrate présente dans l'eau; Nous avons toujours procédé à l'analyse immédiatement après le prélèvement. Les cas pour lesquels nous avons été empêchés, nous avons stocké à 4°C les échantillons dans des flacons propres en verre ou en plastique au maximum pendant 48 heures pour plus de précautions, nous l'acidifié avec 2ml d'acide sulfurique (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) concentré par litre d'échantillon.

### **B) Dosage d'azote ammoniacal (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) :**

#### ➤ **Principe :**

L'azote ammoniacal provient des excréments animales et de la décomposition bactérienne des composés organiques azotés. Il est utilisé par le phytoplancton comme source d'azote.

#### ➤ **Protocole expérimental :**

On prend dans une cuve 10 ml de l'échantillon et le contenu du sachet en poudre de l'Ammoniac Salicylate, on bouche et bien agite, laisse pendant 03 minutes, en présence des nitrites dans l'échantillon la couleur vire vers le rose sinon la solution reste transparente, rajoute le contenu du sachet en poudre de l'Ammoniac Cyanurate, bouche et bien agité, laisse pendant 15 minutes, en présence d'ammonium dans l'échantillon, une couleur verte se développera afin lit l'absorbance à 425nm (le blanc eau distillée).

### **C) Dosage des orthophosphates (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) :**

#### ➤ **Principe :**

Le principe de ce dosage est basé sur la réaction des ions orthophosphates avec une solution acide contenant des ions de molybdate et d'antimoine pour former un complexe d'antimonyl-phosphomolybdate. L'ajout de l'acide ascorbique donne un complexe de molybdène coloré en bleu.



### ➤ Protocole expérimental :

On remplit un volume de 40 ml d'eau à analysée dans un bécher, puis on lui ajoute 1 ml d'acide ascorbique de concentration massique 10%, et 2 ml du réactif mixte, on attend ensuite jusqu'à ce que la couleur bleue apparaisse progressivement, en mettant la solution dans l'appareil, on lit finalement la valeur affichée après avoir réglé la longueur d'onde à 880 nm.

### III-5-3-Paramètres résiduaire :

#### A) DBO<sub>5</sub> et DCO :

Analyse **DCO** avec DCOmètre (RAT 2) (Norme AEspagneNOR : ER-1091/96) (I.S.O 9001)

Détermination de la **DBO** par la méthode respirometrique (DBOmètre WTW « OXITOP SYSTEM ») 28/08/2009.

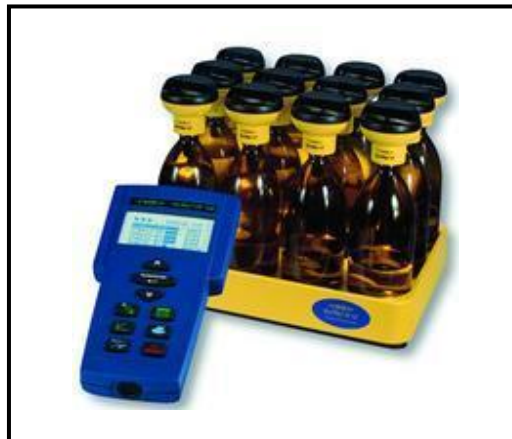


Figure III-7 : DBOmètre WTW

#### B) Matières en suspension (M.E.S) :

##### ➤ Principe :

Les particules fines en suspension dans une eau sont soit d'origine naturelle, en liaison avec les précipitations, soit produites par les rejets urbains et industriels. Leur effet néfaste est mécanique, par formation de sédiments et d'un écran empêchant la bonne pénétration de la lumière d'une part (réduction de la photosynthèse), ainsi que par colmatage des branchies des



poissons d'autre part. Leur effet est par ailleurs chimique par constitution d'une réserve de pollution potentielle dans les sédiments

### ➤ **Protocole expérimental :**

Sélectionnez le test, Mélanger 500 ml de l'échantillon dans un mélangeur à grande vitesse pendant deux minutes, on mélange l'échantillon et verse 10 ml de ce dernier dans une cuve, Agite l'échantillon pour éliminer les bulles d'aire et suspend tout résidu ensuite on lit l'absorbance a une longueur d'onde de 860 NFU.(le blanc eau distillée ou l'eau déminéralisée).

### **III-5-4-Paramètres bactériologiques :**

La méthode de dénombrement utilisée des germes fécaux (coliformes totaux, coliformes fécaux et streptocoques fécaux) est celle préconisée par l'OMS/PNUE (1995).Quant aux salmonelles et les vibrions, la méthode quantitative a été utilisée selon les étapes principales (enrichissement, isolement et identification biochimique)

---

# CHAPITRE IV :

## Résultats et discussions





**IV-1-PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES :**

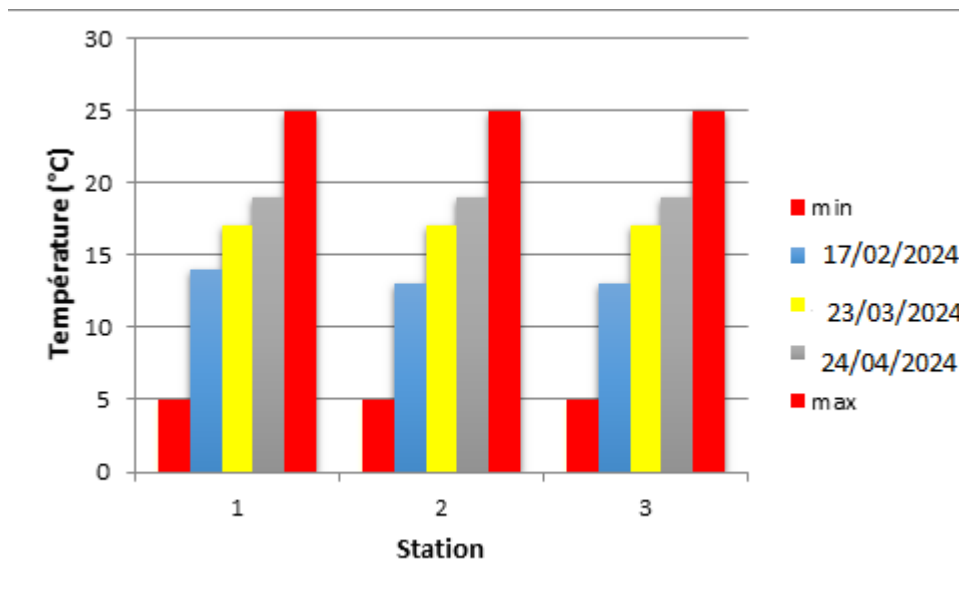
Les paramètres physico-chimiques des eaux de barrage étudié montrent la qualité des eaux. Les résultats de cette étude seront traités en discutant les paramètres mesurés. Nous avons utilisé les maximums et les minimums pour évaluer les variations de ces paramètres pour chaque station.

**IV-1-1-Paramètres physico-chimiques généraux:**

**IV-1-1-1-Température :**

Les résultats obtenus durant la période d'étude montrent que la température présente des variations similaires dans l'ensemble des stations (voir figure IV-1). Les valeurs maximales sont obtenues au mois de avril (19°C) dans l'ensemble des stations. La valeur minimale est observée en février (13°C) dans les stations 02 et 03.

Une différence de 6°C entre toutes les stations illustrent bien le caractère méditerranéen de la région au cours de cette période. La variation de la température des eaux est en lien avec celle de la température atmosphérique saisonnière et du brassage vertical.



