

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE DES SCIENCES  
DEPARTEMENT des Sciences de  
la Nature et de la Vie

N°:.....



DOMAINE : SCIENCES DE LA  
NATURE ET DE LA VIE

FILIERE : ECOLOGIE ET  
ENVIRENEMENT

OPTION : ECOLOGIE URBAINE

Mémoire présenté pour l'obtention  
du diplôme de Master Académique

Par :

LAKHDAR Hamina Aicha

Intitulé

Contribution à l'étude de la qualité  
physico-chimique des eaux du barrage K'Sob  
de la wilaya de M'sila

*Soutenu devant le jury composé de :*

BOUNAR Rabah	Pr	Université de M'Sila	Président.
BERRIMI Nedjouda	MCB	Université de M'Sila	Encadreur.
GHADBANE Mouloud	Pr	Université de M'Sila	Examineur.

Année universitaire : 2023 /2024



## Remerciements

*Nous remercions d'abord Dieu pour Son aide dans l'accomplissement de ce travail. Ensuite...*

*Je tiens à exprimer ma gratitude et ma reconnaissance à ma superviseure, BERRIMI Nedjoudja, pour son accompagnement dans ce travail et pour tous les conseils et orientations qu'elle m'a prodigués afin de réussir à achever ce projet.*

*Je remercie également le jury pour leur présence et leur attention.*

*Enfin, j'adresse un remerciement spécial à la direction du Barrage de Kasbah et à Algérienne des Eaux (ADE) pour leur accueil chaleureux et leur soutien précieux*

*Dédicace*

*À celui dont la sagesse et les valeurs éclairées m'ont guidé et qui a joué le premier rôle dans l'accomplissement de cette étape scientifique... Mon cher père.*

*À celle qui m'a donné la vie, soutenue par ses prières et sa foi en mes capacités... Ma chère mère.*

*À mes frères et sœurs bien-aimés, je n'oublierai jamais votre soutien et votre affection.*

*À ma moitié, mon cher mari, qui m'a accompagné pas à pas dans mon travail et m'a soutenue, que Dieu te préserve pour moi.*

*Lakhdar Hamina Aïcha*

## *Résumé*

L'eau constitue le fondement et l'essence de la vie, pour cela notre travail de recherche s'est basé sur l'évaluation de la qualité physico-chimique des eaux du barrage K'Sob de la wilaya de M'sila.

Les prélèvements de l'eau du barrage ont été prélevés durant 4 mois : février, mars, juin, juillet, et analysés au niveau du laboratoire de l'Algérienne des Eaux de M'sila.

Les résultats des analyses physiques et chimiques ont montré que l'eau du barrage K'sob est de bonne qualité d'après l'Organisation mondiale de la santé (OMS, 2006) et les normes algériennes (JORA, 2014). Alors que, d'après l'ABH (2009), l'eau est polluée et classée de mauvaise qualité.

L'eau du barrage K'sob n'est pas destinée à la potabilité (JORA, 2014), mais peut être utilisée dans l'irrigation selon l'OMS, 2014.

**Mots clés :** eau, qualité, physico-chimique, barrage K'sob, polluée.

***Abstract***

Water constitutes the foundation and essence of life, for this our research work was based on the evaluation of the physicochemical quality of the water from the K'Sob dam in the wilaya of M'sila.

Water samples from the dam were taken over 4 months: February, March, June, July, and analyzed at the Algérienne des Eaux de M'sila laboratory.

The results of physical and chemical analyzes showed that the water from the K'sob dam is of good quality according to the World Health Organization (WHO, 2006) and Algerian standards (JORA, 2014). Whereas, according to the ABH (2009), the water is polluted and classified as poor quality.

The water from the K'sob dam is not intended for drinking (JORA, 2014), but can be used in irrigation according to the WHO, 2014.

**Key words:** water, quality, physico-chemical, K'sob dam, polluted.

## ملخص

تشكل المياه أساس الحياة وجوهرها، ولهذا استند عملنا البحثي إلى تقييم الجودة الفيزيائية والكيميائية للمياه من سد القصب بولاية المسيلة.

تم أخذ عينات المياه من السد على مدى 4 أشهر: فبراير، مارس، يونيو، يوليو وتم تحليلها في مختبر الجزائر للمياه بالمسيلة.

وأظهرت نتائج التحاليل الفيزيائية والكيميائية أن مياه سد كسوب ذات نوعية جيدة حسب منظمة الصحة العالمية (OMS, 2006) والمعايير الجزائرية (JORA, 2014) وحيث أنه وفقاً لـ ABH (2009)، فإن المياه ملوثة وتصنف على أنها ذات نوعية رديئة.

مياه سد قصب ليست مخصصة للشرب (JORA, 2014)، ولكن يمكن استخدامها في الري وفقاً لمنظمة الصحة العالمية، 2014.

**الكلمات المفتاحية:** المياه، الجودة، الفيزيائية والكيميائية، سد القصب، ملوث.

*Liste des Figures*

<b>Figure 1 : La répartition de l'eau sur terre (Vasco, 2017).</b> .....	2
<b>Figure 2 : Le cycle de l'eau (Sari, 2014).</b> .....	3
<b>Figure 3 : Barrage k'sob M'sila (Photo Original )</b> .....	19
<b>Figure 4 : Localisation géographique du Barrage K'Sob (M'Sila)</b> .....	20
<b>Figure 5: Les trois étapes d'études de qualité des eaux naturelles</b> .....	22
<b>Figure 6 : Station 01 ( Photo Original )</b> .....	22
<b>Figure 7 : Station 02 ( Photo Original )</b> .....	22
<b>Figure 8 : Station 04 ( Photo Original )</b> .....	22
<b>Figure 9 : Station 03 ( Photo Original )</b> .....	22
<b>Figure 10 : pH mètre</b> .....	25
<b>Figure 11 : Conductimètre</b> .....	26
<b>Figure 12 : Hach 2100N Turbidimetre</b> .....	27
<b>Figure 13 : Spectromètre</b> .....	28
<b>Figure 14 : Variation de la température dans l'eau pour les différents échantillons</b> .....	35
<b>Figure 15 : Variation spatiale du potentiel d'hydrogène (PH) dans les eaux pour les différents échantillons</b> .....	37
<b>Figure 16 : Variation spatiale de la TDS dans les eaux pour les différents échantillons.</b>	38
<b>Figure 17 : Variation spatiale CDC dans les eaux pour les différents échantillons</b> .....	39
<b>Figure 18 : Variation spatiale des <math>\text{NO}_2^-</math> dans les eaux pour les différents échantillons</b> ...	41
<b>Figure 19 : Variation spatiale des <math>\text{NO}_3^-</math> dans les eaux pour les différents</b> .....	42
<b>Figure 20 : variation spatiale <math>\text{HCO}_3^-</math> dans les eaux pour les différents échantillons</b> .....	43
<b>Figure 21 : variation spatiale des <math>\text{Cl}^-</math> dans les eaux pour les différents échantillons</b> .....	44
<b>Figure 22 : variation spatiale du <math>\text{Ca}^+</math> dans les eaux pour les différents échantillons</b> .....	46
<b>Figure 23 : Variation spatiale du <math>\text{NH}_4^+</math> dans les eaux pour les différents échantillons</b> ....	47

*Liste des Tableaux*

<b>Tableau 1 : Les principales différences entre les eaux de Surface et les eaux Souterraines (Merouani et Bouguedaha, 2013).</b> .....	5
<b>Tableau 2 : Normes OMS (2006) et Algériennes (JORA 2014) des paramètres physico-chimiques pour les eaux de surface</b> .....	15
<b>Tableau 3 : Les résultats des paramètres organoleptiques des eaux des sites d'étude</b> ....	34
<b>Tableau 4 : Tableaux des points de température des stations étudiés</b> .....	35
<b>Tableau 5 : Tableau des points potentiels hydrogènes (pH) des stations étudiées</b> .....	36
<b>Tableau 6 : Tableau des points de TDS des stations étudiées</b> .....	38
<b>Tableau 7 : Tableau des points de CDC des stations étudiées</b> .....	39
<b>Tableau 8 : Tableau des points de <math>\text{NO}_2^-</math> des stations étudiées</b> .....	40
<b>Tableau 9 : Tableau des points de <math>\text{NO}_3^-</math> des stations étudiées</b> .....	42
<b>Tableau 10 : Tableau des points de <math>\text{HCO}_3^-</math> des stations étudiées</b> .....	43
<b>Tableau 11 : Tableau des points de <math>\text{Cl}^-</math> des stations étudiées</b> .....	44
<b>Tableau 12 : Tableau des points de <math>\text{Ca}^{2+}</math> des stations étudiées</b> .....	45
<b>Tableau 13 : Tableau des points de <math>\text{NH}_4^+</math> des stations étudiées</b> .....	47

***Liste des Abréviations***

ABH: Agence de Bassin Hydrographique.

ADE : Algérienne Des Eaux

Ca : Calcium.

Cl<sup>-</sup> : Chlorures.

HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> : Bicarbonate.

NH<sub>4</sub><sup>+</sup>: L'azote ammoniacal.

NO<sub>2</sub><sup>-</sup>: Nitrites.

NO<sub>3</sub><sup>-</sup>: Nitrates.

OMS : Organisation Mondiale de la Santé.

pH : potentiel Hydrogène.

T °C : Température.

TDS : solides Totaux Dissous.

µs/cm : Micro Siemens Par Centimètre.

## Sommaire

Remerciements .....	i
Dédicace .....	ii
<i>Résumé</i> .....	iii
<i>Abstract</i> .....	iv
<i>ملخص</i> .....	v
<i>Liste des Figures</i> .....	vi
<i>Liste des Tableaux</i> .....	vii
<i>Liste des Abréviations</i> .....	viii
Introduction .....	1
CHAPITRE 01 : <i>Synthèse Bibliographique</i> .....	2
1. Définition de l'eau.....	2
2. Composition de la molécule d'eau.....	3
3. Cycle de l'eau.....	3
4. Ressources hydriques naturelles.....	4
4.1. Eaux superficielles.....	4
4.2. Eaux souterraines.....	4
4.3. Les caractéristiques des eaux superficielles et les eaux Souterraines....	5
5. Pollution Des Eaux Superficielles.....	6
6. Source De Pollution Des Eaux Superficielles.....	6
6.1. Pollution domestique.....	7
6.2. Pollution industrielle.....	7
6.3. Pollution naturelle.....	8
6.4. Pollution agricole.....	8
7. Types de la pollution.....	8
7.1. Pollution physique.....	9
7.2. Pollution mécanique.....	9

7.3.Pollution thermique.....	9
7.4.Pollution radioactive.....	10
7.5.Pollution chimique.....	10
7.6.Pollution organique.....	10
7.7.Pollution minérale.....	11
7.8.Pollution microbiologique.....	12
8.Évaluation de la pollution des eaux superficielles.....	12
8.1.Paramètres physico-chimiques.....	12
8.2.Paramètres biologiques.....	13
8.3.Paramètres hydromorphologiques.....	13
9.Qualité des eaux superficielles.....	14
9.1.Réseau de surveillance de la qualité des eaux superficielles.....	14
9.2.Normes et classes de qualité des eaux superficielles .....	14
10.Principaux paramètres physico-chimiques de la qualité des eaux.....	16
11.Paramètre de pollution .....	17
11.1.Caractéristique chimique des eaux .....	17
11.1.1.Calcium (Ca <sup>+2</sup> ) .....	17
11.1.2Magnésium (Mg <sup>+2</sup> ) .....	17
11.1.3.Chlorure (Cl <sup>-</sup> ).....	18
11.1.4.Les Nitrates (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) .....	18
11.1.5.Les Nitrites (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ).....	18
11.1.6.L'ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) .....	18
11.1.7.Les Phosphates (PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> ) .....	18
<i>CHAPITRE 02</i> :.....	<i>2Matériels</i>
.....	2
<i>Et</i> .....	2
<i>Méthodes</i> .....	2
.1Présentation de la zone d'étude : .....	19

1.1.L'importance de barrage K'sob.....	20
1.2.Situation géographique.....	20
1.3.Caractéristiques physiques du bassin versant de barrage K'Sob.....	20
1.3.1.Superficie.....	21
1.3.2.Topographie.....	21
1.3.3.Géologie.....	21
1.3.4.Climat.....	21
1.3.5.Végétation.....	21
1.3.6.Réseau hydrographique.....	21
2.Prélèvement.....	21
2.1.Campagne de prélèvement.....	22
3.Echantillonnage et analyse physico-chimique des eaux du Barrage K'sob.....	23
3.1.Technique d'échantillonnage.....	23
3.2.Les méthodes d'analyse.....	23
3.2.1.Méthodes potentiométriques.....	23
3.2.2.Méthodes colorimétriques.....	23
3.2.3.Méthodes volumétriques.....	24
3.2.4.Spectrophotométrie d'absorption moléculaire.....	24
4.Principe De Mesure Des Paramètres.....	24
4.1.Détermination du pH.....	24
4.1.1.Définition.....	24
4.1.2.Principe.....	24
4.1.3.Appareil.....	25
4.2.Détermination de la conductivité.....	25
4.2.1.Définition.....	25
4.2.2.Principe.....	25
4.2.3.Expression des résultats.....	26
4.2.4.Appareil.....	26

4.3.Détermination de la Turbidité.....	26
4.3.1.Définition.....	26
4.3.2.Principe.....	26
4.3.3.Expression des résultats.....	26
4.3.4.Appareil.....	26
4.4.Détermination de l'azote ammoniacal (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ).....	27
4.4.1.Définition.....	27
4.4.2.Principe.....	27
4.4.3.Expression des résultats.....	27
4.5.Détermination des nitrites (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ) .....	27
4.5.1.Définition.....	27
4.5.2.Principe.....	28
4.5.3.Expression des résultats.....	28
4.5.4.Appareil.....	28
4.6.Détermination Des Nitrates NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> .....	28
4.6.1.Définition.....	28
4.6.2.Principe.....	28
4.6.3.Expression des résultats.....	29
4.7.Détermination du calcium (Ca <sup>2+</sup> ) et du magnésium (Mg <sup>2+</sup> ) .....	29
4.7.1.Définition.....	29
4.7.2.Principe.....	29
4.7.3.Expression des résultats.....	29
4.8.Détermination de sodium et de potassium par photométrie de la flamme .....	30
4.8.1.Définition.....	30
4.8.2.Principe.....	30
4.8.3.Expression des résultats.....	30
4.9.Détermination des chlorures (Cl <sup>-</sup> ).....	31
4.9.1.Définition.....	31

4.9.2.Principe.....	31
4.9.3.Expression des résultats.....	31
4.10.Détermination des Sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ ).....	32
4.10.1.Définition.....	32
4.10.2.Principe.....	32
4.10.3.Expression des résultats.....	32
4.11.Détermination de l'alcalinité ( $\text{HCO}_3^-$ ).....	32
4.11.1.Définition.....	32
4.11.2.Principe.....	32
4.11.3.Expression des résultats.....	33
CHAPITRE 03: Résultats Et Discussions.....	19
..Paramètres organoleptiques.....	34
2.Paramètres physico-chimiques.....	35
2.1.La Température ( $^{\circ}\text{C}$ ).....	35
2.2.Le potentiel d'hydrogène (pH).....	36
2.3.La conductivité (TDS).....	38
2.4.CDC.....	39
2.5. $\text{NO}_2^-$ .....	40
2.6.Les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ).....	42
2.7.L'alcalinité ( $\text{HCO}_3^-$ ).....	43
2.8.Les chlorures ( $\text{Cl}^-$ ).....	44
2.9.Le calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ).....	45
2.10.L'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ).....	47
<i>Conclusion</i> .....	49
Références bibliographiques.....	51
<i>Annexe</i> .....	54

## **Introduction :**

L'eau constitue le fondement et l'essence de la vie, un élément indispensable à chaque aspect de l'existence. C'est l'élément fondamental sur lequel repose la vie, couvrant plus de 70% de la surface de la Terre et représentant environ 60 % du corps humain.

