



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République algérienne démocratique et populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministre de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Abbas Laghrou Khenchel

Faculté Science de la Nature et de la Vie

Département d'Ecologie et Environnement

جامعة عباس لغرور خنشلة

كلية علوم الطبيعة والحياة

قسم البيئة و المحيط

## MEMOIRE

Pour l'obtention du Diplôme de Master Académique

En Ecologie et Environnement

## OPTION

Ecologie Fondamentale et Appliquée

## THEME

*Bio-évaluation de la qualité des eaux d'oued El Hamma  
(W-Khenchela)*

Présenter Par

LAMINE Ouchene

CHOUIAB Benaroua

Devant le jury composé de :

- |                 |                             |           |
|-----------------|-----------------------------|-----------|
| ▪ LARBA Rabah   | MCB Université de Khanchela | Président |
| ▪ MEZHOUD Amel  | MAA Université de Khanchela | Encadreur |
| ▪ OUANES Miyada | MCB Université de Khanchela | Examineur |

Années universitaire : 2022/ 2023

## **Remerciements**

*Avant tout nous remercions notre bon dieu le tout puissant pour le courage et la force et la volonté qui nous a accordé pour accomplir ce travail.*

*Nous remercions bien sincèrement notre promoteur Mme Mezhoud Amel votre compétence, votre accueil et votre encadrement ont toujours suscité notre profond respect.*

*Nous vous remercions pour nous avoir suivis dans l'élaboration de ce travail et pour toute la confiance qu'elle a su nous témoigner durant cette étude.*

*Nous tenons aussi à exprimer nos plus grands respects et nos vifs remerciements aux membres du jury qui ont bien voulu examiner ce travail.*

*Nous remercions vivement dr hichem khammar responsable de laboratoire de recherche écologie fonctionnelle et environnement de oum el bouagi et dr nadir bouchmaa et aymen guerraï et salah eddine melah , nous leur souhaitons le meilleur dans leur carrière scientifique, ainsi que Nous nous remercions beaucoup pour ce travail que nous avons accompli sans problème les uns avec les autres.*

*Nos remerciements les plus chaleureux et les plus profonds s'adressent à nos familles pour leurs soutiens, leurs encouragements et leurs patiences.*

*Enfin, nous remercions tous ceux qui nous ont aidés de près de loin à réaliser ce travail.*

# *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail :*

*Aux êtres les plus chers à mon cœur, ceux qui ont  
sacrifié leur vie Pour ma réussite*

*Ceux qui n'ont jamais cessé de formuler des prières à  
mon égard, de me soutenir et de m'épauler pour que je  
puisse atteindre mes objectifs Ma Mère et Mon Père,  
que Dieu les garde et les protège*

*A mes sœurs,*

*A mes frères,*

*A ma famille benaroua*

*A tous mes amis*

*A mon frere islem guerrab*

*A mes collègues salah eddine melah et Heythem bouali  
à tous ceux qui m'ont vivement encouragé à réaliser ce  
travail*

*Chouaib Benaroua*

# *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail :*

*Aux êtres les plus chers à mon cœur, ceux qui ont  
sacrifié leur vie Pour ma réussite*

*Ceux qui n'ont jamais cessé de formuler des prières à  
mon égard, de me soutenir et de m'épauler pour que je  
puisse atteindre mes objectifs Ma Mère et Mon Père,  
que Dieu les garde et les protège*

*A ma sœur, hadjer*

*A mon frère, chouiab benaroua*

*A tout mes amis*

*A mon frere bilél bouakez et brahim*

*A mon frere islem guerrab*

*A mes collègues Bouali Heythiem et salah eddine melah*

*À tous ceux qui m'ont vivement encouragé à réaliser ce  
travail*

*Lamine ouchene*

# Table des matières

# Tables des matières

---

Listes des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

## Introduction

## Chapitre I : Matériel et méthode

### Partie I : Description de la zone d'étud.....1

1. La situation géographique de wilaya de Khenchela .....1

2. La topographie de la wilaya de Khenchela.....1

3. La situation géographique de la zone d'étude.....2

4. Le réseau hydrographique.....4

5. Situation géologique et hydrogéologique.....5

6.