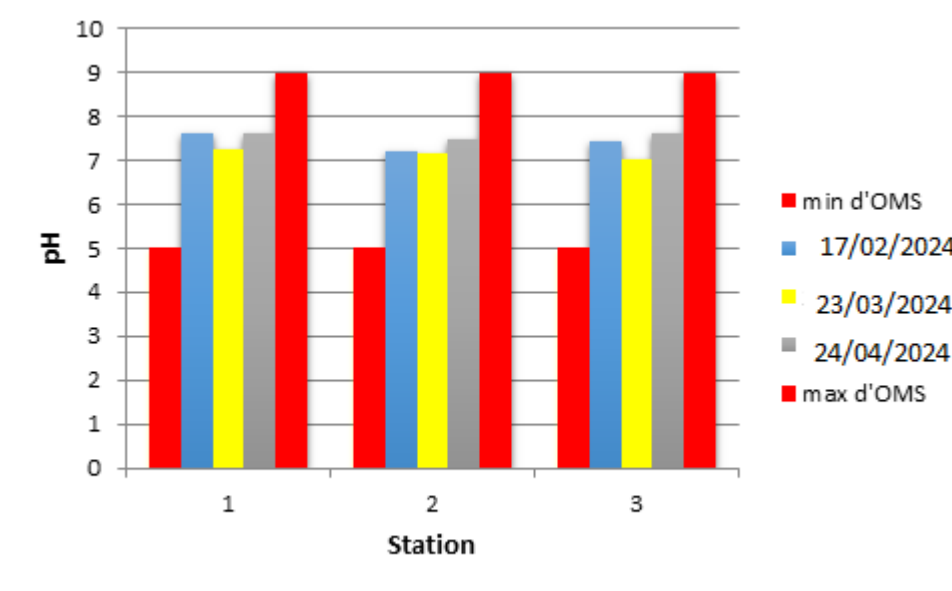
**Figure IV-1:** Variations mensuelles de la température de l'eau pour les stations 01,02et03 du barrage Beni-Zid (février - avril 2024).



**IV-1-1-2-pH :**

Le pH de l'eau est généralement compris entre 6,5 à 8,5. Nous remarquons que les écarts entre les stations ne sont pas très élevés. Les valeurs maximales sont enregistrées au mois février avec un pic de 7,61. En revanche, c'est en mars que les valeurs les plus basses sont relevées avec un pH de 7,03 (voir figure IV-2).

Le pH de l'eau du barrage est alcalin pour la station 03 (mois de février) et il dépend généralement de la nature des terrains traversés. Par contre le pH des autres stations est moins alcaline, cela est probablement lié à la dégradation de la matière organique (végétaux, selles des animaux...). Selon les normes d'OMS 1991 des eaux de surfaces. Les eaux de barrage étudié appartiennent à la classe de "bonne qualité" (05-09).



**Figure IV-2:** Variations mensuelles du pH de l'eau pour les stations 01, 02 et 03 du barrage Beni-Zid (février - avril 2024).

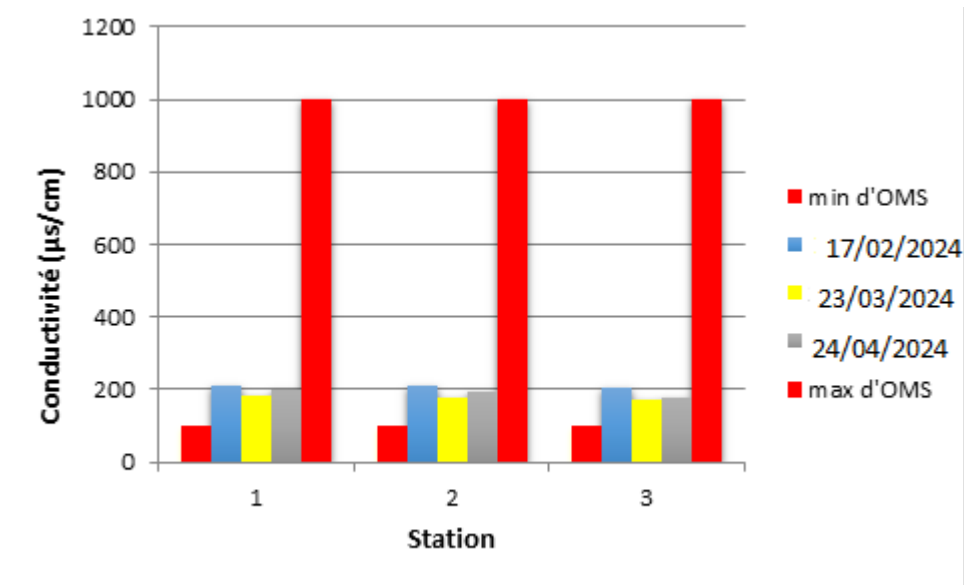
**IV-1-1-3-Conductivité (CE) :**

Les valeurs maximales de Conductivité sont relevées au mois février dans l'ensemble des stations avec un pic de 212 ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ ) dans la station 02, par contre les valeurs minimales sont enregistrées au mois de mai dans la station 03 avec 181  $\mu\text{s}/\text{cm}$ . La figure IV-3 montre les variations mensuelles de l'eau pour chacune des trois stations.

Nos résultats ont montré que les conductivités enregistrées sont assez faibles, ce qui correspond à une minéralisation peu importante.



Les valeurs obtenues sont conformes aux normes de l'OMS (180 - 1000).



**Figure IV-3:** Variations mensuelles de Conductivité de l'eau pour les stations 01,02, 03 du barrage Beni-Zid (février - avril 2024).

**IV-1-1-4-O<sub>2</sub> dissous (mg/l):**

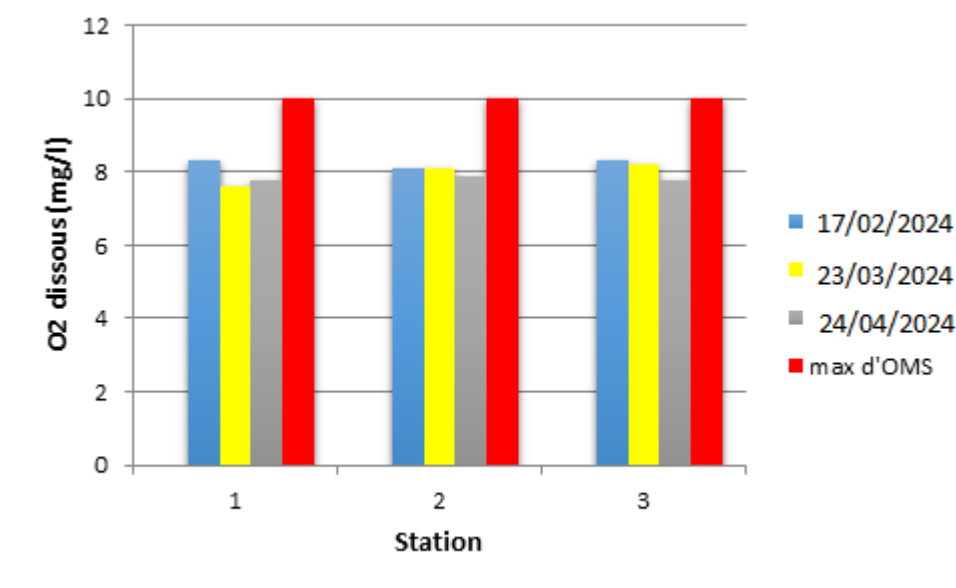
Les valeurs maximales de l'oxygène dissous sont relevées au mois février dans l'ensemble des stations avec un pic de 8,03 mg/l dans la station 01 et 03, par contre les valeurs minimales sont enregistrées en mars avec 7,63 mg/l dans la station 01. La figure III-4 montre les variations mensuelles de l'oxygène dissous de l'eau pour chacune des trois stations

La concentration en oxygène dissous est une variable d'état fondamentale, qui intervient dans beaucoup de processus. C'est également un bon indicateur de la santé d'un écosystème.

La teneur en oxygène dissous dépend de l'activité biologique du milieu, c'est-à-dire l'équilibre photosynthèse-respiration, des vents et de la température. Elle est donc la résultante d'un grand nombre de facteurs biotiques et abiotiques.