L'eau joue un rôle essentiel dans les processus biologiques et chimiques qui soutiennent la vie, enrichit la terre de sa fertilité et crée l'équilibre écologique. Elle permet aux plantes de pousser, aux animaux de survivre et aux humains de prospérer. Sans elle, aucun être vivant ne peut continuer à exister.

Bien que l'eau couvre une grande partie de la surface de la Terre, l'eau douce dont nous avons besoin pour boire, pour l'agriculture et pour l'industrie ne représente qu'une petite fraction. D'où l'importance de préserver cette ressource précieuse et d'assurer sa durabilité pour les générations futures.

L'objectif de cette étude est de déterminer la qualité des eaux utilisables pour la consommation quotidienne, l'agriculture et l'industrie par les paramètres physico-chimiques de Barrage l'Ksob.

Le contenu de cette étude s'articule en trois chapitres :

- Dans le premier chapitre, une synthèse bibliographique est proposée, présentant les informations relatives aux différents paramètres pris en considération dans cette étude, ainsi que les normes établissant la caractérisation et la qualité des eaux.
- Le deuxième chapitre offre une description de la zone étudiée, en plus du matériel et de méthodes employées pour l'évaluation des eaux.
- L'analyse des résultats obtenus pour les paramètres étudiés est développée dans le troisième chapitre.

Enfin, nous concluons notre travail par une conclusion accompagnée de recommandations.

# **CHAPITRE 01 :**

*Synthèse*

*Bibliographique*

## 1. Définition de l'eau

L'eau, dérivée de l'aqua, est un liquide incolore, inodore, insipide et à température ambiante. L'eau est perçue par les anciens comme l'un des quatre éléments essentiels, avec le feu, l'air et la terre. Son rôle est essentiel dans la vie quotidienne. Elle joue un rôle essentiel dans les activités biologiques et est le composant le plus crucial des êtres vivants (environ 70 % de leur poids en général).

La plupart (97%) de l'eau se trouve dans les océans (Figure 1), et elle est salée, ce qui la rend inaccessible à l'humanité. Cependant, les 3% d'eau douce restants ne sont pas entièrement accessibles à l'humanité. Effectivement, près de 68,3 % de cette substance se trouve sous forme solide dans les glaciers, tandis que seulement 31,4% se trouve sous forme liquide dans les nappes phréatiques, les lacs d'eau douce, les rivières et l'eau contenue dans la matière vivante, etc. Selon ASSOULINE ET ASSOULINE (2007), seulement 31,4% de ces 31,4% se présentent sous forme de vapeur d'eau dans l'atmosphère.

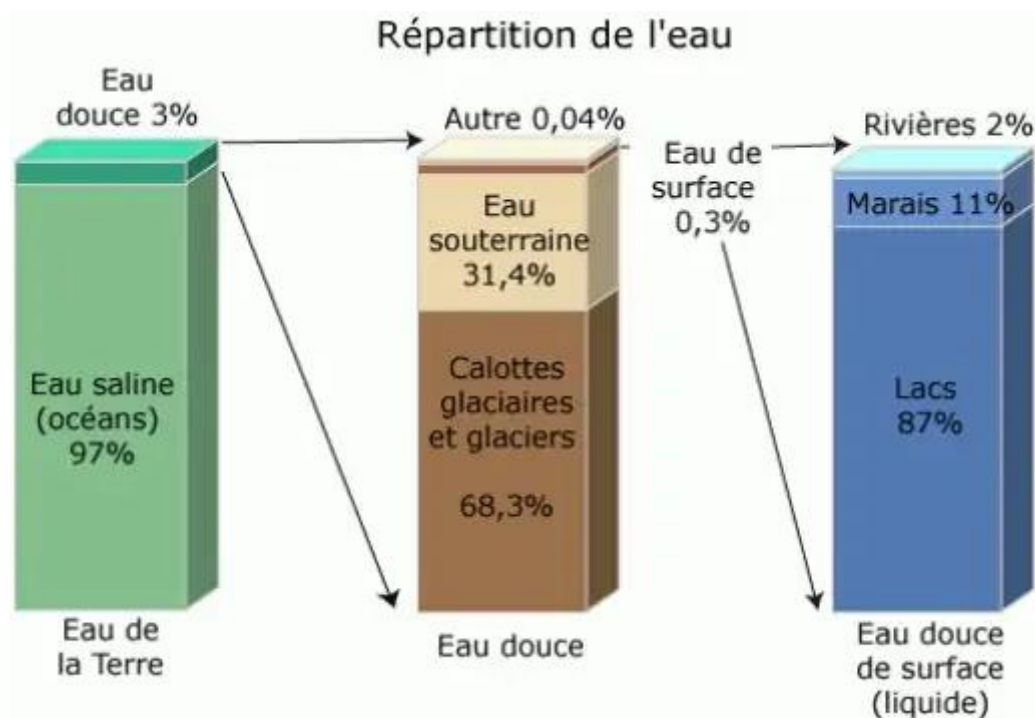


Figure 1 : La répartition de l'eau sur terre (Vasco, 2017).

## 2. Composition de la molécule d'eau

La composition chimique de l'eau est  $H_2O$ . Dans cette substance, on trouve un atome d'oxygène O qui est lié à deux atomes d'hydrogène H grâce à des liaisons covalentes. La structure de la molécule est de forme V majuscule, avec un angle au sommet proche de  $105^\circ$ .

Selon **METAHRI (2012)**, l'eau ne se limite pas à être un simple ensemble de molécules de  $H_2O$ , elle est également un solvant très efficace qui dissout de nombreux corps ioniques tels que les sels en générant des ions, ainsi que certaines substances chimiques toxiques ou non formées de molécules polaires.

Effectivement, l'eau se transforme en substances solides ou gazeuses tout au long de son parcours, en fonction de l'environnement (rivières, roches, atmosphère) dans lequel elle se déplace (**SAIDI S., 2014**).

## 3. Cycle de l'eau

Les principaux éléments du cycle de l'eau sont bien connus : l'évaporation des océans, des eaux terrestres et de la végétation, les précipitations sous forme de pluie ou de neige, l'infiltration, le ruissellement ou l'écoulement souterrain, ainsi que la sortie sur les exutoires.

Toutefois, les volumes en jeu et la durée des différentes étapes de ce cycle sont souvent ignorés (**COLLIN J., 2004**). La figure 2 ci-dessous représente le cycle de l'eau.

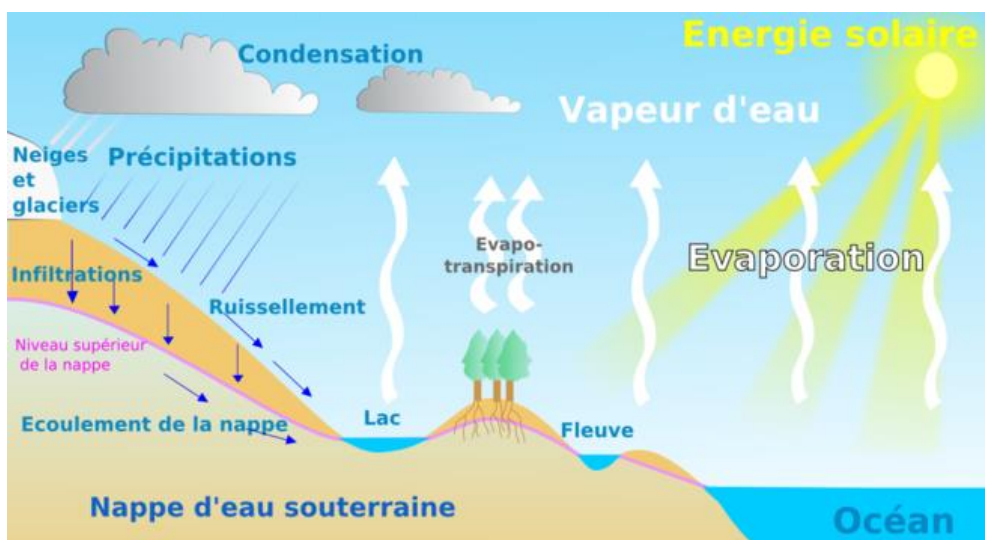


Figure 2 : Le cycle de l'eau (Sari, 2014).

## **4. Ressources hydriques naturelles**

En général, pour répondre à ses besoins individuels (comme la production d'eau pour la consommation humaine) et faciliter l'utilisation de l'eau dans ses différentes activités industrielles et agricoles, l'homme fait appel à deux types de ressources naturelles :

- Les cours d'eau à la surface (rivières, fleuves et lacs...).
- Les eaux de surface.

La nature, qu'elle soit superficielle ou souterraine, ne garantit jamais sa pureté ; c'est un environnement vivant qui absorbe rapidement différents éléments en contact avec les environnements qu'elle traverse. Il est possible que ces éléments se trouvent dans l'eau dans trois états différents (gaz, solide, liquide), qu'ils soient organiques ou minéraux, et qu'ils soient particuliers, avec des dimensions très variables (**MEROUANI S, BOUGUEDAH A., 2013**).

### **4.1. Eaux superficielles**

Elles sont formées par l'ensemble des eaux qui circulent ou sont stockées à la surface des continents. Elles proviennent soit des eaux de ruissellement, soit des nappes profondes dont l'émergence débouche sur des ruisseaux qui se transforment en rivières. Ces eaux se regroupent dans des volumes d'eau, se distinguant par une surface de contact entre l'eau et l'atmosphère toujours en mouvement et une vitesse de circulation remarquable. Il est possible de les conserver dans des réserves naturelles telles que les étangs et les lacs, ou artificielles telles que les retenues et les barrages, qui se distinguent par une surface d'échange eau-atmosphère quasiment immobile. La composition chimique des eaux superficielles varie en fonction des terrains traversés par l'eau lors de son trajet à travers tous les bassins versants. Pendant sa trajectoire, l'eau décompose les divers éléments qui composent les sols. Selon **SARI (2014)**, lorsque l'eau se trouve à la surface de l'atmosphère, elle se remplit de gaz dissous tels que l'O<sub>2</sub>, le N<sub>2</sub> et le CO<sub>2</sub>.

### **4.2. Eaux souterraines**

Les eaux non évaporées, ni rejetées à la mer par ruissellement, pénètrent dans le sol et le sous-sol et s'accumulent pour former les eaux souterraines. Selon **MEROUANI ET BOUGUEDAHA (2013)**, les caractéristiques des terrains en question influencent la

pénétration et la rétention des eaux dans le sol, en particulier leur structure, qui peut favoriser la formation de réservoirs aquifères appelés nappes.

### 4.3. Les caractéristiques des eaux superficielles et les eaux Souterraines

Les caractéristiques variées des deux types d'eau, à savoir les eaux superficielles et souterraines, seront exposées dans le tableau 01.

*Tableau 1 : Les principales différences entre les eaux de Surface et les eaux Souterraines (Merouani et Bouguedaha, 2013).*

<b>Caractéristique</b>	<b>Eaux de surface</b>	<b>Eaux de souterraines</b>
Température	Variable selon la saison.	Relativement constante.
Turbidité, MES	Variable parfois élevée.	Faible ou nulle.
Couleur	Liée surtout aux MES sauf dans les eaux très douces et acides.	Liée surtout aux matières en solutions (acides humiques).
Minéralisation globale	Variable en fonction de terrains, des précipitations.	Sensiblement constante en générale nettement plus élevée que dans les eaux de surface de la même région.
Fe +2 et Mn+2	Généralement absent, sauf en profondeur des pièces d'eaux en état d'eutrophisation	Généralement présente
CO2 agressif	Généralement absent	Souvent présent en grande quantité
O2 dissous	La plus souvent au voisinage de la saturation.	Absent la plupart du temps
H2S	Généralement présente	Souvent présent
NH4+	Présent seulement dans les eaux polluées	Présent fréquemment sans être un indice systématique de pollution bactérienne
Nitrate, Nitrite et Silice	Peu abondant en générale	Teneur souvent élevée

Micropolluant minéraux et organique	Présent dans les eaux de payes développées, mais susceptible de disparaître rapidement après suppression des sources.	Généralement absents mais une pollution accidentelle subsiste beaucoup plus longtemps.
Elément vivants	Bactérie (dont certain pathogène) virus, plancton (animale et végétale).	Ferro bactérie fréquents.

## 5. Pollution Des Eaux Superficielles

La pollution de l'eau désigne un état de qualité d'impuretés ou de détérioration des eaux hydrologiques d'une région spécifique, telle qu'un bassin versant. Cet état découle d'un événement ou d'un processus qui diminue l'utilisation des eaux à travers le monde, notamment en ce qui concerne la santé des êtres humains et les conséquences sur l'écosystème. La pollution désigne la perte de pureté causée par la contamination, ce qui peut être causé par l'intrusion d'une source extérieure ou le contact avec cette source. Par altération, on fait référence à des niveaux de pollution des eaux extrêmement bas, tels que lorsqu'elles commencent à devenir moins propres. Le terme "souillure" fait référence à l'effet de la pollution et représente une violation ou une détérioration. (STELLMAN J M., (2000)).

La pollution est causée par toute substance physique, chimique ou biologique qui est rejetée dans une eau naturelle, perturbant ainsi son équilibre, entraînant des nuisances importantes (mauvaise odeur, fermentation, divers inconforts, risques sanitaires, etc.) et qui a un impact à court ou à long terme sur notre organisme. (LADJEL F., (2006)).

La pollution des eaux se produit lorsque des substances ou des agents contaminants sont introduits dans les rivières, les lacs, les mers et les océans, ce qui entraîne des changements néfastes dans leurs caractéristiques physiques, chimiques et biologiques. Cette modification peut avoir des conséquences néfastes sur la vie aquatique, la santé humaine et l'utilisation de l'eau pour différentes utilisations. (Ministère de la Transition écologique et solidaire : Les polluants des eaux superficielles.)

## 6. Source De Pollution Des Eaux Superficielles

Diverses activités humaines peuvent causer des conséquences néfastes sur nos cours d'eau, lacs, mers et nappes phréatiques du pays. La qualité de l'eau est impactée par des émissions directes, comme celles provenant d'une usine ou d'une station d'épuration des eaux usées : cela est connu sous le nom de « pollution occasionnelle ».

La pollution à partir de différentes sources, comme les engrais et les pesticides utilisés dans les activités agricoles, ainsi que les polluants rejetés dans l'air par l'industrie, se propagent ensuite au sol et en mer : c'est ce que l'on appelle la « pollution diffuse ».

L'agriculture et les centrales à combustible fossile sont les principales sources de pollution de l'eau, tandis que la pollution diffuse est principalement causée par le traitement des eaux usées et des eaux d'égout. Il est important de noter que, même si les stations d'épuration des eaux usées sont considérées comme des sources de "pollution ponctuelle", elles ne sont pas en réalité la principale source, car elles sont simplement utilisées pour traiter ce que nous déversons dans nos toilettes et nos éviers. (**Les types de pollutions de l'eau - Persée (persee.fr)**).

### 6.1. Pollution domestique

En général, elle provient des maisons et est transportée par le réseau d'assainissement jusqu'à la station d'épuration. La pollution à domicile se distingue par :

- La présence de germes fécaux.
- Une grande quantité de matières organiques.
- Des minéraux tels que l'azote et le phosphore.
- Des détergents. En quittant la station d'épuration, les mêmes éléments sont présents en quantité inférieure (50 à 90 extraits), mais le point de rejet est concentré. (**MABROUKI KH., SAOUDI H., (2020)**).