Climat.....5

6.1. Analyse des données climatiques.....5

6.1.1. Les précipitations .....5

6.1.2. Température.....7

6.2. Le Diagramme Ombrothermique de Gaussen .....8

7. Les indices climatiques .....9

7.1. Indice d'aridité de De MARTONN .....9

7.2. Quotient et climatogramme pluviométrique d'Emberger .....10

### Partie II : Partie pratique .....11

1. Prélèvement, transport et conservation des échantillons d'eau..... 11

1.1. Le choix des sites de prélèvement .....11

1.2. Prélèvements .....12

1.3. Variables physico-chimiques étudiées .....12

1.4. Méthodes de prélèvement pour l'étude du phytoplancton .....12

## Chapitre II : Résultat et discussion

Introduction .....	16
I. Discussion des résultats physico-chimiques .....	16
1. Paramètres physiques.....	16
1.1. La température.....	16
1.2. Le potentiel hydrogène pH .....	17
1.3. La conductivité électrique .....	18
1.4. La salinité .....	19
1.5. L'oxygène dissous O <sub>2</sub> .....	21
1.6. Le total des sels dissous .....	21
2. Paramètres chimiques .....	22
2.1. Eléments majeurs .....	22
2.1.1. Les Sulfates (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ) .....	22
2.1.2. Les chlorures (Cl <sup>-</sup> ) .....	23
2.1.3. Le sodium (Na <sup>2+</sup> ) .....	24
2.1.4. Le potassium (K <sup>+</sup> ) .....	25
2.1.5. Le Calcium (Ca <sup>2+</sup> ) .....	26
2.1.6. Les Bicarbonates (HCO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> ) .....	27
2.1.7. Magnésium (Mg <sup>2+</sup> ).....	28
2.2. Les nutriments.....	29
2.2.1. L'azote ammoniacal (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ).....	29
2.2.2. L'azote nitreux (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ) .....	30
2.2.3. L'azote nitrique (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ).....	31
2.2.4. Les ortho-phosphates (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ) .....	32
2.2.5. Les poly-phosphates (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> <sup>-</sup> ) .....	33
2.2.6. Les silicates (SiOH <sub>4</sub> ) .....	34

## *Tables des matières*

---

2.3. Matières organiques (MO).....	35
2.3.1. La matière en suspension (MES) .....	35
2.3.2. Le résidu sec (R.S) .....	36
3. Détermination des principaux faciès hydro-chimiques .....	37
3.1. Représentation graphique des faciès hydro-chimiques.....	38
3.1.1. Diagramme de Piper .....	38
3.1.2. Diagramme de SCHOELLER-BERKALOFF .....	39
4. Aptitude à l'irrigation .....	41
4.1. Classification de Riverside.....	41
4.2. Classification de Wilcox.....	43
II. Etude phytoplantonique.....	45
1. Identification.....	45
2. Les indices écologiques .....	47
2.1. Indices écologiques de compositions.....	47
2.1.1. La richesse spécifique, ou la richesse totale (S) .....	47
2.2. Les indices écologiques de structure .....	48
2.2.1. L'indice de diversité de Shannon –Weaver (H').....	48
2.2.2. L'indice d'équitabilité (E).....	49
2.2.3. L'indice de diversité de Simpson.....	50

### **Conclusion**

Références bibliographique

Abstract

Résumé

ملخص

Annexe

# TABLE DES FIGURES

---

## Listes des figures

<b>Figure 1</b> : Situation géographique de la wilaya de Khenchela.....	1
<b>Figure 2</b> : Carte topographique de la wilaya de Khenchela (Bouafia, 2015).....	2
<b>Figure 3</b> : Situation géographique de la région d'étude.....	3
<b>Figure 4</b> : Le réseau hydrographique de la commune de El 'Hamma.....	4
<b>Figure 5</b> : Les variations des précipitations moyennes mensuelles de la commune d'El-Hamma de la période (2013-2022).....	6
<b>Figure 6</b> : Les variations des températures moyennes mensuelles de la commune d'El-Hamma de la période (2013-2022).....	8
<b>Figure 7</b> : Diagramme Ombrothermique de Gaussen et de Bagnouls période (2013-2022).....	9
<b>Figure 8</b> : Climagramme d'Emberger da la commune d'El Hamma.....	11
<b>Figure 9</b> : Filet à plancton.....	13
<b>Figure 10</b> : Variation spatiotemporelle de la température des eaux d'oued El- Hamma exprimé en pendant la période de suivi (Novembre -Mars) 2023. ....	17
<b>Figure 11</b> : Variation spatiotemporelle des potentiels d'hydrogène des eaux d'oued El-Hamma pendant la période de suivi (Novembre -Mars) 2023.....	18
<b>Figure 12</b> : Variation spatiotemporelle de la conductivité électrique des eaux d'oued El-Hamma exprimé en $\mu\text{S} / \text{cm}$ pendant la période de suivi (Novembre -Mars) 2023.....	19
<b>Figure 13</b> : Variation spatiotemporelle de la salinité des eaux d'oued El- Hamma exprimé en $(\text{mg} \cdot \text{l}^{-1})$ pendant la période de suivi (Novembre -Mars) 2023.....	20
<b>Figure 14</b> : Variation spatiotemporelle l'oxygène dissous des eaux d'oued El- Hamma pendant la période de suivi (Novembre -Mars) 2023.....	21