On pense que la forte oxygénation du milieu, est due vraisemblablement aux agitations mécaniques provoquées par les vents et les basses températures.

On peut conclure, du fait des teneurs relevées dans cette étude, que les eaux du barrage Beni-Zid sont de qualité excellente.

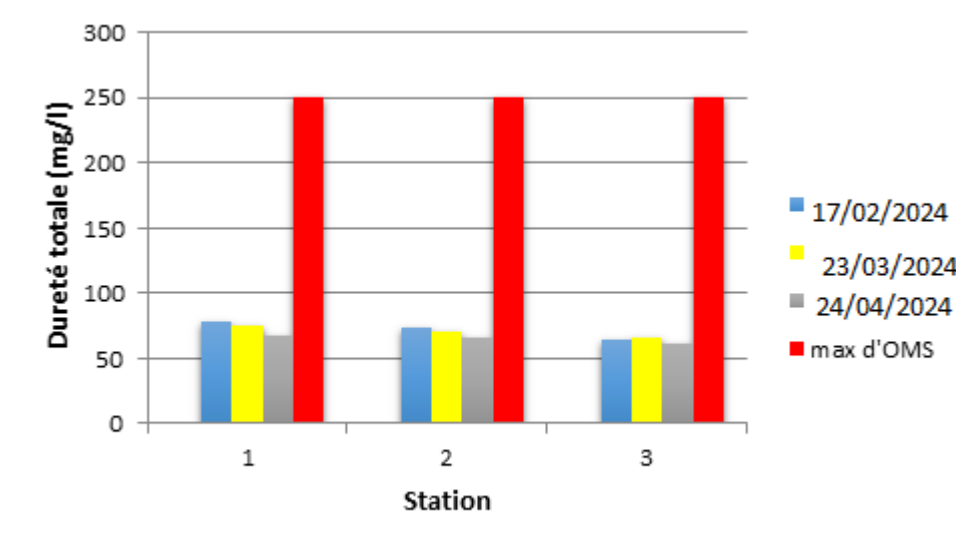


**Figure IV-4:** Variations mensuelles de O<sub>2</sub> dissous de l’eau pour les stations 01, 02,03 du barrage Beni-Zid (février - avril 2024).

**IV-1-1-5-Dureté Totale (TH) :**

Les concentrations en dureté présente une évolution similaire dans l’ensemble des stations. Les teneurs les plus élevées de dureté sont enregistrées en février, donnant un pic de 7,9 (°F) dans la station 01. En revanche la baisse concentration est enregistrée en avril dans les stations 03 avec une concentration de 6,1 (°F) (voir figure IV-5).

On peu considère que cette eau a une qualité d’une eau douce car le TH est compris entre 5 et 10 °F.



**Figure IV-5:** Variations mensuelles de dureté Totale de l’eau pour les stations 01, 02,03 du barrage Beni-Zid (février - avril 2024).



IV-2-PARAMETRES DES IONS MAJEURS:

IV-2-1-TAC (°F) :

Les valeurs maximales de la TAC (°F) sont relevées au mois février dans l'ensemble des stations avec un pic de 1.9 (°F) dans la station 01 et 03, par contre les valeurs minimales sont enregistrées en avril avec 1.1 (°F) dans la station 01. La figure III-6 montre les variations mensuelles de la TAC (°F) de l'eau pour chacune des trois stations, les faibles teneurs des duretés résultant probablement de la nature géologique des terrains.

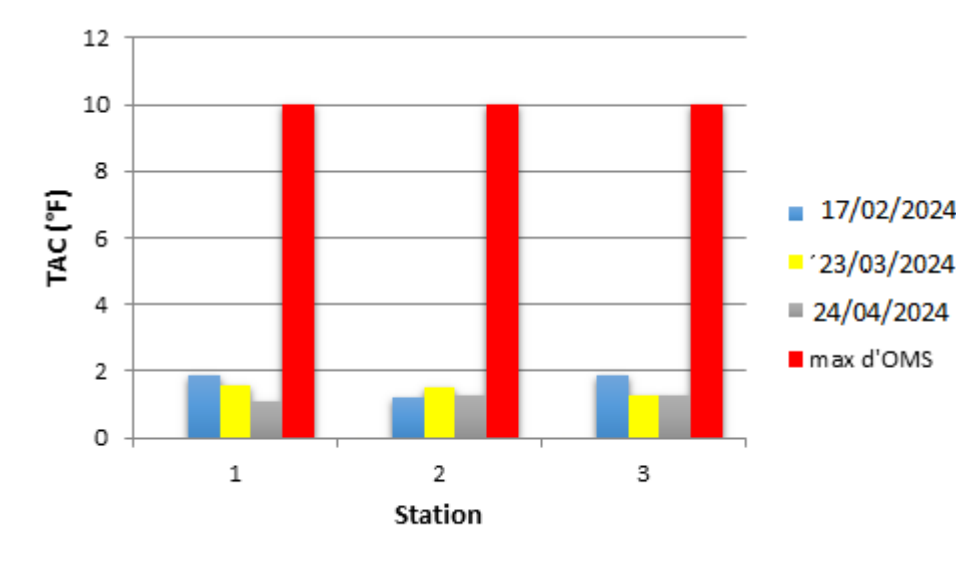


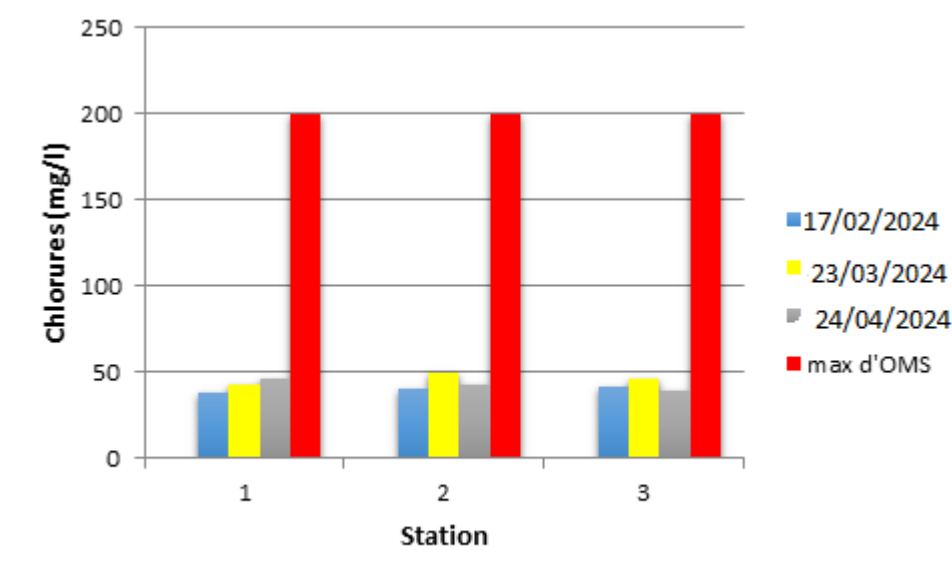
Figure IV-6: Variations mensuelles de TAC (°F) de l'eau pour les stations 01, 02,03 du barrage Beni-Zid (février - avril 2024).

III-2-2-Chlorures :

Dans les trois stations d'étude les teneurs en chlorures sont maximales au mois de mars avec un pic de 49.7 mg/l dans la station 01 par contre, les valeurs minimales sont enregistrées au mois février avec 38 mg/l (voir figure IV-7).

L'analyse des résultats montre des teneurs assez faibles en chlorures pour le barrage étudié. Ces teneurs en chlorures pourraient s'expliquer par la géologie des terrains de la région ou par une contamination directe de l'eau du barrage par des rejets domestiques surtout riches en détergents ou par l'utilisation des pesticides dans l'agriculture.

Les résultats trouvés sont conformes aux normes de l'OMS (200 mg/l).