### 6.2. Pollution industrielle

On retrouve dans les usines une grande variété de polluants en fonction de l'utilisation de l'eau, tels que :

- Les hydrocarbures (raffinerie) ;
- Les métaux (traitement de la surface) ;
- Les acides, les bases, les produits chimiques divers (industrie chimique) ;
- L'eau chaude (circuit de refroidissement des centrales thermiques) ;
- Les matières radioactives (centres nucléaires, traitement des déchets radioactifs). (**AURIE C., FERRA CH., MEDORI P., DEVAUX J., (2012)**)

### **6.3. Pollution naturelle**

L'eau est un liquide essentiel pour chaque individu, car elle représente 65 % du poids du corps humain. C'est la partie la plus importante de notre système sanguin qui a pour mission, entre autres, de purifier nos reins des substances toxiques. De la même manière que l'eau nous permet de survivre et de flotter, elle est également à l'origine de diverses activités humaines, comme l'industrie et l'exploitation minière. Il revêt une importance capitale pour tous les modes de vie, il est donc essentiel de prendre soin de son utilisation et de son entretien, car il existe des polluants, qu'ils soient artificiels, engendrés par l'homme ou naturels, qui peuvent la mettre en péril.

Bien que cela ne semble pas être le cas, il y a différents éléments présents dans l'eau. Il est donc tout à fait normal que les éléments les plus naturels soient également responsables de la pollution de l'eau des cours d'eau, des mers et des lacs, par exemple. Les polluants naturels des eaux désignent tous les phénomènes ou éléments naturels qui ont un impact négatif sur la nature et sont provoqués par l'activité humaine. Toutefois, nos actions aggravent souvent ces polluants naturels.

Il existe diverses catégories de pollution naturelle : **W.S1**

- Changement climatique ;
- Inondations ;
- Erosion côtière ;
- Explosions volcaniques ;
- Organismes bactériens ;

### **6.4. Pollution agricole**

Les cultures et les fermes sont à l'origine de cette pollution. Les principaux polluants sont :

- Des sels minéraux en grande quantité (comme l'azote, le potassium et le phosphore).
- Des produits chimiques (comme les produits phytosanitaires et les herbicides).

**(AURIE C., FERRA CH., MEDORI P., DEVAUX J., (2012))**

## **7. Types de la pollution**

L'eau constitue une ressource essentielle pour les activités humaines, mais elle offre également un environnement de vie privilégié. En raison du cycle de l'eau, il est possible que

les écosystèmes aquatiques (les eaux continentales ou océaniques) soient exposés à des pollutions accidentelles ou chroniques.

En déversant des déchets contaminés dans les eaux, les activités humaines, qu'elles soient industrielles, agricoles ou urbaines, causent une pollution des eaux. Il est possible d'identifier trois catégories principales de pollution : la pollution physique, chimique et biologique.

Les eaux de surface ou souterraines ne sont pas contaminées uniquement par le déversement de substances ou d'effluents contaminés dans le milieu aquatique. En réalité, les eaux de pluie permettent aux polluants qui sont rejetés dans l'atmosphère de se déposer sur les sols et de nettoyer les zones polluées par le ruissellement. Ainsi, ces xénobiotiques peuvent se rendre dans l'environnement aquatique.

La contamination des eaux de surface s'est étendue à travers de multiples actions humaines telles que la déforestation, l'érosion causée par les activités humaines, la construction de barrages, la circulation des rivières, le comblement des zones humides et l'extraction de granulats. (TOUATI L., (2021)).

### **7.1. Pollution physique**

C'est une forme de pollution qui se manifeste par la présence de particules de taille et de matière très diverses dans l'eau, ce qui lui confère une qualité perturbante. Les matières décantées (plus lourdes que l'eau elle-même), les matières flottables (plus légères que l'eau elle-même) et les matières non séparables (de même densité que l'eau) sont également identifiées (BOUZIANI M., (2000)).

### **7.2. Pollution mécanique**

Les décharges de déchets et de particules solides provenant des eaux résiduaires industrielles, ainsi que des eaux de ruissellement, sont responsables de la pollution mécanique. Ces polluants peuvent être soit des éléments grossiers, soit du sable, soit des matières en suspension. (Les types de pollutions de l'eau - Persée ([persee.fr](http://persee.fr))).

### **7.3. Pollution thermique**

De nos jours, le rejet de chaleur dans l'environnement est considéré comme une forme de pollution physique du milieu naturel qui peut entraîner de véritables perturbations

biocénétiques car il agit sur un élément essentiel de l'écosystème : la température du milieu. En augmentant la température de l'eau, la teneur en oxygène diminue et la réactivité chimique augmente. (TOUATI L., (2021)).

#### **7.4. Pollution radioactive**

La présence de substances radioactives dans les eaux constitue un problème de plus en plus sérieux, ayant un impact direct sur les populations aquatiques en raison de la toxicité propre de ces substances et des propriétés cancérogènes et mutagènes de ses rayonnements. (BENNENI H., BOUARISSA B., (2020)).

#### **7.5. Pollution chimique**

Les unités industrielles sont principalement responsables de la pollution chimique de l'eau en déversant des polluants organiques et des sels de métaux lourds.

La pollution chimique des sources et des nappes souterraines est également causée par l'enrichissement des sols pour renforcer l'agriculture en utilisant différentes catégories d'engrais et de pesticides. On regroupe les polluants chimiques en cinq catégories. (AROUA A., (1994)).

- Les substances chimiques considérées comme indésirables (comme le nitrate, les composés phosphorés et les sels ammoniacaux).
- Les substances chimiques nocives.
- Les pesticides et leurs produits similaires.
- Les hydrocarbures.
- Les détergents.

#### **7.6. Pollution organique**

Les effluents contenant des matières organiques fermentescibles (biodégradables) provenant des industries alimentaires et agroalimentaires (laiteries, abattoirs, sucreries...), ainsi que des déjections humaines et des graisses, sont les principales sources de pollution. Les polluants organiques sont principalement les détergents, les pesticides et les hydrocarbures. (BENNENI H., BOUARISSA B., (2020)).

- Les détergents sont des substances tensioactives fabriquées à partir de déchets urbains et industriels, qui se retrouvent dans les eaux. Les désagréments causés par l'usage des détergents comprennent :
  - L'émergence d'un goût de savon ;
  - La création de mousse qui entrave le processus d'épuration naturelle ou artificielle
  - Le ralentissement du transfert et de la dissolution de l'oxygène dans l'eau.
  
- Les substances chimiques : En général, les pesticides sont considérés comme des produits agricoles et leurs conséquences néfastes sont liées aux caractéristiques suivantes:
  - La rétention et la stabilité chimique entraînent une accumulation dans les chaînes alimentaires.
  - Détérioration de l'harmonie naturelle.
  
- Les hydrocarbures sont des substances provenant des industries pétrolières et des transports, qui sont peu solubles dans l'eau et difficilement biodégradables. En raison de leur densité inférieure à celle de l'eau, elles peuvent surnager. Au niveau de la surface, ils créent un film qui perturbe les échanges de gaz avec l'environnement.

### 7.7. Pollution minérale

La présence de minéraux dans les eaux peut entraîner des perturbations dans la croissance des plantes ou des problèmes physiologiques chez les animaux. Les métaux lourds et les éléments minéraux nutritifs sont les principaux polluants minéraux. (**MAYET J., (1994)**).

Le mercure (Hg), le cadmium (Cd), le plomb, l'argent (Ag), le cuivre (Cu), le chrome (Cr), le nickel (Ni) et le zinc (Zn) sont les métaux lourds les plus courants. Ces substances, même si elles peuvent provenir de sources naturelles telles que les roches du sous-sol ou les minerais, sont principalement causées par la pollution des eaux causée par des rejets d'activités industrielles variées. Ils se distinguent par leur capacité à se regrouper dans les organismes vivants et dans la chaîne trophique. (**BENNENI H., BOUARISSA B., (2020)**).

Les minéraux nutritifs tels que le potassium, les nitrures et les phosphates : Ils peuvent avoir des conséquences néfastes sur la santé des êtres humains et la qualité des eaux superficielles en présence dans les eaux usées. Le taux de potassium dans les déchets

secondaires varie de 10 à 30 mg/l. Ainsi, il peut satisfaire une partie des exigences des plantes. (FABY J.A., BRISSAUD F., (1997)).

Les nitrates et les phosphates, qui apportent de l'azote à la plante, présentent les plus de difficultés. Effectivement, en surplus, ils peuvent entraîner divers effets néfastes tels que l'eutrophisation des écosystèmes aquatiques. (MIQUEL G., 2003).

### **7.8. Pollution microbiologique**

Les bactéries, les virus, les protozoaires et les helminthes sont les principales catégories de microorganismes pathogènes présents dans l'eau. L'évaluation pratique de la qualité microbiologique des eaux est réalisée en utilisant des organismes appelés « indicateurs ». (BENNENI H., BOUARISSA B., (2020)).

Les bactéries les plus adaptées pour détecter la contamination fécale sont les Coliformes appelées Escherichia coli et les Entérocoques fécaux ou intestinaux, qui sont des anaérobies sulfitoréducteurs. (RODIER J., LEGUBE B., MERLET N., et COLL., (2009)).

## **8. Évaluation de la pollution des eaux superficielles**

La mesure de la pollution des eaux superficielles est un processus complexe et holistique qui tient compte de différents éléments :

### **8.1. Paramètres physico-chimiques**

- Un faible taux d'oxygène dissous (< 5 mg/L) témoigne d'une pollution organique significative.
- Un pH qui dépasse la plage optimale (6,5-8,5) peut avoir des conséquences néfastes sur la vie aquatique.
- En augmentant la température, il est possible de diminuer la solubilité de l'oxygène et de favoriser la croissance des algues.
- La conductivité électrique élevée peut témoigner de la présence de substances dissoutes.
- Un excès de nitrates et de phosphates dans les nutriments peut entraîner une eutrophisation.

- La présence de particules en suspension peut altérer la clarté de l'eau et causer des dommages aux organismes aquatiques. (**Ministère de la Transition écologique et solidaire - Qualité des eaux superficielles**)

## **8.2. Paramètres biologiques**

La composition des populations d'invertébrés peut être un indicateur de la qualité de l'eau en fonction de la présence ou de l'absence de certains groupes d'invertébrés sensibles à la pollution.

La variété des plantes aquatiques peut être considérée comme un indicateur de la santé de l'environnement.

La présence d'algues nuisibles peut entraîner des conséquences préjudiciables sur la santé des êtres humains et des animaux. (**Onema - Surveillance de la qualité des eaux superficielles**)

## **8.3. Paramètres hydromorphologiques**

Le débit du cours d'eau peut restreindre la capacité d'absorption des polluants. La diversité des habitats aquatiques est essentielle grâce à la structure du lit du cours d'eau, qui comprend des zones de sédimentation et des rapides. (**Agence de l'eau - Évaluation de l'état des masses d'eau**).

Les eaux de surface sont les principales sources d'eau potable. La consommation de ces eaux est souvent déconseillée en raison de la pollution causée par nos activités urbaines, industrielles et agricoles. En réalité, la qualité des eaux de surface fluctue considérablement en fonction de leur provenance. En fonction des circonstances, elles renferment naturellement une grande quantité de matières en suspension et d'éléments organiques naturels, ainsi que des acides peu minéralisés. Cependant, leur qualité varie en fonction des régions et des périodes de l'année, et la nature et l'intensité des activités ne permettent pas toujours à l'eau de diluer ou de neutraliser la pollution à un niveau acceptable, ce qui rend l'eau inapte à la consommation humaine. (**LARBI, 2004**).

Ainsi, les eaux de surface requièrent des infrastructures de traitement étendues, qui incluent habituellement des procédés de chloration, de coagulation, de floculation, de décantation/flottation, de filtration et de minérisation. Étant donné que les charges en suspension et en solution peuvent contenir des polluants, les eaux de surface riches en matières en suspension ou substances dissoutes ne peuvent généralement être utilisées à des

fins domestiques ou industrielles qu'après un traitement approprié pour obtenir une eau traitée ou potable. (HAMED, AL., 2012).

## **9. Qualité des eaux superficielles**

### **9.1. Réseau de surveillance de la qualité des eaux superficielles**

Depuis 1984, l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH) a instauré un réseau de suivi de la qualité des eaux superficielles qui compte plus de 39 stations en 2006 (Antenne Régionale Est). Ce réseau couvre tous les barrages utilisés pour l'approvisionnement en eau potable (A.E.P), ainsi que les principaux cours d'eau. Il permet de déterminer les régions contaminées ou à risque de contamination.

Les mesures incluent les éléments suivants : la température, le pH, la conductivité électrique, l'oxygène dissous, la turbidité, les matières en suspension, les résidus secs, le magnésium, le sodium, le potassium, les chlorures, les sulfates, les carbonates, les bicarbonates, la demande chimique en oxygène (DCO), la demande biologique en oxygène à cinq jours (DBO5), le manganèse, le fer, le cuivre, le zinc, le magnésium, les matières organiques, en phosphates (PO4), en ammonium (NH4), en nitrates (NO3), en nitrites (NO2). (ABH., 1999).

### **9.2. Normes et classes de qualité des eaux superficielles :**

La qualité des eaux varie considérablement au fil du temps et de l'espace, et elle est également influencée par divers facteurs. Pour mieux appréhender l'état global d'une eau de surface et pouvoir suivre son évolution au fil du temps, nous avons pris en compte les normes algériennes (JO n°11/18, 2011) ainsi que celles de l'OMS, ainsi que les normes françaises afin d'obtenir une représentation complète de la qualité des eaux de surface(tableau01).

Un outil d'évaluation a été développé par le SEQ (Système d'Evaluation de la Qualité des eaux superficielles) afin de fournir une vision globale de l'état d'une eau superficielle et de suivre son évolution au fil du temps. La classification des eaux superficielles par l'ABH (Agence de Bassin Hydrographique) est basée sur le SEQ eau (tableaux 01). La classification est basée sur un système de classification de la qualité des eaux superficielles. (ABDELKRIM N., BAABOUCHE S., (2023))

**Tableau 2 : Normes OMS (2006) et Algériennes (JORA, 2014) des paramètres physico-chimiques pour les eaux de surface**

Substances	Unité	Normes OMS (2006)	Normes Algériennes (JORA 2014)
Température	°C	25	25
Alcalinité	mg/l en CaCO <sub>3</sub>	500	500
Calcium	mg/l	100	200
Chlorure	mg/l	250	500
Concentration anions hydrogène	Unité de pH	6,5 - 9,5	≤ 6,5 et ≤ 9
Dureté	mg/l en CaCO <sub>3</sub>	200	200
Conductivité à 20°C	µS/cm	--	2800
Couleur	mg/l Platine	--	15
Odeur 12°C	Taux dilution	--	4
Saveur 25°C	Taux dilution	--	4
Turbidité	NTU	5	5
Manganèse	µg/l	40	50
Nitrate	mg/l	50	50
Nitrite	mg/l	0.2	0.2
Oxydabilité	mg/l	--	5
Sulfates	mg/l	400	500
Résidu sec	mg/l	1500	1500
Magnésium	mg/l	/	150
TAC	mg/l	<15	<500
TA	mg/l	<15	<5
O <sub>2</sub>	mg/l	--	<8
TDS	mg/l	--	1904
Salinité	%	--	6.8
Ammonium	<b>mg/l</b>	<b>0.5</b>	0.5

Tableau 3 : Grille de la qualité des eaux superficielles (ABH, 2009).

Classe Paramètres	unité	Très bonne	Bonne	Passable	Mauvaise	Très mauvaise
Conductivité	µS/cm	180-2500	120-3000	60-3500	0-40000	>4000
O <sub>2</sub> dissous	mg/l	>7	5 à 7	3 à 5	<3	0
DBO <sub>5</sub>	mg/l d'O <sub>2</sub>	3	6	10	25	>25
DCO	mg/l d'O <sub>2</sub>	20	30	40	80	>80
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	2	10	25	50	>50
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/l	0.03	0.3	0.5	1	>1
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/l	0.5	1.5	2.8	4	>4
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	mg/l	0.1	0.5	1	2	> 2

## 10. Principaux paramètres physico-chimiques de la qualité des eaux

- **Température (T °)**

La température de l'eau joue un rôle crucial dans l'environnement quantique en régulant les réactions physiques, chimiques et biologiques. (NOUAYTI ET AL ; 2015).