## **TABLE DES FIGURES**

---

<b>Figure 15 :</b> Variation spatiotemporelle des totaux des sels dissous des eaux d'oued El-Hamma pendant la période de suivi (Novembre -Mars) 2023.....	22
<b>Figure 16:</b> Variation spatiotemporelle des teneurs en sulfates des eaux d'oued El- Hamma exprimé en (mg .l-1) pendant la période de suivi (Novembre -Mars) 2023.....	23
<b>Figure 17:</b> Variation spatiotemporelle des teneurs en chlorures des eaux d'oued El- Hamma exprimé en (mg .l-1) pendant la période de suivi (Novembre -Mars) 2023.....	24
<b>Figure 18:</b> Variation spatiotemporelle des teneurs en sodium des eaux d'oued El- Hamma exprimé en (mg .l-1) pendant la période de suivi (Novembre -Mars) 2023.....	25
<b>Figure 19 :</b> Variation spatiotemporelle des teneurs en potassium des eaux d'oued El- Hamma exprimé en (mg .l-1) pendant la période de suivi (Novembre -Mars) 2023.....	26
<b>Figure 20:</b> Variation spatiotemporelle des teneurs en calcium des eaux d'oued El- Hamma exprimé en (mg .l-1) pendant la période de suivi (Novembre -Mars) 2023.....	27
<b>Figure 21:</b> Variation spatiotemporelle des Bicarbonates des eaux d'oued El- Hamma exprimé en (mg .l-1) pendant la période de suivi (Novembre -Mars) 2023.....	28
<b>Figure 22:</b> Variation spatiotemporelle des teneurs en magnésium des eaux d'oued El-Hamma exprimé en (mg .l-1) pendant la période de suivi (Novembre -Mars) 2023.....	29
<b>Figure 23:</b> Variation spatiotemporelle des teneurs en azote ammoniacal des eaux d'oued El-Hamma exprimé en (mg .l-1) pendant la période de suivi (Novembre -Mars) 2023.....	30
<b>Figure 24:</b> Variation spatiotemporelle des teneurs en azote nitreux des eaux d'oued El-Hamma exprimé en (mg .l-1) pendant la période de suivi (Novembre -Mars) 2023.....	31
<b>Figure 25:</b> Variation spatiotemporelle des teneurs en azote nitrique des eaux d'oued El-Hamma exprimé en (mg .l-1) pendant la période de suivi (Novembre -Mars) 2023.....	32
<b>Figure 26:</b> Variation spatiotemporelle des teneurs en phosphates des eaux d'oued El- Hamma exprimé en (mg .l-1) pendant la période de suivi (Novembre -Mars) 2023.....	33
<b>Figure 27:</b> Variation spatiotemporelle des poly-phosphates des eaux d'oued El- Hamma exprimé en (mg .l-1) pendant la période de suivi (Novembre -Mars) 2023.....	34

## **TABLE DES FIGURES**

---

<b>Figure 28:</b> Variation spatiotemporelle des teneurs en silicates des eaux d'oued El- Hamma exprimé en (mg .l-1) pendant la période de suivi (Novembre -Mars) 2023.....	35
<b>Figure 29:</b> Variation spatiotemporelle de matière en suspension des eaux d'oued El- Hamma exprimé en (mg .l-1) pendant la période de suivi (Novembre -Mars) 2023.....	36
<b>Figure 30:</b> Variation spatiotemporelle des résidus secs des eaux d'oued El- Hamma exprimé en (mg .l-1) pendant la période de suivi (Novembre -Mars) 2023.	37
<b>Figure 31:</b> Représentation des échantillons des points d'eaux d'oued El Hamma sur le diagramme de Piper (Campagne 2023).....	39
<b>Figure 32:</b> Diagramme de SCHOELLER-BERKALOFF des analyses des points d'eaux d'oued El Hamma (Campagne 2023).....	40
<b>Figure 33:</b> Représentation des échantillons des points d'eaux d'oued El Hamma (sur le diagramme de Riverside Campagne 2023)..	42
<b>Figure 34:</b> Représentation des échantillons des points d'eaux d'oued El Hamma Sur le diagramme de Wilcox (Campagne 2023).....	44
<b>Figure 35:</b> Le nombre d'individu par station d'oued El Hamma durant la période (NOUVEMBRE2022-MARS 2023).....	46
<b>Figure 36:</b> Le nombre d'individu par genre d'oued El Hamma la période (NOUVEMBRE2022-MARS 2023).....	47
<b>Figure 37:</b> La richesse spécifique des espèces (N° de taxonomie) d'oued El Hamma la période (NOUVEMBRE2022-MARS 2023).....	48
<b>Figure 38:</b> Variation des valeurs de l'indice de Shannon, des eaux d'oued El Hamma pendant la période (Novembre 2022-mars 2023).....	49
<b>Figure 39:</b> L'indice d'équitabilité des eaux d'oud El Hamma pendant la période (Novembre 2022- mars 2023).....	49
<b>Figure 40:</b> L'indice de Simpson des eaux d'oued El Hamma pendant la période (Novembre 2022 et mars 2023).....	50