**Figure IV-7:** Variations mensuelles de Chlorures de l’eau pour les stations 01,02,03 du barrage Beni-Zid (février - avril 2024).

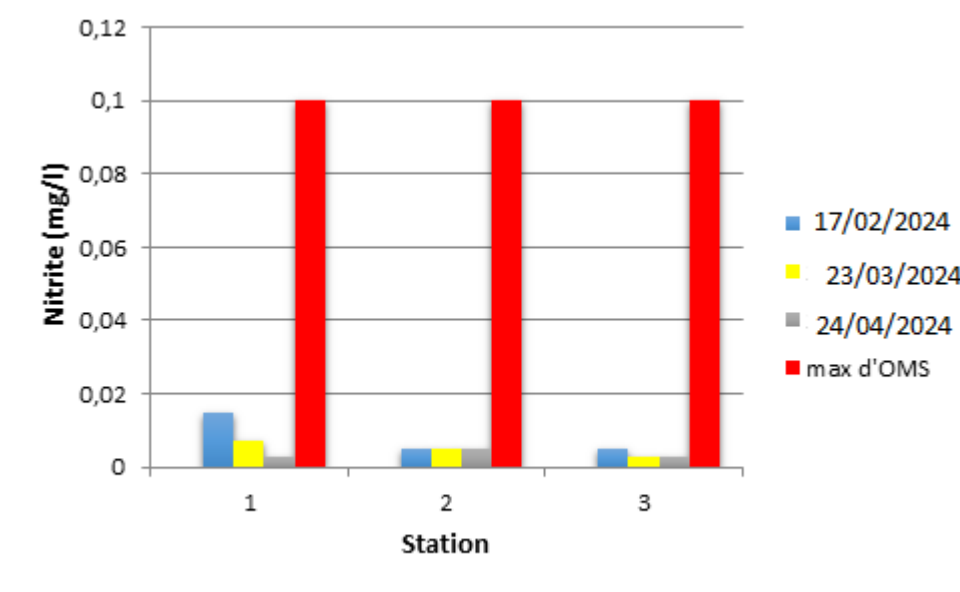
**III-2-3-Nitrite :**

Les nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) sont des ions présents de façon naturelle dans l’environnement. Ils sont le résultat d’une nitrification de l’ion ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ), présent dans l’eau et le sol, qui est oxydé en nitrites par les bactéries du genre Nitrosomonas,

Les concentrations en nitrites présentent une évolution similaire dans l’ensemble des stations. Les teneurs les plus élevées de nitrites sont enregistrées en février, donnant un pic de 0,015 mg/l dans la station 01. En revanche la baisse concentration est enregistrée en avril dans les stations 03 avec une concentration de 0,002 mg/l (voir figure IV-8).

L’augmentation des nitrites enregistrée au mois de mars probablement due à la réduction des nitrates apportée par les oueds et à une utilisation moindre par le phytoplancton pendant ce mois.

La figure 8 montre les concentrations mensuelles des nitrites dans les eaux des 03 stations du barrage Beni-Zid.

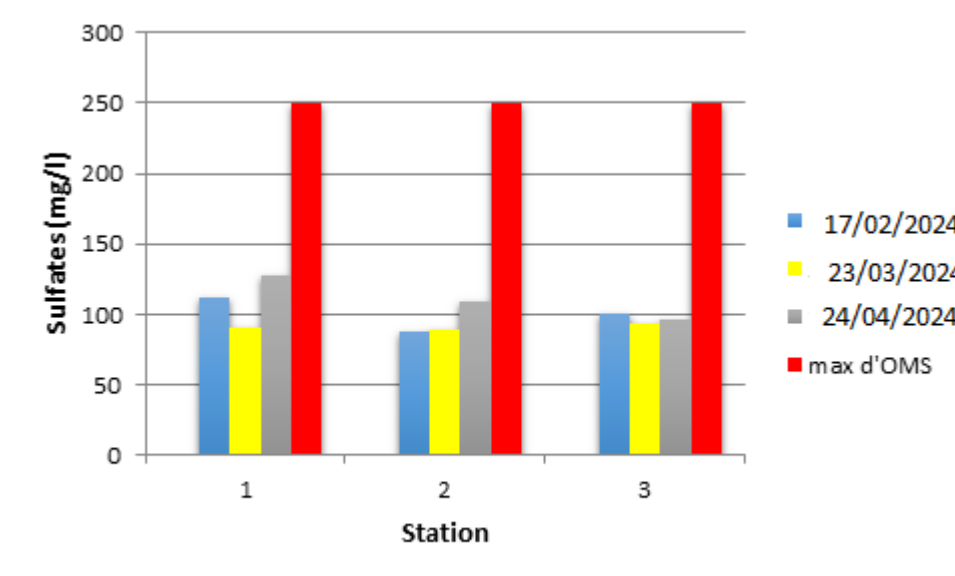


**Figure IV-8:** Variations mensuelles de Nitrite de l'eau pour les stations 01, 02,03 du barrage Beni-Zid (février - avril 2024).

### III-2-8-Sulfates

Les valeurs maximales du Sulfates sont relevées au mois d'avril dans la station 01 avec un pic de 127 mg/l dans, par contre les valeurs minimales sont enregistrées en février avec 85 mg/l dans la station 02. La figure IV-9 montre les variations mensuelles du sodium de l'eau pour chacune des trois stations.

On remarque que la teneur en potassium respecte la norme de l'OMS (250 mg/l).



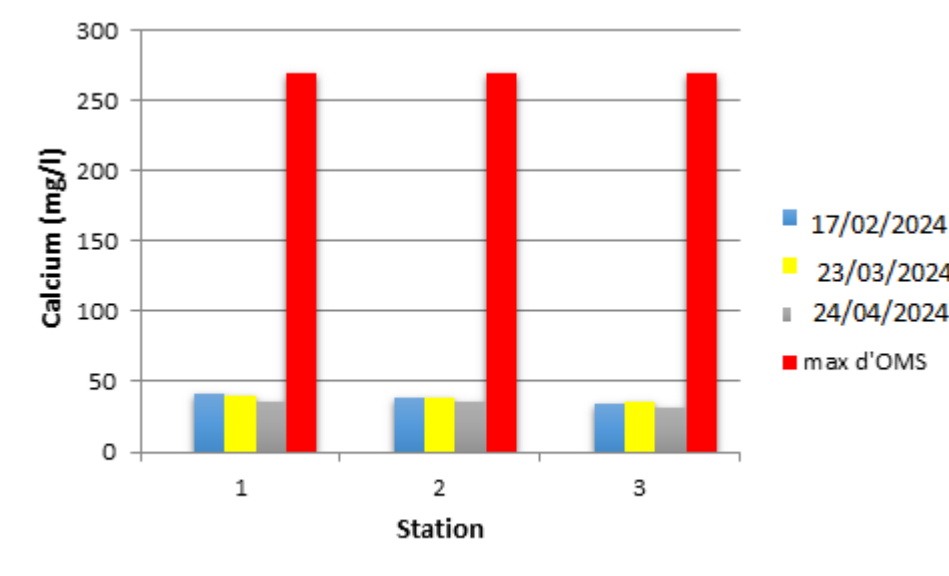
**Figure IV-9 :** Variations mensuelles de Sulfates de l'eau pour les stations 01, 02,03 du barrage Beni-Zid (février - avril 2024).



**IV-2-5-Calcium :**

Les valeurs maximales de Calcium sont relevées au mois de février dans la station 01 avec un pic de 42 mg/l, par contre les valeurs minimales sont enregistrées en mois d’avril avec 32 mg/l dans la station 03. La figure IV-10 montre les variations mensuelles de Calcium de l’eau pour chacune des trois stations.

Les valeurs trouvées sont conformes aux normes de l’OMS (270 mg/l pour le Calcium).