- **Potentiel d'hydrogène (pH)**

La mesure du pH d'une eau permet de déterminer sa tendance à être acide ou alcaline. Elle permet de mesurer la concentration des ions H<sup>+</sup> et OH<sup>-</sup> dans l'eau. Sa mesure revêt une grande importance car elle influence de nombreux équilibres physico-chimiques. (LABORATOIRE DÉPARTEMENTAL D'ANALYSES)

- **Conductivité électrique (CE)**

La conductivité offre une mesure rapide et approximative de la minéralisation globale de l'eau en mesurant la conductance d'une eau entre deux électrodes métalliques. Elle est opposée à la résistivité électrique. (LABORATOIRE DÉPARTEMENTAL D'ANALYSES)

- **Matière en suspension (MES)**

Elles constituent l'ensemble des particules minérales et/ou organiques dans une eau naturelle ou polluée (RAMADE 1998). Dans les eaux superficielles non polluées, les matières en suspension ont surtout pour origine le bassin versant sous l'effet de l'érosion

naturelle, les détritiques d'origine organique (débris végétaux, etc.) et le plancton. La nature des MES est donc souvent minérale et leur taux relativement bas en périodes de crues des cours d'eau. Les eaux naturelles ne sont jamais exemptes de matière en suspension et on admet une teneur inférieure à 30 mg/l. (AFRI \_ MEHANNAOUI ; 1998).

- **Oxygène dissous ( $O_2$ )**

La quantité d'oxygène gazeux dissous dans l'eau est la suivante : La solubilité de l'oxygène (au maximum 9 mg/l à 20 °C) restreint la disponibilité de l'oxygène dissous, ce qui diminue avec la température et la présence de polluants dans les cours d'eau. La présence d'une faible quantité d'oxygène dissous est associée à une charge polluante importante de l'eau.

Élevée température de l'eau. Il joue un rôle crucial dans la respiration des animaux hétérotrophes. On le représente en mg/l et on le mesure en utilisant la méthode de **WINKLER**, qui repose sur la fixation chimique de l'oxygène, ainsi que son dosage colorimétrique, similaire à celui d'un oxymètre. (RODIER., 2009).

## **11. Paramètre de pollution :**

### **11.1. Caractéristique chimique des eaux :**

#### **11.1.1. Calcium ( $Ca^{+2}$ ) :**

Il s'agit généralement d'un métal alcalin terreux qui est l'élément principal de l'eau potable. Le contenu diffère principalement selon le type de terrain traversé. La présence de calcium dans les eaux traversant le magnésium est préservée. Il joue un rôle dans la résistance de l'eau (NOUAYTI, AL ; 2015, AYAAD, KAHOUL ; 2016).

#### **11.1.2. Magnésium ( $Mg^{+2}$ ) :**

En général, la majorité des eaux naturelles renferment de faibles quantités de magnésium, ce qui joue un rôle crucial dans la dureté de l'eau. Le goût de l'eau est désagréable et sa quantité varie en fonction de la composition des roches sédimentaires rencontrées. (SAVARY., 2010).

### **11.1.3. Chlorure (Cl<sup>-</sup>) :**

Les concentrations du chlorure (Cl<sup>-</sup>) dans l'eau naturelle varient, mais il est généralement présent sous la forme de sel de sodium (NaCl) et de potassium (KCl). Ces anions ne se combinent pas facilement avec des éléments chimiques et restent très mobiles. Il est une bonne mesure de la pollution. (NOUAYIT, AL ; 2015, AYAAD, KAHOU L ; 2016).

### **11.1.4. Les Nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) :**

Les nitrates sont des ions naturels qui se trouvent dans l'environnement et qui proviennent de la décomposition de la matière organique (DINEPP, AL., 2013). Ces produits chimiques sont les plus réactifs dans les masses d'eau du monde entier.

### **11.1.5. Les Nitrites (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) :**

Ils présentent également une réponse satisfaisante, mais à des niveaux bien inférieurs au nitrate, qui est le résultat de l'oxydation incomplète de la matière organique. La plupart des aliments, l'atmosphère, les eaux de surface et souterraines sont riches en eux. (BELGHITI, AL., 2013).

### **11.1.6. L'ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) :**

Le NH<sub>3</sub><sup>+</sup> toxique azote ammoniacal est présent dans l'eau, ce qui explique la dégradation incomplète du NH<sub>4</sub><sup>+</sup> organique et de l'azote ammoniacal. L'ammoniac se transforme rapidement en nitrite et en nitrate par oxydation, ce qui entraîne une augmentation de la consommation de chlore lors de la désinfection. (TCHADIEN., 2014).

### **11.1.7. Les Phosphates (PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>) :**

Les phosphates constituent des composés minéraux du phosphore qui sont produits à partir d'ions PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>. Les excréments, les engrais, les lessives, les champoings et les détergents ménagers contiennent des phosphates. (BOUNOUA Ch; MEZITI K; SALHI R., 2016).

***CHAPITRE 02 :***

***Matériels***

***Et***

***Méthodes***

L'objectif du chapitre est d'exposer la zone d'étude, ainsi que le matériel et les techniques d'analyse employés pour étudier la qualité physico-chimique de l'eau dans le barrage K'sob, dans la wilaya de M'sila.

Le dosage de l'eau a été effectué dans le laboratoire d'analyse et de contrôle de qualité de l'eau de l'ADE (Algérienne Des Eaux), situé dans la wilaya de M'sila.

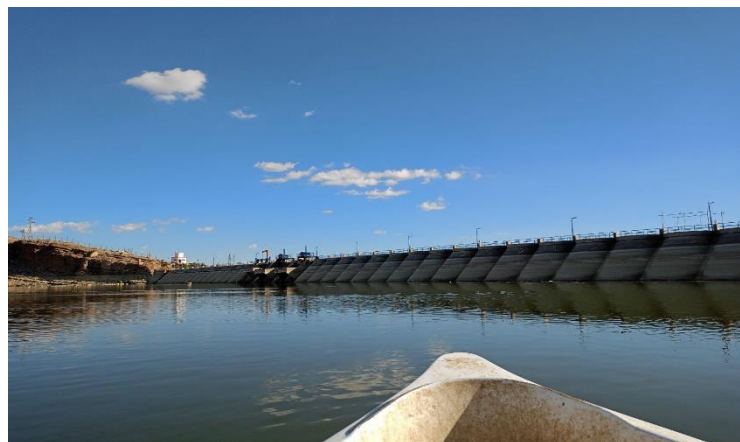
### **1. Présentation de la zone d'étude :**

Le Barrage de K'sob est situé dans la wilaya de M'Sila, à 248 km au sud-est d'Alger, avec une capacité de 29,5 millions de mètres cubes (après surélévation). Il a été conçu pour irriguer les plaines agricoles de M'Sila. Il constitue le point de déversement du bassin versant de l'Oued K'sob, situé aux coordonnées géographiques suivantes : 35°48' 50'' N et 04° 47' 36'' E. Ce bassin fait partie de l'environnement géographique des hauts plateaux du bassin algérois (**Fig 03**).

Aujourd'hui, ce barrage est envahi à 70 % en raison de l'érosion sévère du bassin versant (**REMINI., HALLOUCH ; 2005**), d'une part, et de la présence de plusieurs carrières de calcaire en activité dans le bassin, d'autre part.

Un barrage est un mur placé en travers d'un cours d'eau pour élever son niveau afin de créer une chute ou une réserve. Le barrage retient l'eau avec un écran d'étanchéité. Ce mur intègre un certain nombre d'ouvrages annexes lui permettant de remplir ses fonctions:

- Un évacuateur de crue qui protège des risques de submersion en cas de crue;
- Une vidange destinée à vider la retenue;
- Une prise d'eau pour produire de l'énergie hydroélectrique (**SAADI N., (2016)**).



*Figure 3 : Barrage k'sob M'sila (Photo Original )*

### 1.1. L'importance de barrage K'sob

Le Barrage K'sob revêt une importance majeure sur les plans hydrologique, économique et écologique, mise en évidence par un intéressant éventail de diversité biologique. Les indices écologiques révèlent des valeurs maximales pendant la saison d'hivernage, période caractérisée par une plus grande diversité et un meilleur équilibre. Une analyse statistique des espèces aviaires a permis de déterminer la bioécologie de ces dernières. Toutefois, diverses formes d'utilisation du barrage, telles que la pêche, les opérations de dragage et le surpâturage, représentent les principaux facteurs de dégradation perturbant le fonctionnement écologique du site.

### 1.2. Situation géographique

Le Barrage de K'sob est situé dans la wilaya de M'Sila, à 15 kilomètres au nord-est de la ville de M'Sila, dans la région centre-nord de l'Algérie, près de la wilaya de Bordj Bou Arreridj, environ à mi-chemin entre les villes de Sétif et Bou Saada. Il retient les eaux de l'oued K'sob en amont du barrage et alimente les plaines de M'Sila (SAADI N., (2016)).

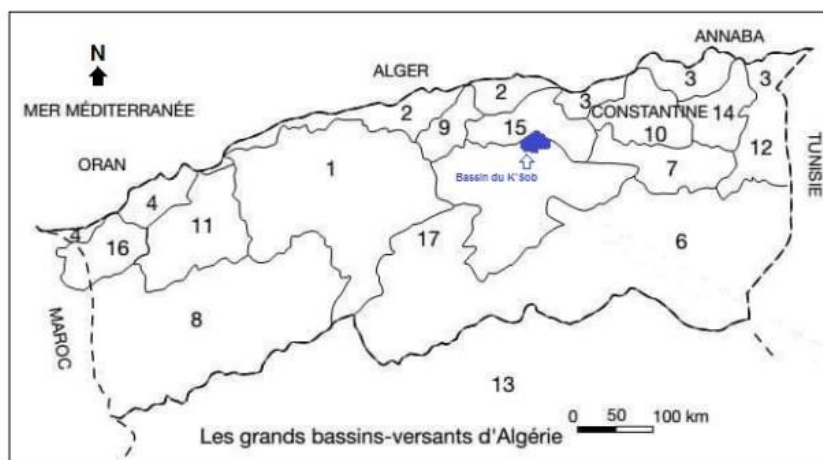


Figure 4 : Localisation géographique du Barrage K'Sob (M'Sila)

### 1.3. Caractéristiques physiques du bassin versant de barrage K'Sob

Le bassin versant du barrage K'Sob possède plusieurs caractéristiques physiques distinctives qui affectent son hydrologie et son utilisation. Voici quelques-unes des principales caractéristiques (SARI H., (2020)).

### **1.3.1. Superficie**

La superficie du bassin versant s'étend sur environ 1 100 km<sup>2</sup>. Cette vaste étendue a une incidence sur la quantité d'eau pouvant être captée et stockée par le barrage.

### **1.3.2. Topographie**

La topographie du bassin est diversifiée, s'étendant des zones montagneuses aux plaines. Ces reliefs modulent le ruissellement et la vitesse à laquelle l'eau parvient au barrage.

### **1.3.3. Géologie**

La composition géologique du bassin versant comprend différentes formations rocheuses qui influencent l'infiltration, le drainage et la stabilité des sols. On y trouve des sols argileux et sableux, ce qui impacte la capacité de rétention d'eau.

### **1.3.4. Climat**

Le bassin versant connaît un climat semi-aride avec des précipitations annuelles moyennes allant de 300 à 400 mm. Ces précipitations sont souvent irrégulières, alternant entre de longues périodes de sécheresse et des pluies intenses sur de courtes durées.

### **1.3.5. Végétation**

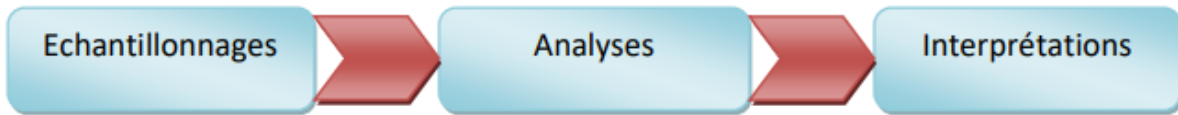
La couverture végétale va de forêts clairsemées à des zones de broussailles et de prairies. La végétation est essentielle pour prévenir l'érosion des sols et réguler le cycle de l'eau.

### **1.3.6. Réseau hydrographique**

Le réseau hydrographique du bassin est complexe, avec plusieurs rivières et ruisseaux qui se dirigent vers le barrage. L'oued Ksob, principal cours d'eau, joue un rôle central dans l'alimentation du barrage.

## **2. Prélèvement**

La phase de prélèvement des échantillons influence directement la qualité des résultats analytiques obtenus. En effet, une bonne méthode de prélèvement détermine largement la validité des analyses et, par conséquent, l'exactitude de l'interprétation des résultats obtenus.



*Figure 5: Les trois étapes d'études de qualité des eaux naturelles*

Des échantillons ont été prélevés dans quatre stations du barrage de K'sob



*Figure 6 : Station 01 ( Photo Original )*



*Figure 7 : Station 02 ( Photo Original )*



*Figure 9 : Station 03 ( Photo Original )*



*Figure 8 : Station 04 ( Photo Original )*

## 2.1. Campagne de prélèvement

Les prélèvements ont été effectués durant 04 mois : Février, Mars, Juin, Juillet.

### **3. Echantillonnage et analyse physico-chimique des eaux du Barrage**

#### **K'sob**

#### **3.1. Technique d'échantillonnage**

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate nécessitant une attention particulière. Une méthode correcte de prélèvement contribue grandement à garantir la fiabilité et la comparabilité des données, ce qui influence directement la précision de l'interprétation qui en est tirée. Pour assurer cet objectif, l'opérateur de prélèvement doit prendre les mesures suivantes:

- Garantir la représentativité et l'intégrité des échantillons depuis la phase de prélèvement jusqu'à leur arrivée au laboratoire d'analyse.
- Éviter la contamination de l'environnement lors du prélèvement en utilisant des équipements de protection propres et du matériel bien nettoyé.

Une bonne coordination entre le préleveur et le laboratoire est également essentielle pour assurer la fiabilité des données. Cela comprend le respect des délais pour le prélèvement et l'analyse, ainsi que l'adhésion aux consignes relatives à l'emballage, à la conservation et au transport.

#### **3.2. Les méthodes d'analyse**

##### **3.2.1. Méthodes potentiométriques**

La méthode utilise généralement des électrodes spécifiques immergées dans l'eau pour mesurer divers paramètres tels que le pH, le potentiel d'oxydo-réduction, l'oxygène, la turbidité, la résistivité, les fluorures et les cyanures. En connectant ces sondes à une unité centrale de collecte de données (comme un microprocesseur ou des micro-ordinateurs), il devient possible de surveiller l'évolution de la qualité de l'eau sur site au fil du temps.

##### **3.2.2. Méthodes colorimétriques**

Cette méthode repose sur des "réactions colorées", où l'intensité de la couleur obtenue est évaluée à l'aide de comparateurs contenant des disques, des plaquettes ou des bandes colorées servant de références.

### 3.2.3. Méthodes volumétriques

Plusieurs caractéristiques sont mesurées par volumétrie (comme la dureté totale, la dureté calcique, les chlorures). Des kits équipés de verrerie de laboratoire standard sont utilisés pour effectuer ces mesures (incluant des burettes, des erlenmeyers, des éprouvettes graduées et des fioles).

### 3.2.4. Spectrophotométrie d'absorption moléculaire

Il s'agit de la méthode analytique la plus couramment utilisée en analyse de l'eau. Elle commence par l'induction d'une réaction colorée spécifique pour l'élément recherché. Cette méthode repose sur le principe que toute solution colorée traversée par un faisceau lumineux absorbe une fraction de la lumière incidente ; la quantité de lumière absorbée est proportionnelle à la concentration du composé coloré recherché (loi de Beer-Lambert).