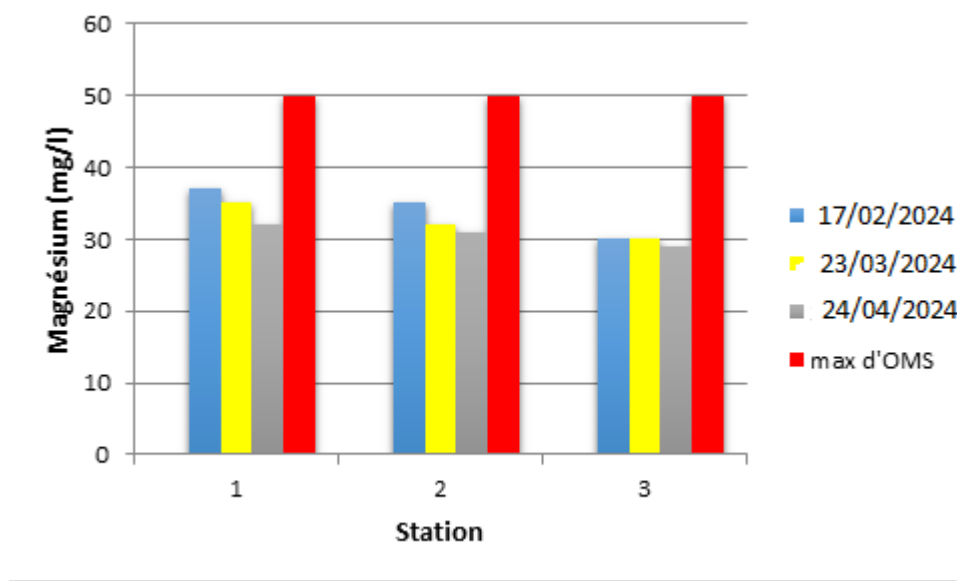


**Figure IV-10:** Variations mensuelles de Calcium pour les stations 01, 02,03 du barrage Beni-Zid (février - avril 2024).

**III-2-6-Magnésium :**

Les valeurs maximales de Magnésium sont relevées au mois de février dans la station 01 avec un pic de 37 mg/l, par contre les valeurs minimales sont enregistrées en mois d’avril avec 29 mg/l dans la station 03. La figure IV-11 montre les variations mensuelles de Magnésium de l’eau pour chacune des trois stations.

Les valeurs trouvées sont conformes aux normes de l’OMS, 50 mg/l pour le Magnésium.

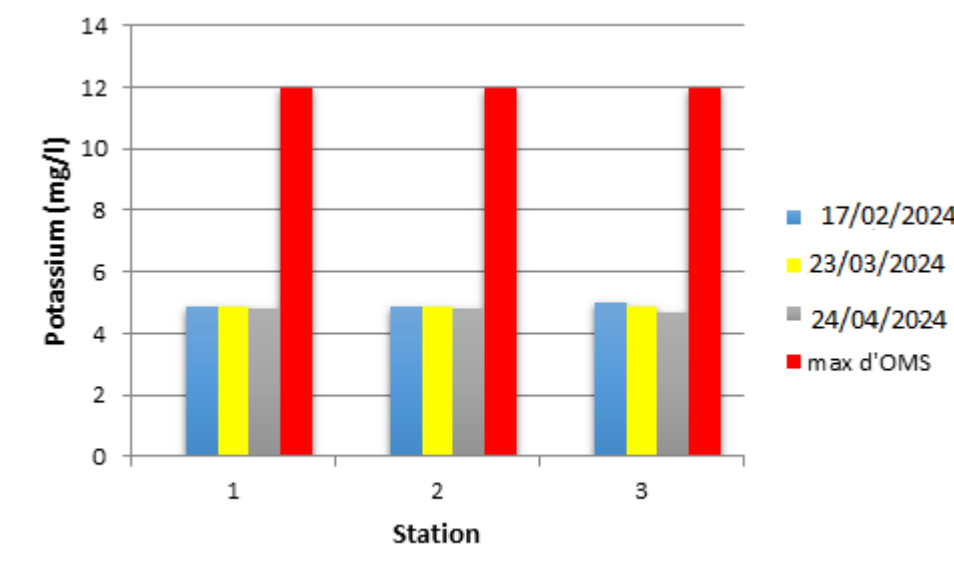


**Figure IV-11:** Variations mensuelles de Magnésium de l’eau pour les stations 01, 02,03 du barrage Beni-Zid (février - avril 2024).

**IV-2-7-Potassium**

Les valeurs maximales du potassium sont relevées au mois de février dans la station 01 avec un pic de 5 mg/l dans la station 03, par contre les valeurs minimales sont enregistrées en mois d’avril avec 4,7 mg/l dans la station 03. La figure IV-12 montre les variations mensuelles de la Calcium de l’eau pour chacune des trois stations.

On remarque que la teneur en potassium respecte la norme de l’OMS (12 mg/l),



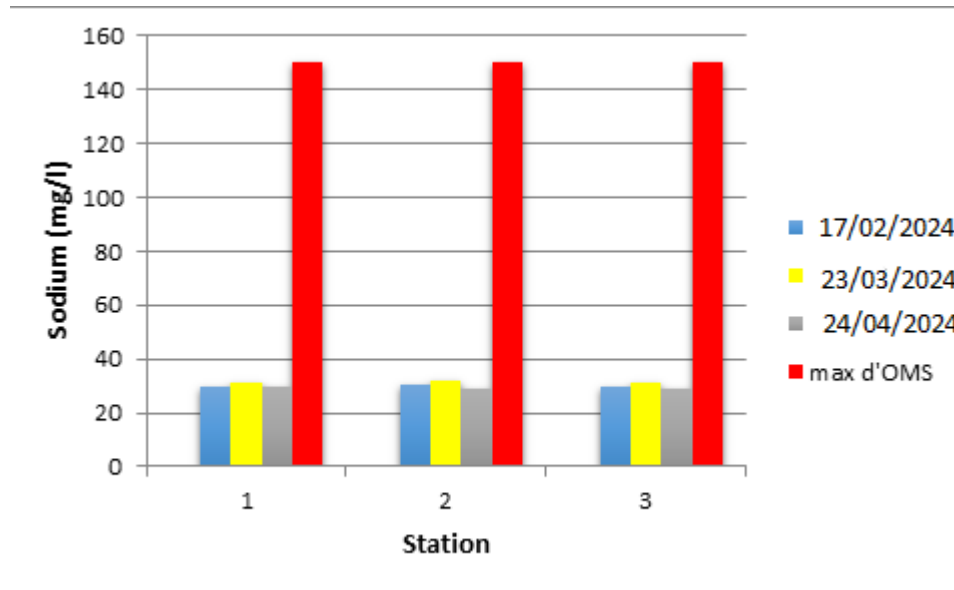
**Figure IV-12:** Variations mensuelles de potassium de l’eau pour les stations 01,02,03 du barrage Beni-Zid (février - avril 2024).



**IV-2-8-Sodium**

Les valeurs maximales du sodium sont relevées au mois de mars dans la station 01 avec un pic de 32 mg/l dans la station 02, par contre les valeurs minimales sont enregistrées en avril avec 29 mg/l dans les stations 02 et 03. La figure IV-13 montre les variations mensuelles du sodium de l'eau pour chacune des trois stations.

On remarque que la teneur en potassium respecte la norme de l'OMS (150 mg/l).