## 4. Principe De Mesure Des Paramètres

### 4.1. Détermination du pH

#### 4.1.1. Définition

Le pH est une mesure de l'acidité ou de l'alcalinité d'une solution aqueuse. Il est exprimé par des chiffres allant de 0 à 14, où :

- 0 à 7 : la solution est acide
- 7 : la solution est neutre
- 7 à 14 : la solution est alcaline (basique)

#### 4.1.2. Principe

La différence de potentiel entre une électrode de verre et une électrode de référence (Calomel - KCl saturé), lorsqu'elles sont immergées dans la même solution, est une fonction linéaire du pH de cette solution. Le potentiel de l'électrode est directement lié à l'activité des ions  $H^+$ .

### 4.1.3. Appareil

pH Mètre



Figure 10 : pH mètre

## 4.2. Détermination de la conductivité

### 4.2.1. Définition

La conductivité électrique de l'eau est définie comme la conductance d'une colonne d'eau située entre deux électrodes métalliques ayant chacune une surface de 1 cm<sup>2</sup> et séparées par une distance de 1 cm. Elle est l'inverse de la résistivité électrique. L'unité de mesure de la conductivité est le Siemens par mètre (S/m). En pratique, la conductivité électrique de l'eau est généralement exprimée en microsiemens par centimètre (μS/cm). La relation entre la résistivité et la conductivité est la suivante :

$$\text{Résistivité}(\Omega.cm) = \frac{1000000}{\text{conductivité}(\mu S/cm)}$$

### 4.2.2. Principe

Mesure de la conductance électrique d'une colonne d'eau délimitée par deux électrodes de platine (Pt) (ou couvertes de noir de platine) maintenues parallèles.

Si R est la résistance de la colonne d'eau en ohms.

S sa section en cm<sup>2</sup> et l sa longueur en cm. La résistivité électrique en ohms cm est

$$P = R \frac{S}{l}$$

La conductivité électrique en S/cm est :

$$V = \frac{1}{P} = \frac{1}{R} \cdot \frac{l}{S}$$

$\frac{1}{S}$  Est appelé constante de l'élément de mesure

### 4.2.3. Expression des résultats

Le résultat est donné directement en  $\mu S/cm$ .

### 4.2.4. Appareil

Conductimètre.



Figure 11 : Conductimètre

## 4.3. Détermination de la Turbidité

### 4.3.1. Définition

Diminution de la transparence d'un liquide causée par la présence de particules non dissoutes.

### 4.3.2. Principe

Pour tout échantillon d'eau, la mesure de la lumière diffusée et de la lumière transmise permet de détecter des matières non dissoutes qui absorbent mais diffusent mal, et qui passeraient inaperçues si seule la lumière diffusée était mesurée.

### 4.3.3. Expression des résultats

La mesure est obtenue directement en NTU.

### 4.3.4. Appareil

HACH 2100N Turbidimetre



Figure 12 : Hach 2100N Turbidimetre

#### 4.4. Détermination de l'azote ammoniacal ( $\text{NH}_4^+$ )

##### 4.4.1. Définition

L'azote ammoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) est une forme d'azote présente principalement sous forme d'ammonium dans les sols, les eaux et les déchets organiques. C'est une source d'azote essentielle pour la croissance des plantes et un indicateur important de la qualité de l'eau et de l'environnement.

##### 4.4.2. Principe

Mesure spectrométrique du complexe bleu résultant de la réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite, en présence de nitroprussiate de sodium.

##### 4.4.3. Expression des résultats

Le résultat est donné directement en mg/l.

$\lambda = 655 \text{ nm}$ .

#### 4.5. Détermination des nitrites ( $\text{NO}_2^-$ )

##### 4.5.1. Définition

Les nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) sont des ions chimiques contenant de l'azote et de l'oxygène. Ils sont souvent présents dans l'eau et sont produits par la décomposition des nitrates. Les nitrites peuvent avoir des implications environnementales et de santé, notamment lorsqu'ils sont présents en concentrations élevées dans l'eau potable.

### 4.5.2. Principe

La détermination des nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) repose sur une réaction chimique où les nitrites réagissent avec un réactif spécifique pour former un composé coloré. L'intensité de la couleur produite est ensuite mesurée spectrométriquement, permettant de quantifier la concentration de nitrites dans l'échantillon.

### 4.5.3. Expression des résultats

L'apparition de la coloration rose indique la présence des  $\text{NO}_2^-$ .

$\lambda = 543 \text{ nm}$ .

### 4.5.4. Appareil

Spectromètre



Figure 13 : Spectromètre

## 4.6. Détermination Des Nitrates $\text{NO}_3^-$

### 4.6.1. Définition

Les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) sont des composés chimiques contenant un atome d'azote et trois atomes d'oxygène. Ils sont souvent dissous dans l'eau et proviennent principalement de sources naturelles comme les engrais et les déchets organiques. Les nitrates peuvent être mesurés pour évaluer la qualité de l'eau et son utilisation sûre pour la consommation humaine et animale.

### 4.6.2. Principe

En présence de salicylate de sodium, les nitrates produisent du paranitrosoulylate de sodium jaune, qui peut être dosé par colorimétrie.

### 4.6.3. Expression des résultats

Le résultat est donné directement en mg/l à une longueur d'onde de 420 nm.

Multiplier par 4,43 pour obtenir la concentration en NO<sup>3-</sup>.

## 4.7. Détermination du calcium (Ca<sup>2+</sup>) et du magnésium (Mg<sup>2+</sup>)

### 4.7.1. Définition

Le calcium (Ca<sup>2+</sup>) et le magnésium (Mg<sup>2+</sup>) sont des ions métalliques essentiels présents dans l'eau et les tissus biologiques. Le calcium joue un rôle crucial dans la formation des os et des dents, ainsi que dans la transmission nerveuse et musculaire.

Le magnésium est également important pour la santé des os et des muscles, ainsi que pour de nombreuses réactions enzymatiques dans le corps.

### 4.7.2. Principe

Le calcium est titré avec une solution aqueuse d'EDTA à un pH entre 12 et 13, en présence de murexide comme indicateur. L'EDTA réagit d'abord avec les ions calcium libres, puis avec les ions calcium liés à l'indicateur, provoquant un changement de couleur de rouge à violet.

### 4.7.3. Expression des résultats

$$\frac{V_1 * C_{EDTA} * M_{Ca^{2+}} * 1000}{P.E}$$

d'où :

V<sub>EDTA</sub> : Volume.

$$* \text{ mg/l Ca}^{2+} = \frac{V_1 \times N_{EDTA} \times F \times M_{Ca^{2+}} \times 40 \times 1000}{PE}$$

$$= \frac{V_1 \times 0,01 \times F \times 40g \times 1000}{50 \times 2}$$

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

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

$C$  : molarité d'EDTA (0,01 M/l ).

$M_{\text{Ca}^{2+}}$  : masse molaire du calcium en g.

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

$$\text{Donc : } \text{mgCa}^{2+}/\text{l} = \frac{V_1 * 0,01 * 40,08 * 100}{50}$$

$$\text{Mg Ca}^{2+}/\text{l} = V_1 \times 8$$

## 4.8. Détermination de sodium et de potassium par photométrie de la flamme

### 4.8.1. Définition

La photométrie de la flamme est un des procédés les plus rapides et sensibles connus aujourd'hui pour le dosage des éléments alcalins et alcalino - terreux.

Les éléments à analyser (sodium, potassium lithium, calcium etc ...) sont généralement sous forme de sels. L'analyse se fait en partant de leurs solutions.

### 4.8.2. Principe

Le principe de la photométrie de la flamme pour la détermination du sodium et du potassium repose sur l'excitation des atomes de sodium (Na) et de potassium (K) dans un échantillon par une flamme de haute température. Les atomes excités retournent à leur état fondamental en émettant de la lumière à des longueurs d'onde spécifiques, qui sont mesurées par un photomètre pour quantifier la concentration de sodium et de potassium dans l'échantillon.

### 4.8.3. Expression des résultats

Le résultat est donné directement en mg/l.

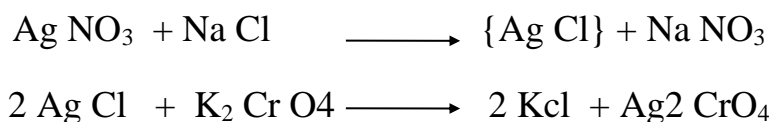
## 4.9. Détermination des chlorures (Cl<sup>-</sup>)

### 4.9.1. Définition

Les chlorures (Cl<sup>-</sup>) sont des ions présents dans les solutions aqueuses et essentiels pour de nombreuses fonctions biologiques. Ils sont souvent présents dans l'eau de mer et dans divers fluides corporels, jouant un rôle important dans l'équilibre osmotique et la transmission nerveuse.

### 4.9.2. Principe

On mélange une solution de nitrate d'argent avec une quantité connue de solution de chlorure de sodium dans un milieu neutre, à un pH d'environ 6.7 ou 7, pour effectuer le titrage. La réaction se fait en présence de chromate de potassium.



### 4.9.3. Expression des résultats

$$F.G: \frac{V_{\text{AgNO}_3} \times N_{\text{AgNO}_3} \times M_{\text{Cl}}}{PE} = \frac{V_{\text{AgNO}_3} \times 0,01 \times 35,5 \times F \times 1000}{5}$$

$$F.S : \text{mg/l Cl}^- = V_{\text{AgNO}_3} \times 71 \times F.$$

$V_{\text{AgNO}_3}$  : Volume d'AgNO<sub>3</sub> nécessaire pour le dosage de l'échantillon.

$N_{\text{AgNO}_3}$  : Normalité d'AgNO<sub>3</sub>

$M_{\text{Cl}^-}$  : masses des chlorures.

$F$  : facteur de correction du titre d'Ag NO<sub>3</sub>.

$PE$  : prise d'essai.

Pour le  $F$  : - Prendre 5 ml de la solution mère à 71 mg/l.

- Ajouter 2 gouttes de l'indicateur coloré.

- Doser par AgNO<sub>3</sub> à 0,01 N jusqu'au virage.(couleur brunâtre).

$$F = \frac{1}{V_{\text{Ag NO}_3}}$$

## 4.10. Détermination des Sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ )

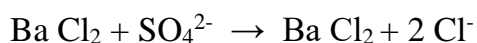
### 4.10.1. Définition

Les sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) sont des ions présents dans les solutions aqueuses, formés par l'association d'un atome de soufre avec quatre atomes d'oxygène. Ils sont couramment trouvés dans l'eau et les sols, et jouent un rôle important dans divers processus chimiques et biologiques.

### 4.10.2. Principe

Les ions sulfates sont précipités et passés à l'état de sulfate de baryum.

En présence de  $\text{Ba Cl}_2$ .



### 4.10.3. Expression des résultats

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

## 4.11. Détermination de l'alcalinité ( $\text{HCO}_3^-$ )

### 4.11.1. Définition

L'alcalinité ( $\text{HCO}_3^-$ ) mesure la capacité d'une solution aqueuse à neutraliser les acides sans changer de pH de manière significative. Elle est principalement due aux ions bicarbonate présents dans l'eau et est importante pour maintenir l'équilibre chimique dans les systèmes aquatiques et les sols.

### 4.11.2. Principe

On détermine les volumes successifs d'acide fort en solution diluée nécessaires pour neutraliser la solution d'eau à analyser aux pH de 8.3 et 4.3. La première mesure permet de calculer le titre alcalimétrique (TA), tandis que la seconde permet de calculer le titre alcalimétrique complet (TAC).

### 4.11.3. Expression des résultats

$$\text{F.G : } \frac{V_A \times N_A \times \text{MHCO}_3^- \times 1000}{\text{PE}} = \frac{V_A \times 0,1 \times 61 \times 1000}{100}$$

$$\text{F.S : } V_{A1} \times 61 = \text{mg/l HCO}_3^-$$

$V_A$  : Volume d'acide versé.

$N_A$  : normalité d'acide versé.

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

P.E : prise d'essai.

# **CHAPITRE 03:**

**Résultats**

**Et**

**Discussions**

L'étude expérimentale a été réalisée à partir d'échantillons prélevés à partir de sites particuliers dans le barrage de K'sob.

Durant l'année 2024, nous avons effectués 04 campagnes de prélèvements d'eau durant les mois de février, mars, juin et juillet. Cela dans 04 stations choisies selon des paramètres bien précis.

Ce chapitre présente les résultats que nous avons pu obtenir après l'analyse des échantillons sous forme de graphiques et de tableaux illustrés.

## **1. Paramètres organoleptiques**

Les résultats des paramètres obtenus, sont représentés dans le tableau suivant :

*Tableau 4 : Les résultats des paramètres organoleptiques des eaux des sites d'étude*

<i>Les stations</i>	<i>Paramètres organoleptiques</i>		
	<i>Couleur</i>	<i>Odeur</i>	<i>Goût</i>
<i>Station 1</i>	<i>Claire</i>	<i>Bonne</i>	<i>Bon</i>
<i>Station 2</i>	<i>Claire</i>	<i>Bonne</i>	<i>Bon</i>
<i>Station 3</i>	<i>Claire</i>	<i>Bonne</i>	<i>Bon</i>
<i>Station 4</i>	<i>Claire</i>	<i>Bonne</i>	<i>Bon</i>

## **Discussion**

Des résultats similaires ont été obtenus pour les paramètres organoleptiques mesurés pour les 4 stations.

La couleur de l'eau a été mesurée à 15 mg/l de platine, ce qui indique une bonne clarté visuelle. À une température de 25°C, l'odeur de l'eau a été diluée à un taux de 4, reflétant une bonne qualité de l'odeur. Le goût de l'eau a également été dilué à un taux de 4 à 25°C, ce qui indique une excellente qualité du goût.

## 2. Paramètres physico-chimiques

### 2.1. La Température (C°)

Les résultats de paramètre obtenu, sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau 5 : Tableaux des points de température des stations étudiés

Mois	Stations			
	St 1	St 2	St 3	St 4
Février	13,2	13,4	11,7	11,8
Mars	17,9	18,9	17,9	18,1
Juin	32,1	32,4	32,5	32,5
Juillet	31,6	31,6	33,9	34,1

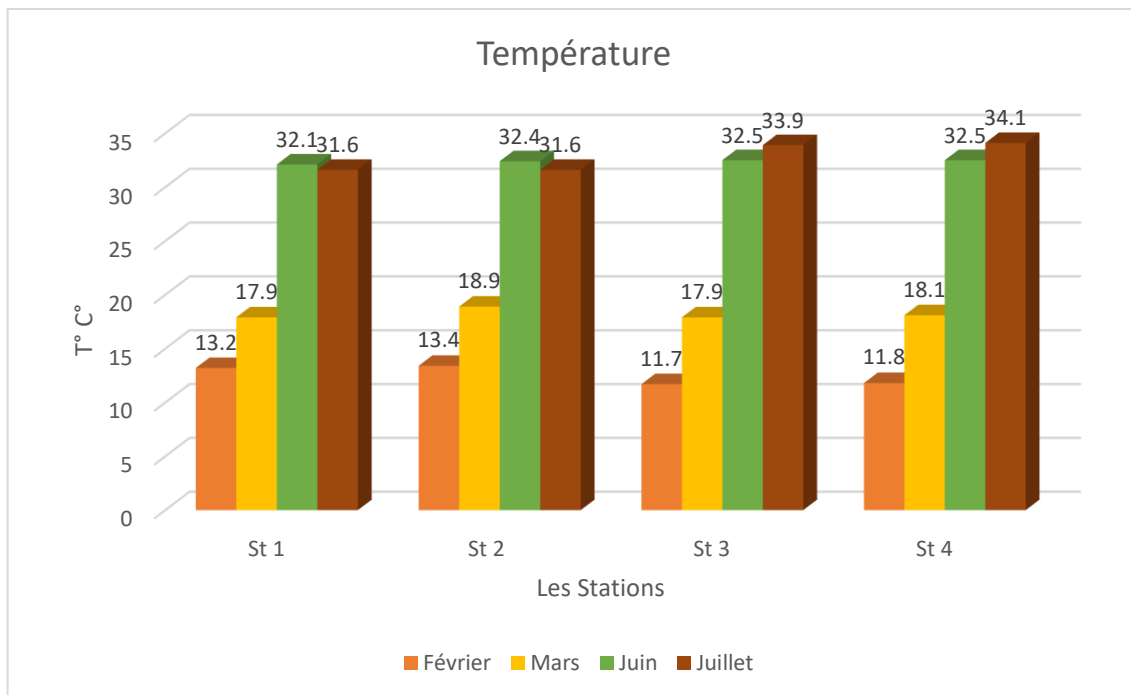


Figure 14 : Variation de la température dans l'eau pour les différents échantillons

La figure (14) et le tableau (4) montrent des variations importantes de température entre les quatre mois de prélèvements. Les températures varient entre une valeur minimale de 11,7 °C à la station 3 au mois de Février et une valeur maximale de 34,1 °C à la station 4 au mois de Juillet 2024.