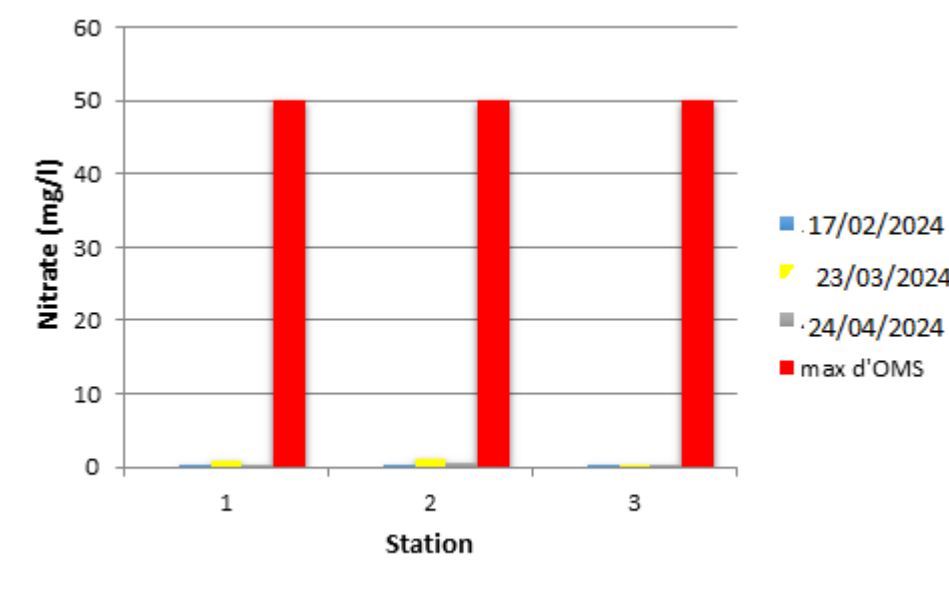
**Figure IV-13:** Variations mensuelles de Sodium de l'eau pour les stations 01, 02,03 du barrage Beni-Zid (février - avril 2024).

**IV-3-PARAMETRES DE POLLUTION :**

**IV-3-1-Nitrates (azote nitrique NO<sub>3</sub>) :**

Les concentrations en nitrate sont plus élevées sont enregistrées au mois mars dans l'ensemble des stations avec un pic de 1,1 mg/l au niveau de stations 02. En revanche, la teneur la plus basse est enregistrée au mois de février 0,19 mg/l dans la station 01. Les résultats des concentrations de nitrates de l'eau des 03 stations du barrage Beni-Zid sont représentés dans la figure IV-14.

Les nitrates ont des origines agricoles (épandage d'engrais ou élevage du bétail) après lessivage des terres agricoles. Ils proviennent aussi de la minéralisation de l'azote organique et l'oxydation de l'ammonium. Les concentrations enregistrées varient de 0,19 à 1,1 mg/l et sont inférieures à 50mg/l. Selon la classification les normes D'OMS 1991 des eaux de surfaces permettant de classer ces eaux dans la classe "bonne qualité".



**Figure IV-14:** Variations mensuelles de Nitrate de l’eau pour les stations 01, 02,03 du barrage Beni-Zid (février - avril 2024).

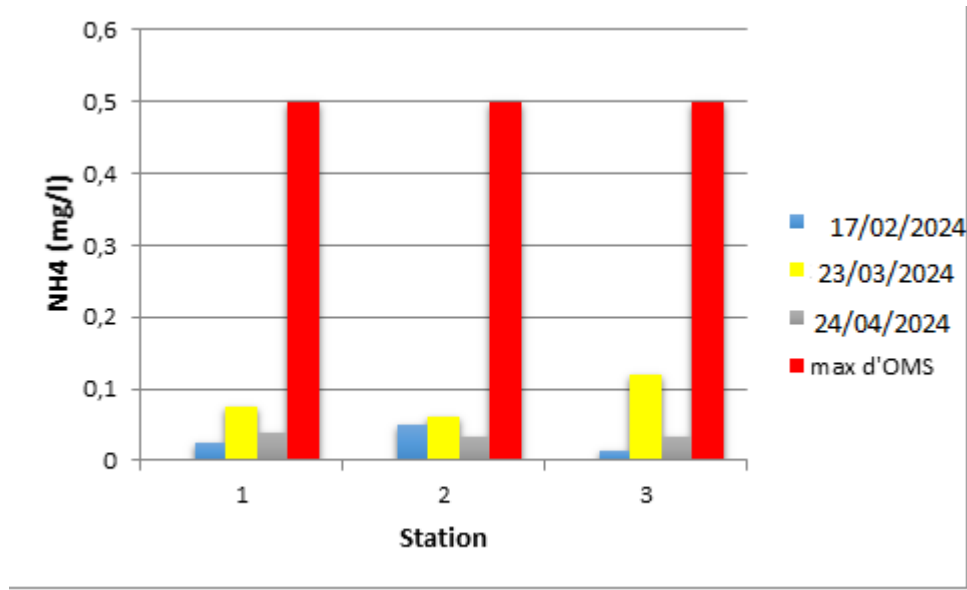
**IV-3-2- Azote ammoniacal (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>):**

La figure présente les concentrations d’azote ammoniacal de l’eau enregistrées pendant notre étude pour chacune des 03 stations.

L’examen de la figure IV-15 montre que les teneurs en azote ammoniacal ne dépassent pas 0.12 mg /l au mois mars dans la station 03. La concentration la plus basse est enregistrée au mois de février dans les stations 03 avec 0,013 mg/l.

Le pic du mois mars est expliqué par la dégradation de la matière organique (ANRH, 2007). En se référant aux valeurs guides de cet élément dans l’eau on peut conclure que les eaux du barrage Beni-Zid sont de bonne qualité.

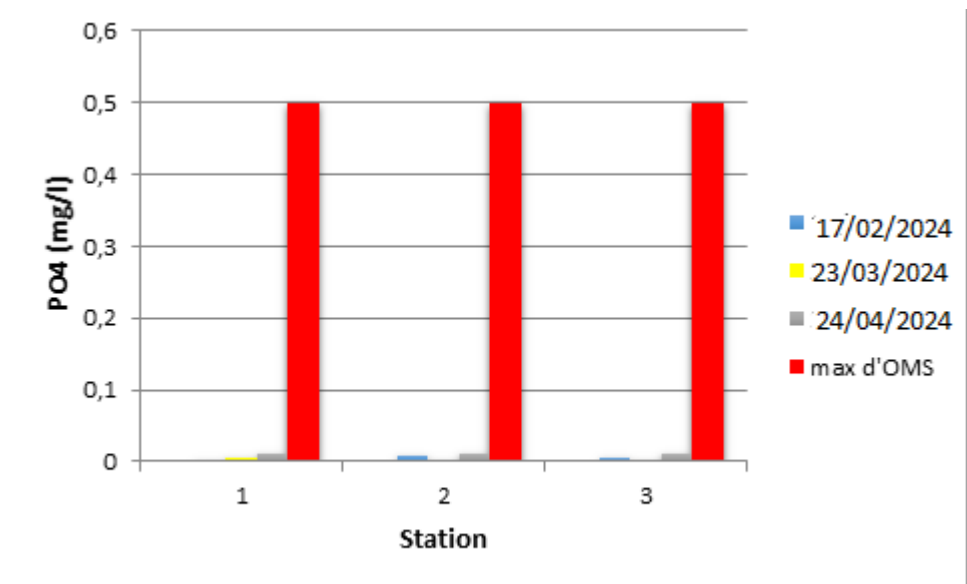
L’azote ammoniacal est présent à des teneurs très faibles et ne présage d’aucune pollution d’origine anthropique.



**Figure IV-15:** Variations mensuelles d'azote ammoniacal de l'eau pour les stations 01,02,03 du barrage Beni-Zid (février - avril 2024).

#### IV-3-3-Orthophosphate ( $PO_4^{-3}$ )

La présence de phosphore dans les eaux de surface est à relier d'une part aux rejets domestiques ou industriels, dont la part phosphorée n'est que mal traitée par les stations d'épuration et d'autre part aux entraînements par le biais de l'érosion ; on observe que dans les trois stations d'étude les teneurs en orthophosphates sont des traces (Figure III-16).



**Figure IV-16:** Variations mensuelles de orthophosphates de l'eau pour les stations 01,02, 03 du barrage Beni-Zid (février - avril 2024).