En comparant les résultats avec les Normes OMS 2011, nous concluons que la température maximale dépasse 25C°

### ***Discussion***

Le suivi de la température de l'eau du barrage K'sob est extrêmement important pour évaluer la présence de conditions favorables à la vie des organismes aquatiques. En effet, une élévation de la température expose ces organismes à un risque d'asphyxie, car les gaz, tels que le CO<sub>2</sub> et l'O<sub>2</sub>, se dissolvent davantage dans l'eau froide que dans l'eau chaude.

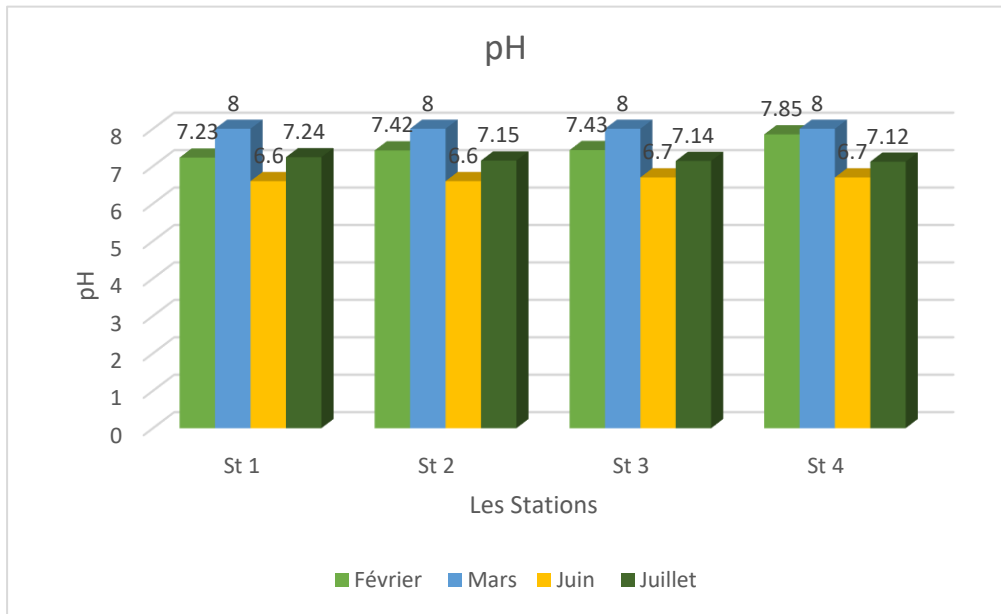
Une augmentation de la température entraîne une prolifération rapide des bactéries et une hausse du nombre d'algues toxiques dans l'eau, ce qui réduit la quantité d'O<sub>2</sub> nécessaire à la respiration des organismes aquatiques.

### **2.2. Le potentiel d'hydrogène (pH)**

Les résultats des paramètres obtenus, sont représentés dans le tableau suivant :

*Tableau 6 : Tableau des points potentiels hydrogènes (pH) des stations étudiées*

<b><i>Mois</i></b>	<b><i>Les Stations</i></b>			
	<b><i>St 1</i></b>	<b><i>St 2</i></b>	<b><i>St 3</i></b>	<b><i>St 4</i></b>
<b><i>Février</i></b>	7,23	7,42	7,43	7,85
<b><i>Mars</i></b>	8	8	8	8
<b><i>Juin</i></b>	6,6	6,6	6,7	6,7
<b><i>Juillet</i></b>	7,24	7,15	7,14	7,12



**Figure 15 : Variation spatiale du potentiel d'hydrogène (PH) dans les eaux pour les différents échantillons**

La figure (15) et le tableau (5) montrent le pH enregistré au cours des quatre mois. On observe que le pH varie entre une valeur minimale de 6,6 aux stations 1 et 2 au mois de Juin et une valeur maximale de 8 au niveau des quatre stations au mois de Mars.

En comparant les résultats avec le réseau de qualité (ABH2009), nous constatons que l'eau du barrage de El K'sob est de bonne qualité.

### **Discussion :**

La mesure de la concentration des ions  $H^+$  dans l'eau du barrage K'sob permet de déterminer si l'eau est acide, neutre ou basique selon l'échelle du pH.

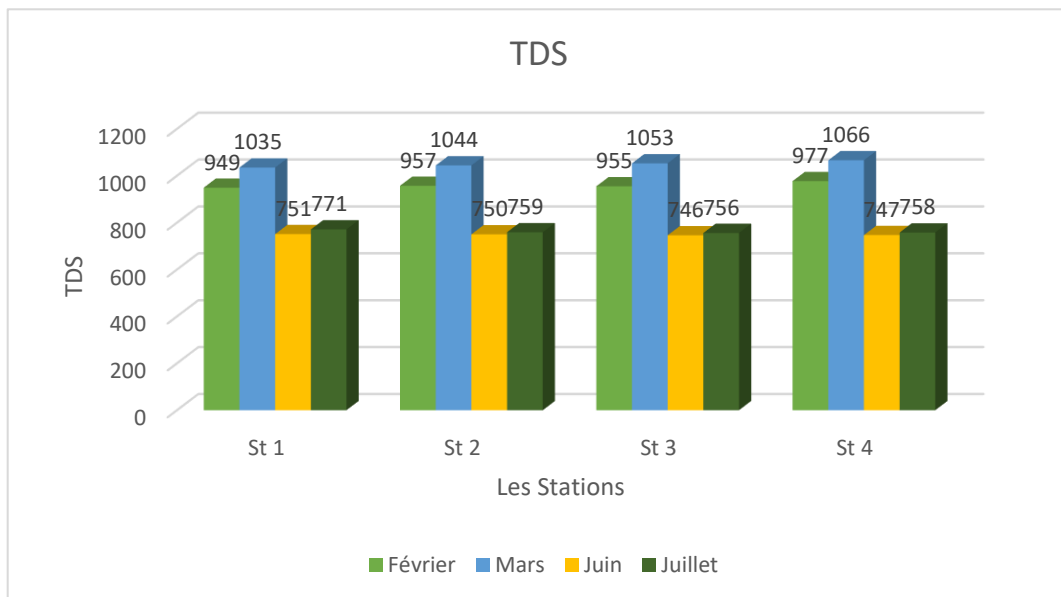
Le pH joue un rôle important dans la prolifération des micro-organismes, soit en favorisant leur reproduction et leur expansion rapide, soit en freinant leur activité. En comparant les résultats de la figure (15) et du tableau (5), nous concluons que la qualité de l'eau du barrage K'sob est bonne, avec des valeurs comprises entre 6,6 et 8,6, offrant des conditions favorables à la vie des organismes aquatiques, végétaux et animaux, tout en étant inadaptée à la prolifération des bactéries responsables de la pollution de l'eau.

### 2.3. La conductivité (TDS)

Les résultats des paramètres obtenus, sont représentés dans le tableau suivant :

**Tableau 7 : Tableau des points de TDS des stations étudiées**

<i>Mois</i>	<i>Les Stations</i>			
	<i>St 1</i>	<i>St 2</i>	<i>St 3</i>	<i>St 4</i>
<i>Février</i>	949	957	955	977
<i>Mars</i>	1035	1044	1053	1066
<i>Juin</i>	751	750	746	747
<i>Juillet</i>	771	759	756	758



**Figure 16 : Variation spatiale de la TDS dans les eaux pour les différents échantillons**

Nous remarquons, après avoir examiné les résultats (figure 16, tableau 6), l'enregistrement de la valeur la plus basse de 746 pendant le mois de Juin à la station 3, et l'enregistrement de la valeur la plus élevée de 1066 pendant le mois de Mars à la station 4.

En comparant la valeur la plus élevée de 1066 mg/l avec le tableau du Normes Algérienne (JORA 2014), nous constatons qu'elle est inférieure à 1904 mg/l dans les eaux du barrage d'El K'sob.

**Discussion :**

La TDS représente la concentration totale des matières solides dissoutes dans les sources d'eau naturelles, telles que le chlorure, le calcium et le magnésium.

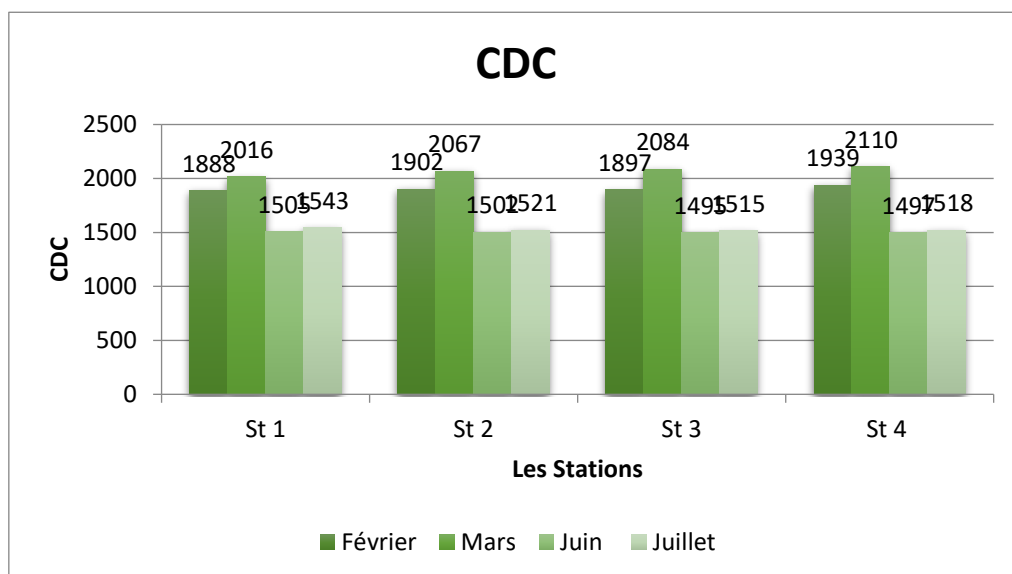
À partir des résultats illustrés dans la figure (16), nous constatons que la valeur de la TDS est très élevée, ce qui est dû à l'eau d'irrigation agricole des zones entourant le barrage de k'sob, ainsi qu'aux déchets industriels et organiques. La concentration des sels dissous dans l'eau du barrage de k'sob varie en fonction des différentes zones géologiques entourant le Barrage.

**2.4. CDC**

Les résultats des paramètres obtenus, sont représentés dans le tableau suivant :

*Tableau 8 : Tableau des points de CDC des stations étudiées*

<i>Mois</i>	<i>Les Stations</i>			
	<i>St 1</i>	<i>St 2</i>	<i>St 3</i>	<i>St 4</i>
<i>Février</i>	1888	1902	1897	1939
<i>Mars</i>	2016	2067	2087	2110
<i>Juin</i>	1505	1502	1495	1497
<i>Juillet</i>	1543	1521	1515	1518



*Figure 17 : Variation spatiale CDC dans les eaux pour les différents échantillons*

Nous remarquons après avoir examiné les résultats illustrés dans la Figure 4 et le Tableau 5 que la valeur maximale enregistrée est de 2110  $\mu\text{s}/\text{cm}$  à la station 4 pour le mois de mars, tandis que la valeur minimale est de 1495  $\mu\text{s}/\text{cm}$  à la station 3 pour le mois de juin.

En comparant les résultats avec le réseau de qualité des eaux de surface (ABH2009), nous concluons que l'eau du barrage de El K'sob est de bonne qualité.

***Discussion :***

La mesure de la conductivité électrique de l'eau du barrage K'sob est un indicateur très important pour évaluer la pureté et la qualité de l'eau. L'eau pure n'est pas conductrice d'électricité, mais plus la quantité de matières solides dissoutes (TDS) dans l'eau augmente, plus la conductivité électrique s'élève.

**2.5.  $\text{NO}_2^-$**

Les résultats des paramètres obtenus, sont représentés dans le tableau suivant :

***Tableau 9 : Tableau des points de  $\text{NO}_2^-$  des stations étudiées***

<i>Mois</i>	<i>Les Stations</i>			
	<i>St 1</i>	<i>St 2</i>	<i>St 3</i>	<i>St 4</i>
<i>Février</i>	1,6	1,7	1,7	1,5
<i>Mars</i>	0,41	0,52	0,43	0,45
<i>Juin</i>	0,82	0,78	0,88	1,28
<i>Juillet</i>	1,4	1,3	1,4	1,38

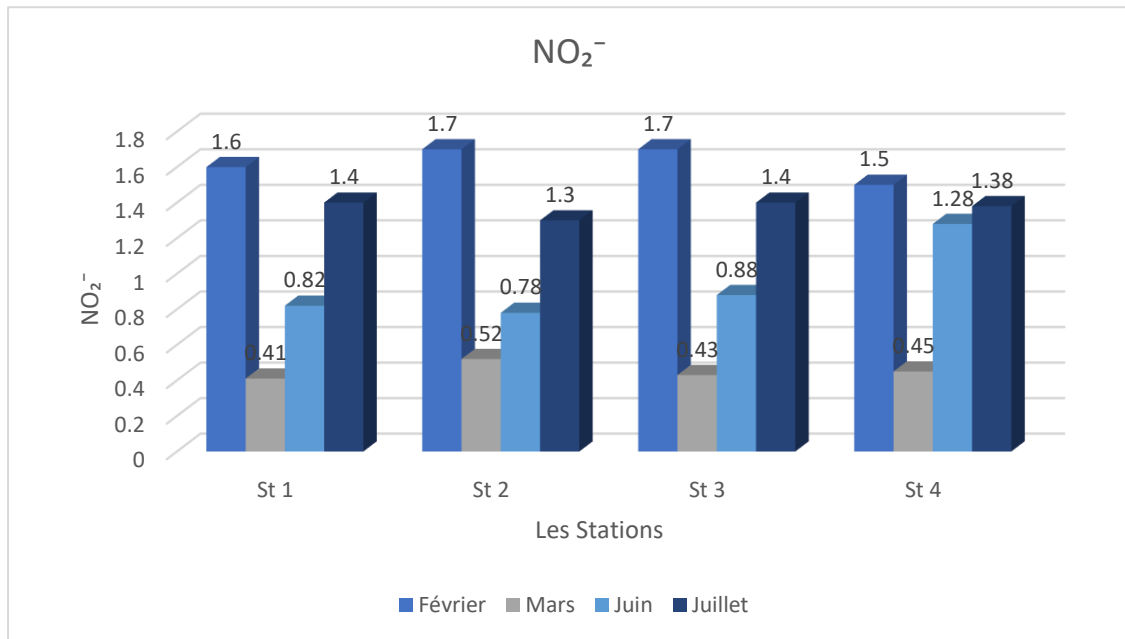


Figure 18 : Variation spatiale des  $\text{NO}_2^-$  dans les eaux pour les différents échantillons

Nous observons l'enregistrement de la valeur la plus élevée 1,7 mg/l à la station 2 et 3 pour le mois de Février, et de la valeur la plus basse 0,41 mg/l à la station 1 pour le mois de Mars.

En comparant les résultats avec le réseau de qualité des eaux de surface (ABH 2009), nous concluons que l'eau du barrage d'El K'sob est de très mauvaise qualité (fortement polluée).

### **Discussion :**

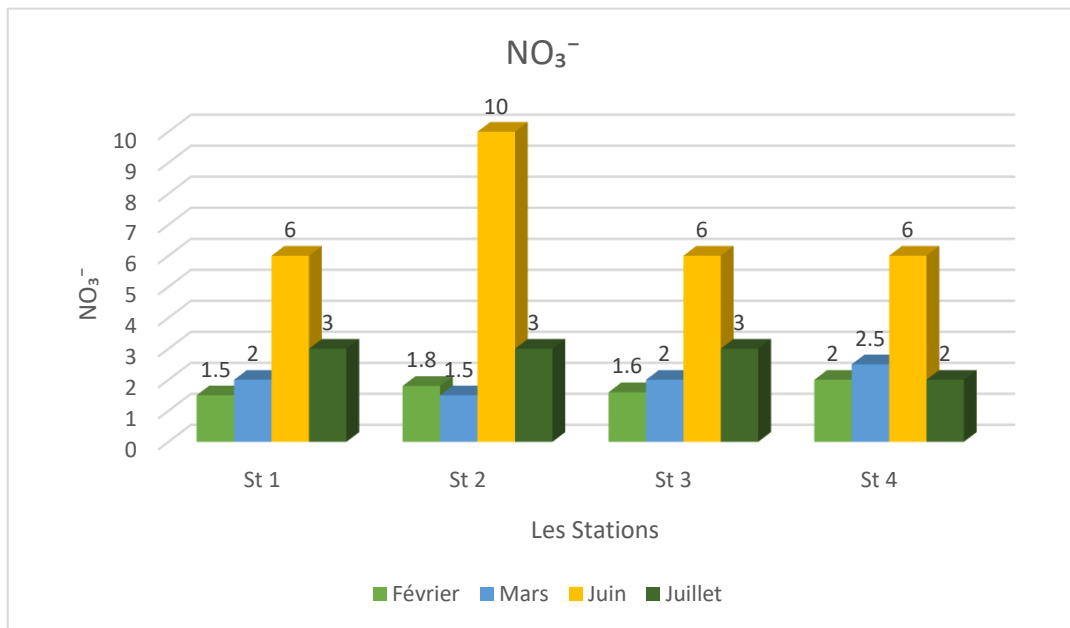
Le dioxyde d'azote est un gaz plus lourd que l'eau et se dissout facilement dans l'eau pour former de l'acide nitrique, l'une des toxines dangereuses qui entraîne la prolifération d'algues toxiques et nuisibles à la vie aquatique.

## 2.6. Les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ )

Les résultats des paramètres obtenus, sont représentés dans le tableau suivant :

**Tableau 10 : Tableau des points de  $\text{NO}_3^-$  des stations étudiées**

Mois	Les Stations			
	St 1	St 2	St 3	St 4
<b>Février</b>	1,5	1,8	1,6	2
<b>Mars</b>	2	1,5	2	2,5
<b>Juin</b>	6	10	6	6
<b>Juillet</b>	3	3	3	3



**Figure 19 : Variation spatiale des  $\text{NO}_3^-$  dans les eaux pour les différents**

Après avoir examiné les résultats (Figure 19 et Tableau 9), nous observons que les valeurs les plus élevées ont été enregistrées pour le mois de Juin, avec une valeur maximale de 10 mg/l à la station 2 pour ce mois. Les valeurs les plus basses ont été enregistrées durant les mois de Février et Mars, avec une valeur de 1,6 mg/l au site 1 pour le mois de Février et au site 2 pour le mois de Mars.

En comparant les résultats avec le réseau des eaux de surface (ABH, 2009), nous constatons que l'eau d'El K'sob est de bonne qualité.

**Discussion :**

Le nitrate est l'une des formes courantes de polluants, très soluble dans l'eau. Nous en déduisons que le  $\text{NO}_3^-$  agit comme un engrais pour les plantes qui absorbent l'azote sous forme de  $\text{NO}_3^-$ .

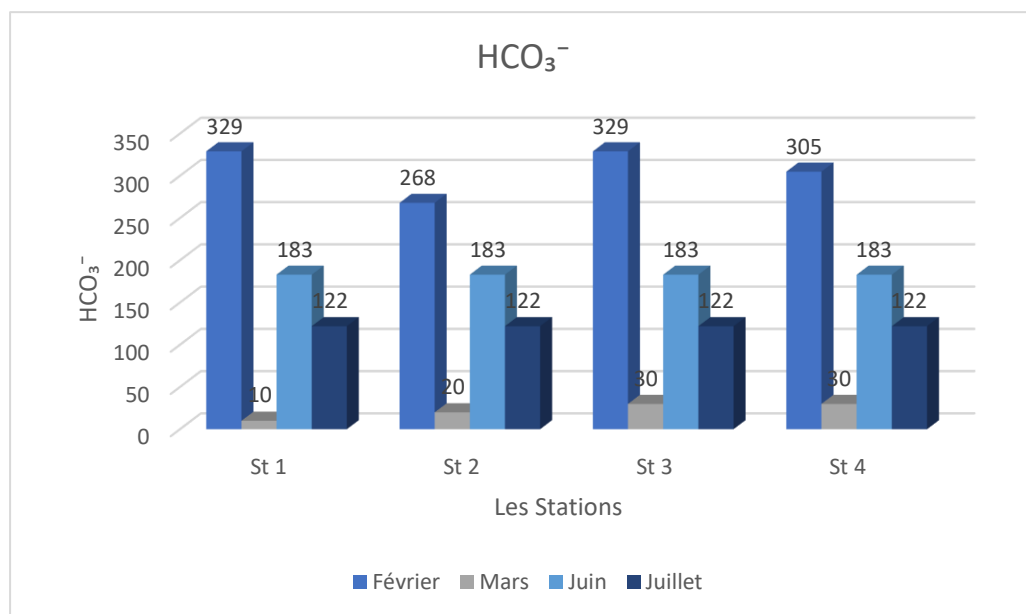
La variation des concentrations d'azote est liée aux précipitations saisonnières en raison de l'utilisation d'engrais pour les cultures situées au bord du Barrage de K'sob.

**2.7. L'alcalinité ( $\text{HCO}_3^-$ )**

Les résultats des paramètres obtenus, sont représentés dans le tableau suivant :

**Tableau 11 : Tableau des points de  $\text{HCO}_3^-$  des stations étudiées**

Mois	Les Stations			
	St 1	St 2	St 3	St 4
Février	329	268	329	305
Mars	10	20	30	30
Juin	183	183	183	183
Juillet	122	122	122	122



**Figure 20 : variation spatiale  $\text{HCO}_3^-$  dans les eaux pour les différents échantillons**

Nous observons d'après la Figure 20 et le Tableau 10 que les valeurs sont similaires dans les quatre stations durant les mois de juin et juillet. Nous remarquons également une valeur maximale de 329 mg/l à la station 1 et 2 pour le mois de Février, et une valeur minimale de 10 mg/l à la station 1 pour le mois de Mars.

**Discussion :**

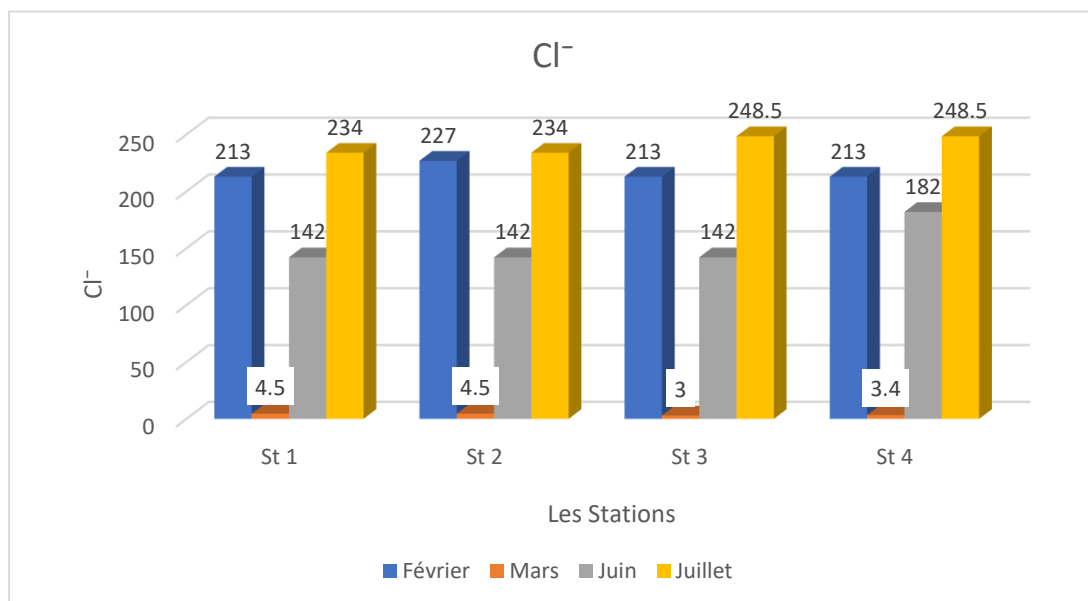
Le changement de la concentration de  $\text{HCO}_3^-$  dans l'eau en mars peut être attribué à des variations dans les conditions climatiques ou les processus biologiques.

**2.8. Les chlorures ( $\text{Cl}^-$ )**

Les résultats des paramètres obtenus, sont représentés dans le tableau suivant :

**Tableau 12 : Tableau des points de  $\text{Cl}^-$  des stations étudiées**

<i>Mois</i>	<i>Les Stations</i>			
	<i>St 1</i>	<i>St 2</i>	<i>St 3</i>	<i>St 4</i>
<i>Février</i>	213	227	213	213
<i>Mars</i>	4,5	4,5	3	3,5
<i>Juin</i>	142	142	142	182
<i>Juillet</i>	227	234	248,5	248,5



**Figure 21 : variation spatiale des  $\text{Cl}^-$  dans les eaux pour les différents échantillons**

Nous observons des valeurs minimales au mois de mars, avec la valeur la plus basse 3 mg/l enregistrée à la station 3 pendant ce mois, et la valeur la plus élevée 248,5 mg/l enregistrée au mois de juillet aux stations 3 et 4.

En comparant la valeur la plus élevée de 248, nous constatons qu'elle est inférieure à 250 selon le tableau des Normes OMS, 2006.

**Discussion :**

Le chlore est l'un des désinfectants naturels pour différents types de bactéries, virus et champignons. Cependant, un excès de chlore peut réagir avec des substances organiques azotées et inorganiques, entraînant une toxicité de l'eau.

La concentration la plus élevée de chlore a été enregistrée en Juillet, avec une valeur de 248,5 mg/l, ce qui dépasse la limite autorisée selon le tableau (150 mg/l).

Cette augmentation est due à la teneur en chlore (CaCl) provenant des eaux des stations industrielles, ainsi qu'à la nature des roches géologiques de la région (décomposition du calcaire), à la pollution agricole, aux pesticides et aux déchets ménagers.

**2.9. Le calcium (Ca<sup>2+</sup>)**

Les résultats des paramètres obtenus, sont représentés dans le tableau suivant :

**Tableau 13 : Tableau des points de Ca<sup>2+</sup> des stations étudiées**

<i>Mois</i>	<i>Les Stations</i>			
	<i>St 1</i>	<i>St 2</i>	<i>St 3</i>	<i>St 4</i>
<i>Février</i>	<i>112</i>	<i>128</i>	<i>128</i>	<i>112</i>
<i>Mars</i>	<i>10</i>	<i>10,5</i>	<i>8</i>	<i>8</i>
<i>Juin</i>	<i>96</i>	<i>96</i>	<i>96</i>	<i>96</i>
<i>Juillet</i>	<i>83</i>	<i>83</i>	<i>83</i>	<i>83</i>

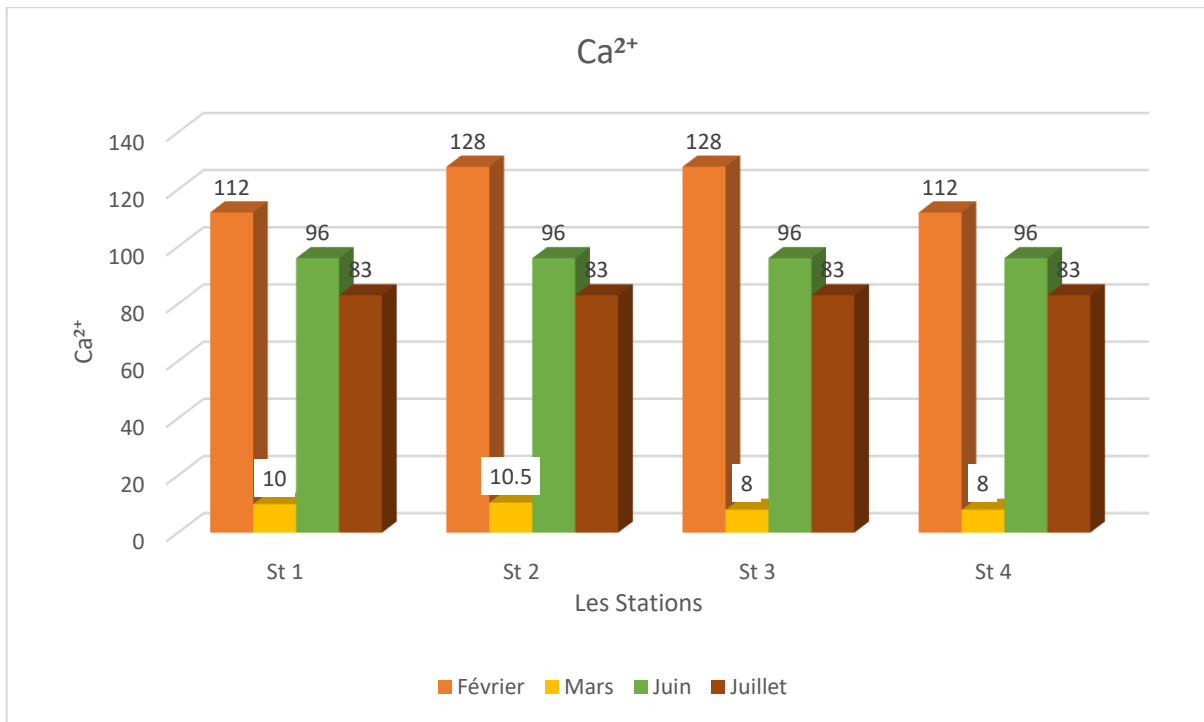


Figure 22 : variation spatiale du Ca<sup>+</sup> dans les eaux pour les différents échantillons

Nous observons d'après la Figure 22 et le Tableau 12 que les valeurs sont similaires dans les quatre stations durant les mois de juin et juillet. Nous remarquons également une valeur maximale de 128 mg/l aux stations 2 et 3 pour le mois de Février, et une valeur minimale de 8 mg/l à la 3 et 4 pour le mois de Mars.

En comparant les résultats, nous constatons que la valeur la plus élevée enregistrée est de 128 mg/l, ce qui est inférieur à 100 mg/l selon les Normes OMS 2006.