IV-4-PARAMETRES RESIDUAIRES :

IV-4-1-MES :

L'évaluation de la pollution particulaire est déterminée à travers les matières en suspension (MES).

Les valeurs maximales des MES sont relevées au mars dans l'ensemble des stations avec un pic de 17 mg/l dans la station 03, par contre les valeurs minimales sont enregistrées au mois d'avril dans la station 03. Avec 5 mg/l. La figure IV-17 montre les variations mensuelles des MES de l'eau pour chacune des trios station

Les valeurs déférent varient entre 5 et 17 mg/L, ce qui n'est pas élevé Selon la classification Marocaine des eaux piscicoles (S.E.E.E. 2007) et les normes d'OMS 1991 des eaux de surfaces les valeurs des MES devrait être inferieure à 50 mg/l, les valeurs obtenues confirment que analyse l'eau de barrage n'est pas très chargés en matières en suspension.

Ces valeurs peuvent être interprétées par la présence de matières fines, particules minérales et organiques demeurant en suspension dans l'effluent, ces matières proviennent principalement des résidus des activités agricoles. Et elles permettent de classer ces eaux dans la classe "bonne qualité".

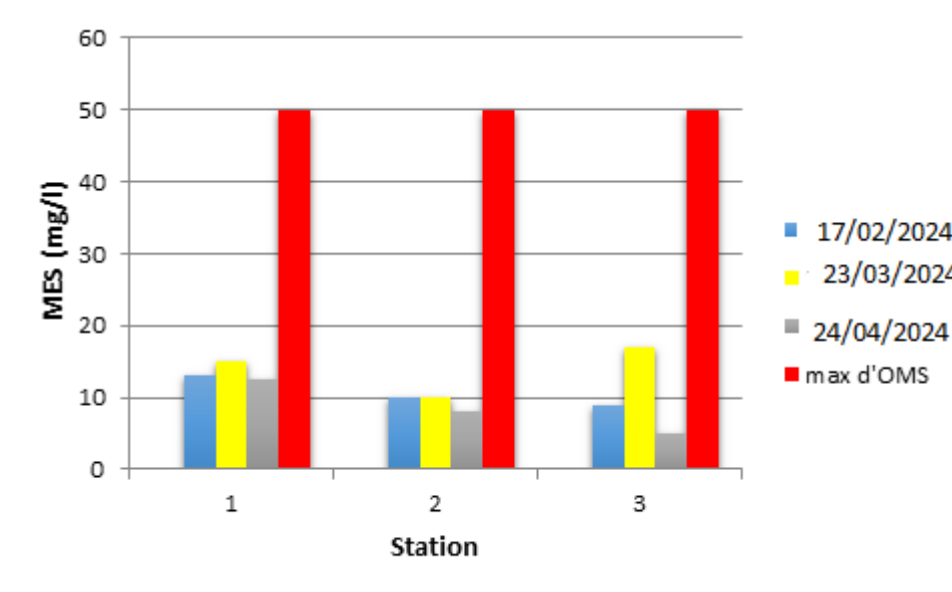


Figure IV-17: Variations mensuelles de MES de l'eau pour les stations 01,02,03 du barrage Beni-Zid (février - avril 2024).

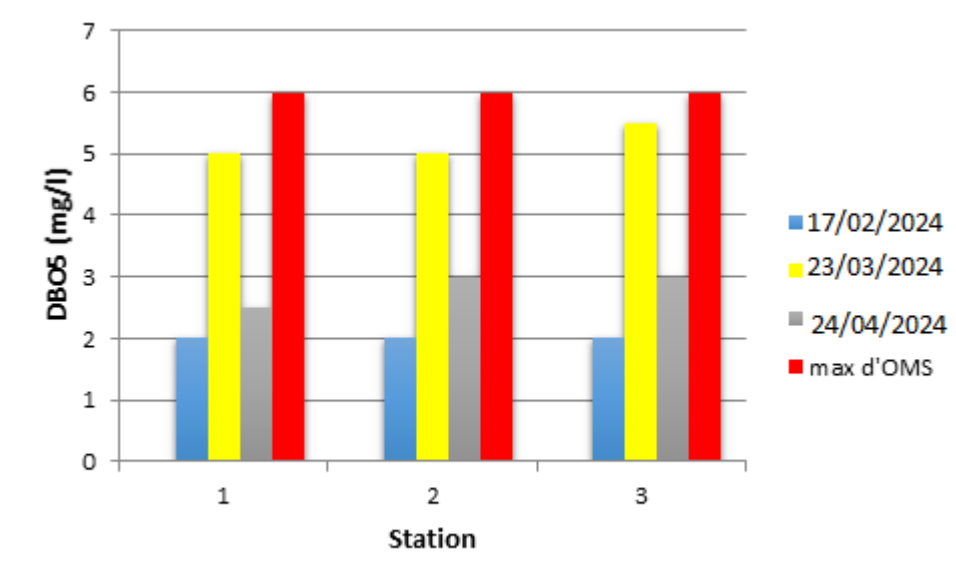


**IV-4-2-Demande biochimique en oxygène (DBO<sub>5</sub>) :**

La demande biochimique en oxygène (DBO<sub>5</sub>) sert à évaluer la concentration des polluons organique sont enregistrées au mois mars dans l’ensemble des stations avec un pic de 5,5 mg/l au niveau de stations 03. En revanche, la teneur la plus baisse est enregistrée au mois de février 02 mg/l dans la station 01,02 et 03. Les résultats des concentrations de DBO5 de l’eau des 03 stations du barrage Beni-Zid sont représentés dans la figure IV-18.

L'eau analysée contient une quantité des matières organiques biodégradables, rejetées dans le milieu naturel, ces matières organiques vont être dégradées par voie biologique ce qui va entraîner un développement de micro organismes aérobies. Cette analyse permet donc de connaître l'impact du rejet dans le milieu récepteur.

D’après les résultats obtenus, on trouve que les valeurs sont dans les normes de l’OMS (6 mg/l).



**Figure IV-18:** Variations mensuelles de DBO<sub>5</sub> de l’eau pour les stations 01,02,03 du barrage Beni-Zid (février - avril 2024).

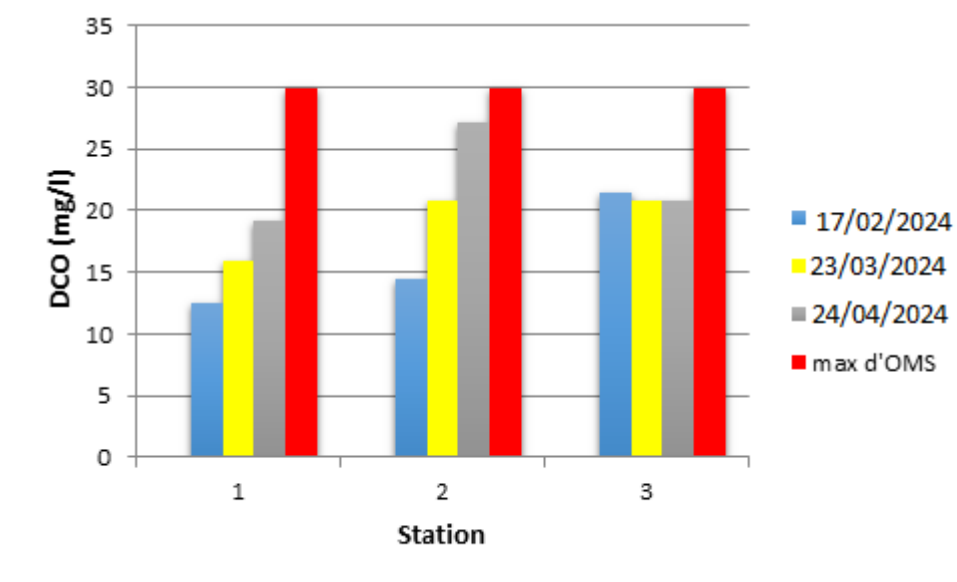
**IV-4-3-Demande chimique en oxygène (DCO) :**

La demande chimique en oxygène (DCO) est la quantité d’oxygène consommée par les matières existante dans l’eau en fait la mesure correspondant à des résultats enregistrées au mois d’avril dans l’ensemble des stations avec un pic de 27,2 mg/l au niveau de stations 02. En revanche, la teneur la plus baisse est enregistrée au mois de février 12,5 mg/l dans la station 01.