### **Discussion :**

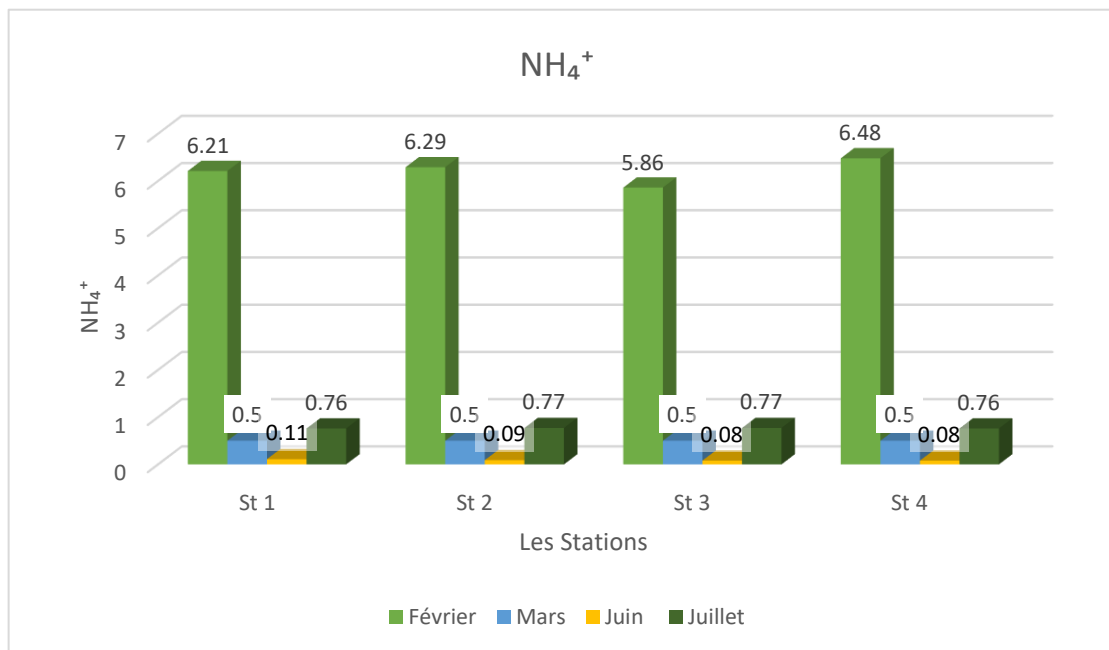
La source du Calcium dans l'eau du Barrage de K'sob provient de l'altération chimique des roches et des minéraux qui contiennent cet élément. De plus, les activités humaines contribuent également à son augmentation dans l'eau.

### 2.10. L'ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)

Les résultats des paramètres obtenus, sont représentés dans le tableau suivant :

**Tableau 14 : Tableau des points de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> des stations étudiées**

Mois	Les Stations			
	St 1	St 2	St 3	St 4
<b>Février</b>	<b>6,21</b>	<b>6,29</b>	<b>5,86</b>	<b>6,48</b>
<b>Mars</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>
<b>Juin</b>	<b>0,11</b>	<b>0,09</b>	<b>0,08</b>	<b>0,08</b>
<b>Juillet</b>	<b>0,76</b>	<b>0,77</b>	<b>0,77</b>	<b>0,76</b>



**Figure 23 : Variation spatiale du NH<sub>4</sub><sup>+</sup> dans les eaux pour les différents échantillons**

Après avoir examiné les résultats obtenus dans la Figure 19 et le Tableau 11, nous observons que la valeur la plus élevée est de 6,48 mg/l, a été enregistrée à la station 4 pendant le mois de Février, tandis que la valeur la plus basse est de 0,08 mg/l, a été enregistrée à la station 3 et 4 pendant le mois de Juin.

En comparant les résultats avec le réseau de qualité des eaux de surface (ABH 2009), nous concluons que l'eau du barrage K'sob est de très mauvaise qualité (eau polluée).

***Discussion***

En comparant la valeur la plus élevée de  $(\text{NH}_4^+)$  du mois de Février avec les autres mois, on constate une différence très marquée. Cela est dû aux précipitations enregistrées dans les wilayas de Bordj et de M'sila pendant les mois d'hiver, ce qui a entraîné un changement dans la composition de l'eau

## ***Conclusion***

L'eau est l'élément essentiel qui fait battre le cœur de notre planète. Elle forme les océans, les rivières et les lacs, et circule dans les profondeurs de la Terre et dans les corps des êtres vivants.

Ce liquide transparent et simple est le secret de la vie : il revitalise la Terre avec sa fertilité, crée l'équilibre écologique, permet aux plantes de croître, aux animaux de survivre et aux humains de prospérer. Sans lui, aucun être vivant ne pourrait continuer à exister.

Bien que l'eau couvre une grande partie de la surface terrestre, l'eau douce dont nous avons besoin pour boire, pour l'agriculture et pour l'industrie constitue une petite fraction seulement. D'où l'importance de préserver cette ressource précieuse et d'assurer sa durabilité pour les générations futures. L'eau n'est pas simplement un liquide, mais une artère vitale et l'essence de la durabilité sur notre planète.

Notre étude s'est concentrée sur l'analyse de la qualité physique et chimique des eaux provenant de 4 stations dans le barrage de K'sob.

Afin d'évaluer la qualité physico-chimique des eaux du barrage K'sob de la région de M'sila, nous avons mesuré divers paramètres tels que la température, le pH, la conductivité, les chlorures et le calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) et autres.

Dont, nous avons employé différentes méthodes et équipements, notamment le multi paramètres pour les paramètres physiques, ainsi que la méthode spectrométrique et la méthode titrimétrique à l'EDTA pour les paramètres chimiques.

Après avoir comparé les résultats obtenus avec ceux mentionnés dans l'étude « Contribution de SIG à l'étude des propriétés physico-chimiques des eaux de surface as du barrage K'sob, wilaya de M'sila – Algérie' de l'année 2019 » et avec les différentes normes, l'eau du barrage n'est pas destinée à la potabilité

Nous pouvons constater que les résultats obtenus au cours des années 2019 et 2024 sont similaires. Selon la classification de la qualité des eaux en Algérie (ABH, 2009) les eaux du barrage k'sob sont de mauvaise qualité. Alors que d'après l'Organisation mondiale de la santé (OMS, 2006) et les normes algériennes (JORA 2014) l'eau du barrage est de bonne qualité.

Il en résulte que l'eau provenant de ces sources peut être considérée comme appropriée pour l'irrigation, à condition d'effectuer des évaluations et des analyses supplémentaires pour assurer la qualité globale de l'eau.

Il est important de noter qu'il existe d'autres critères spécifiques et des recherches plus approfondies qui pourraient être nécessaires pour une évaluation complète de la qualité de l'eau.

Les résultats doivent être renforcés et complétés par d'autres éléments pour fournir une évaluation finale. Il est essentiel d'évaluer périodiquement la qualité de l'eau pour garantir qu'elle reste propre à l'usage.

## **Références bibliographiques**

1. ABDELKRIM N, BAABOUCHE S.,2023 .Mémoire de fin d'études. Contribution de SIG à l'étude des propriétés physico-chimiques des eaux de surface . Cas du barrage K'sob wilaya de M'sila –Algérie. Université Mohamed Boudiaf - M'sila
2. ABH, 1999-2004. Les Cahiers de l'Agence N°12. Le Bassin du Kébir-Rhumel. Agence de Bassin Hydrographique Constantinois-Seybouse-Mellegue, Ministère des Ressources en Eau, 44p
3. AFRI-MEHENNAOUI FZ, 1998. Contribution à l'étude physico-chimique et biologique de l'Oued Kébir-Rhumel et de ses principaux affluents. Mémoire de magister en Ecologie. Université Mentouri, Constantine, 238p
4. ASSOULINE J. et ASSOULINE S., 2007 : Géopolitique de l'eau. Nature et enjeu. Edition Studyrama, 140 p.
5. AROUA A., (1994). L'homme et son milieu. Edition société national. Alger. 73p.
6. AURIE C., FERRA Ch., MÉDORI P., DÉVAUX J., (2012). Livre. Ecologie : Approche scientifique et pratique. (T. & D. Lavoisier,6<sup>ème</sup> Éd.). 467p.
7. BENNENI H., BOUARISSA B., (2020). Mémoire de fin d'études. Epuration des eaux usées, analyse et synthèse des données scientifiques. Cas de station d'épuration des eaux de la wilaya de Bordj Bou Arreridj : Prospection, évaluation du rendement épuratif. Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A. 80p.
8. BOUZIANI M., (2000). Livre. L'eau de la pénurie aux maladies. Edition IBN Khaldoun. Oran. 247p.
9. COLLIN J., 2004 : Les eaux souterraines, connaissance et gestion. BRGM édition, France, 169 p.
10. FABY J.A., BRISSAUD F., (1997). L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation.Office International de l'Eau. 76p.
11. HAMED M Et AL, 2012. Etude des propriétés physico-chimiques et bactériologiques de l'eau du barrage Djorf-Torba Bechar. Mémoire d'Ingénieur d'état en Biologie. Université de Bechar.
12. LADJEL F., (2006). Mémoire de fin d'études. Exploitation d'une station d'épuration à boue activée niveau 02. Centre De formation au métier l'assainissement. CFMA-Boumerdes. 80p.

13. LARBI A, 2004. Contribution à l'étude de la qualité des eaux de barrages de la région centre de l'Algérie. Mémoire d'ingénieur. Ecole Nationale Supérieure de l'Hydraulique Blida, Alger.
14. MABROUKI Kh., SAOUDI H., (2020). Mémoire de fin d'études. Utilisation du SIG pour étudier La perturbation écologique De L'Oued K'sob bassin versant De K'sob - Algérie, Université Mohamed BOUDIAF, M'sila, 126p.
15. MAYET J., (1994). La pratique de l'eau. Traitements aux points d'utilisation. le Moniteur. 2ème Edition. 382p.
16. MEROUANI S. et BOUGUEDAH A., 2013 : Etude de la pollution chimique et la vulnérabilité à la pollution des eaux souterraines de la cuvette d'Ouargla. Mémoire master : Université Kasdi Merbah Ouargla, 59 p.
17. METAHRI S., 2012 : Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées par les procédés mixtes : cas de la STEP EST de la wilaya de Tizizou, thèse de doctorat : département d'agronomie. Université Mouloud MAMMERI de Tizi-ouzou, Algérie, 148 p.
18. MIQUEL G., 2003. La qualité de l'eau et de l'assainissement en France. Office Parlementaire d'Evaluation des Choix Scientifiques et Technologiques, Tome I, 198 p.
19. OMS, 2006. : Directives de qualité pour l'eau de boisson. 3eme Edition, Volume 1, Genève, 110 p.
20. OMS, 2014 – Normes Qualite-A-Eaux-Irrigation. <https://www.scribd.com/document/698424671/>
21. RAMADE F, 1998. Dictionnaire encyclopédique des sciences de l'eau. Ed inscience internationale, Paris, 786p.
22. REMINI, B. HALLOUCHE, W. (2005). Prévision de l'envasement dans les barrages du maghreb. Larhyss J., n04, pp 69-80.
23. RODIER J., 2009. Analyse de l'eau. Eaux naturelles. Eaux résiduaires. Eau de mer. 9ème édition. Ed. Dunod bordas, Paris. 1526.
24. RODIER J., LEGUBE B., MERLET N., et COLL., (2009). Livre. L'analyse de l'eau(9ème édition) : Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eaux de mer. Dunod., France. 1600p.
25. SAADI N., (2016). Mémoire de fin d'études. Etude de l'envasement du barrage K'SOB (Wilaya de M'silla). Université Mohamed BOUDIAF, M'sila, 52p.
26. SAIDI S., 2014 : La qualité des eaux du sous bassin versant de l'oued aissi. Mémoire ingénieure. Université Mouloud Mammeri, Tizi-ouzou, 169 p.

27. SARI H., 2014 : Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines dans la plaine du Harouz. Mémoire de licence, Université Cadi Ayyad, Marrakech, 82 p
28. SAVARY P., (2010) : Guide des analyses de la qualité de l'eau, Ed. Territorial Voiron, France.
29. STELLMAN, J. M., (2000). Pollution des eaux superficielles. In Encyclopédie de la santé et de la sécurité au travail. Genève : Organisation internationale du travail., 2. 4838p.
30. TOUATI L., (2021). Cours de pollution des eaux. Niveau Master 1 Écologie Fondamentale & Appliquée. Université Mentouri de Constantine. 31p.
31. VASCO, A. (2017). La répartition de l'eau sur Terre. Revue de Géosciences, 45(2), 123-145. Paris : Éditions Hydrologie.

**Web Site :**

1. Agence de l'eau - Évaluation de l'état des masses d'eau
2. <https://www15https://www.eaufrance.fr/les-souterraines.projetecolo.com/pollution-de-l-eau-lespolluants-naturels-de-l-eau-432.html#:~:text=Lorsque%20les%20cendres%20tombent%20dans,>
3. Onema - Surveillance de la qualité des eaux superficielles
4. Laboratoire Départemental D'analyses
5. Les types de pollutions de l'eau - Persée (persee.fr)
6. Ministère de la Transition écologique et solidaire - Qualité des eaux superficielles
7. Ministère de la Transition écologique et solidaire: Les polluants des eaux superficielles

Annexe



ANNEXE  
Paramètres de qualité de l'eau de consommation humaine  
Tableau 1 : paramètres avec valeurs limites

GRUPE DE PARAMETRES	PARAMETRES	UNITES	VALEURS LIMITES
Paramètres chimiques	Aluminium	mg/l	0,2
	Ammonium	mg/l	0,5
	Baryum	mg/l	0,7
	Bore	mg/l	- Eaux conventionnelles : 1 - Eaux déssalées ou déminéralisées : 1,3
	Fluorures	mg/l	1,5
	Nitrates	mg/l	50
	Nitrites	mg/l	0,2
	Oxydabilité	mg/l O <sub>2</sub>	5
	Acrylamide	µg/l	0,5
	Antimoine	µg/l	20
	Argent	µg/l	100
	Arsenic	µg/l	10
	Cadmium	µg/l	3
	Chrome total	µg/l	50
	Cuivre	mg/l	2
	Cyanures	µg/l	70
	Mercure	µg/l	6
	Nickel	µg/l	70
	Plomb	µg/l	10
	Sélénium	µg/l	10
	Zinc	mg/l	5
	Hydrocarbures polycycliques aromatiques (H.P.A) totaux	µg/l	0,2
	Fluoranthène, benzo (3,4) fluoranthène, benzo (1,1,2) fluoranthène, benzo (3,4) pyrène, benzo (1,1,2) pérylène, indéno (1,2,3-cd) pyrène, benzo (3,4) pyrène	µg/l	0,01
Benzène	µg/l	10	
Toluène	µg/l	700	
Ethylbenzène	µg/l	300	

# Normes de qualité A

## Eaux destinées à l'irrigation

	PARAMETRES	VALEURS LIMITES
<b>PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES</b>		
SALINITE		
28	Salinité totale (STD) mg/l*	7680
	Conductivité électrique (CE) mS/cm à 25°C*	12
29	Infiltration le SAR** du = 0 - 3 et CE = 3 - 6 et CE = 6 - 12 et CE = 12 - 20 et CE = 20 - 40 et CE =	<0,2 <0,3 <0,5 <1,3 <3
<b>IONS TOXIQUES (affectant les cultures sensibles)</b>		
30	Sodium (Na) ▪ Irrigation de surface (SAR**) ▪ Irrigation par aspersion (mg/l)	9 69
31	Chlorures (Cl) ▪ Irrigation de surface (mg/l) ▪ Irrigation par aspersion (mg/l)	350 105
32	Bore (B) (mg/l)	3
<b>EFFETS DIVERS (affectant les cultures sensibles)</b>		
33	Température (°C)	35
34	pH	6,5-8,4
35	Matières en suspension mg/l ▪ Irrigation gravitaire ▪ Irrigation par aspersion et localisée	2000 100
36	Azote nitrique (N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) en mg/l)	30
37	Bicarbonate (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) Irrigation par aspersion (mg/l)	518
38	Sulfates (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ) en mg/l	250

\* A partir d'une conductivité électrique de 3 mS/cm, une eau nécessite des restrictions sévères pour l'irrigation, mais des rendements de 50% du rendement potentiel peuvent être réalisés avec des eaux de 8.7 mS/cm (cas de l'orge).

\*\* SAR = sodium absorption ratio (coefficient d'absorption du sodium)

CE = conductivité électrique