Les résultats des concentrations de DCO de l'eau des 03 stations du barrage Beni-Zid sont représentés dans la figure IV-19.

D'après les résultats obtenus, on trouve que les valeurs sont dans les normes de l'OMS (30 mg/l).



**Figure IV-19:** Variations mensuelles de DCO de l'eau pour les stations 01,02, 03 du barrage Beni-Zid (février - avril 2024).

**IV-5-PARAMETRES BACTERIOLOGIQUES:**

D'après les résultats des analyses bactériologiques (coliformes totaux, coliformes fécaux et streptocoques fécaux) réalisées sur les eaux de la station 03 (eaux destinée à la production d'eau potable) montre des valeurs se situant dans la fourchette de la norme avec 120 mg/100 ml pour les coliformes totaux et 0mg/100 ml pour les coliformes fécaux qui avec un traitement biologique et microbien suffit pour éliminer l'essentiel de la pollution.

**Tableau IV-1** les résultats d'analyse des paramètres bactériologiques.

	Coliformes totaux (mg/100ml)	Coliformes totaux (mg/100ml)	Streptocoques fécaux (mg/100ml)
<b>Résultat</b>	210	00	09
<b>Norme</b>	1500	00	1000

---

# Conclusion générale





L'eau est indispensable à la vie, sans elle il n'y aurait aucune vie possible sur terre. Le constat est simple, tous les êtres vivants ont besoin d'eau pour exister.

Pour obtenir le titre « d'eau potable » et ainsi pouvoir être consommée sans risque pour la santé, l'eau brute puisée dans les rivières, fleuves, lacs et nappes phréatiques ou récoltée grâce à l'eau de pluie doit subir de nombreux traitements. Ces opérations peuvent se faire à l'échelle d'une agglomération, dans des usines privées ou publiques.

Dans notre étude, nous avons étudié la qualité de l'eau de barrage de Bini Zid.

Ces analyses sont faites sur les eaux brutes (non traitées) du barrage et ainsi que sur les eaux traitées. Nous avons analysé un nombre conséquent de paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'eau.

Cette étude nous a permis d'aboutir aux résultats suivantes :

- ✍ Les paramètres organoleptiques indiquent que les eaux traitées sont claires.
- ✍ Les paramètres physico-chimiques liés à la composition naturelle de l'eau, comme la température, le pH, le calcium, les chlorures, et les sulfates, ne dépassent pas la norme Algérienne.

Pour les paramètres indésirables comme les nitrites, les nitrates, l'ammonium, le phosphate, les valeurs obtenues sont dans les normes de l'eau potable. Donc l'eau traitée n'est pas polluée.

Nous pouvons conclure que ces méthodes d'analyse permettant le suivi et le contrôle continu de la qualité des eaux destinées à la consommation et que les observations après analyse répondent aux normes de l'eau potable.

---

# Références bibliographiques





### Références bibliographiques

- [1] : BOEGLIN Jean-claude. Propriétés des eaux naturelles. Technique de l'ingénieur, traité environnement, G1 110.
- [2]: DEGREMONT, Mémento technique de l'eau, Technique et documentation, tome 1, 1989, P :5, 24,25.
- [3]: Barkat Kenza, « Suivi de la qualité physico-chimique des eaux du barrage Beni Haroun », Université des Frères Mentouri Constantine, 23/06/2016.
- [4] : ZARZAR Lobna, Calcul énergétique de l'installation hybride thermique pour la production d'électricité, Université de Skikda, gestion et économie de l'eau, 2018, 4-5.
- [5] : ALLOUA Fatiha, traitement des eaux potable au niveau de la station de Hamad krouma, Mémoire, Université de Skikda, Génie Mécanique, 2011,4 -10..
- [6] H.DERRDJI.KMAAFA.2 BEN AYACHE(2004), l'effet de la coagulation –floculation sur le traitement des eaux de surface « Rivière oued el Rimmel » Mémoire DEVA Université de Constantine.
- [7] Bouzaini M, (2000). L'eau de la pénurie maladie. Ed. I BN-KHALDOUN, Oran: 59-64. Bureau d'étude et de réalisation des ouvrages U.R.T.O, PADV de Hassi ben abdellah Phase 1 : rapport d'orientation:p1-4.
- [8] Emillain K. (2004), Traitement des pollutions industrielles, p 1-24
- [9] Thomas J.P Bougazelli, N. et Dgender M., 1995, Projet de parc national d'EL-Kala-Annaba-Algérie
- [10] J, Leyral G., Terret M, 2001 Microbiologie générale et appliquée. France. p 285.
- [11] OUMEDJBEUR A. 1986, Evaluation de la qualité physicochimique des eaux du bassin versant du barrage de guénitra. Thèse de doctorat troisième cycle, chimie de la pollution France.
- [12] LOUNNAS Amel, BOUACHARI Fatima, Amélioration de la clarification des eaux de barrage de la station de traitement d'eau de H-Krouma, Projet de fin d'études, Université de Skikda, 2005,p 13.
- [13] BULLETIN MENSUEL DE LA QUALITE DES EAUX DE BARRAGE (Mois de novembre 2001).



- [14] OUMEDJBEUR A.1986.Evaluation de la qualité physicochimique des eaux du bassin versant du barrage de Guénitra. Thèse de doctorat troisième cycle, chimie de la pollution France
- [15] Aminot A., Chausspiéd M. (1983). Manuel des analyses chimiques en milieu marin Cnexo. Brest. 395 p.
- [16] M.BOUCHEMAL, A.Charafeddine HAMMOUDI. « Analyse de la qualité des eaux de la station de traitement de Hammam Debagh ».Mémoire de master hydraulique. Université Larbi Ben M'hidi–Oum El Bouaghi, 2016 »
- [17] A.AOUALMIA, kh.GASMALLAH « Modélisation du système de coagulation-floculation : cas de la station de traitement de l'eau potable Ain Dalia-Souk Ahras, Juin 2015 »
- [18] A.Bedoud, I.Benouikes, A.Boukharouba. « La qualité physicochimique et bactériologique de l'eau de surface de Guelma ».Mémoire de master.Université de Guelma, 2008.
- [19] F.Imken, « Les étapes de traitement des eaux et contrôle de qualité».Mémoire de licence. UNIVERSITÉ SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH, 2015
- [20] Y.Bara, « Etude comparative de la qualité physicochimique et bactériologique de l'eau du barrage de Hammam Debagh avant et après traitement Cas de la station de traitement de Hammam Debagh –Guelma ».Mémoire de master. Université 8 Mai 1945 Guelma, 2016..
- [21] C. Djerbi, H.Talhi «.Suivi et contrôle de la qualité d'eau traitée de la station de traitement ». Mémoire de master. Université de Badji Mokhter-Annaba, 2020.
- [22] Mouchet, P. Traitement des eaux avant utilisation, Matières particulières, *édition technique de l'ingénieur, traité environnement*, volume G1173, pp1-19.
- [23] DESJARDINS Raymond, Le traitement des eaux, 2eme édition, édition de l'école polytechnique de Montréal, 1997.
- [24] Google Earth. (2014) in: [www. Google earth.com](http://www.google.com/earth)
- [25] Agence Nationale des Barrage (ANB). (1996). Etude d'exécution du barrage Béni-Zid.