# ***LISTE DES TABLEAUX***

---

## **Liste des tableaux**

<b>Tableau 1:</b> Les coordonnées géographiques de station d'El Hamma.....	5
<b>Tableau 2:</b> Valeurs moyennes mensuelles des précipitations de la période (2013-2022).....	6
<b>Tableau 3:</b> Valeurs moyennes mensuelles de la température de la période (2013-2022).....	7
<b>Tableau 4:</b> Type de climat selon l'indice d'aridité.....	10
<b>Tableau 5:</b> Méthode et principe des analyses physique et chimique de la qualité des eaux. .....	14
<b>Tableau 6:</b> Identification des phytoplancton.....	45

## *LISTE DES ABREVIATIONS*

---

UN : Nations Unies

ANRH : Agence National des Ressources Hydriques

GPS : global position system.

C° : degré Celsius.

F° : degré Faraday.

$\lambda$  : longueur d'onde.

mm : Millimètre .

K° : Kalven.

Q2 : Quotient d'Emberger.

P : Précipitation.

T : Température.

PSU: Practical Salinity Unit

CE : Conductivité électrique

Cl-: Chlorure

MES : matière en suspension

OMS : organisation mondiale de la santé

pH : potentiel hydrogène

SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>: Sulfate

NH<sub>4</sub><sup>+</sup>: Ammonium

NO<sub>3</sub><sup>-</sup>: Nitrate

NO<sub>2</sub><sup>-</sup>: Nitrite

TH : titre hydrotimétrique

TAC : titre alcalimétrique complet

## *LISTE DES ABREVIATIONS*

---

Ca<sup>2+</sup> Calcium

CaCO<sub>3</sub> Carbonate de Calcium

CE Conductivité électrique

Cl<sup>-</sup> Chlorurer

%:Pourcentage

Ia : Indice d'aridité

Km : Kilomètre

Km<sup>2</sup> : Kilomètre carré

L : Liter

m/s : Mètre par second

Max : Maximum

mg/l : Milligramme par liter

Mg<sup>+</sup> : Magnésium

Mim : Minimum

Mm : Millimètre

Moy : moyenne

N<sup>o</sup> : numéro

Na<sup>+</sup> : Sodium

O<sub>2</sub> : Oxygène dissous

P : Précipitation

PO<sub>4</sub> : Ortho-Phosphate

SAR : Sodium absorbé par le sol

T : Température

## ***LISTE DES ABREVIATIONS***

---

TDS : Total des Solide Dissous

TH : Titre hydrométrique

Ms : Micro siemens

# Introduction générale

# **INTRODUCTION GENERALE**

---

## **Introduction générale**

L'eau joue un rôle important dans le soutien des activités humaines productives telles que l'agriculture, l'énergie, l'industrie, l'assainissement, les services de transport, la pêche et le tourisme (UNEP, 2009).

De plus, l'eau est un élément clé pour la santé humaine et la préservation de l'environnement. Cependant, la contamination de l'eau par des agents pathogènes et des produits chimiques toxiques peut avoir des conséquences graves sur la santé humaine et les écosystèmes (WHO, 2019).

Est une ressource naturelle qui doit être gérée de manière durable pour répondre aux besoins actuels et futurs des populations et des écosystèmes. Cela nécessite une approche intégrée de la gestion de l'eau qui prend en compte les aspects environnementaux, économiques et sociaux (UN, 2015).

En Algérie, les eaux de surface sont de plus en plus utilisées ces dernières années pour les besoins de l'agriculture, de l'alimentation des populations et de l'industrie.

Cependant, ces eaux de surface sont vulnérables face aux diverses pollutions et sont souvent de qualité médiocre. Elles peuvent contenir des quantités non négligeables en matières organiques naturelles telles que les substances humiques mais aussi des composés organiques issus de divers rejets polluants ou de pratiques agricoles intensives (Ahour, 2001).

Les activités humaines influent donc sur la quantité et la qualité des ressources en eau. Les statistiques nous font croire tout d'abord que, sur l'ensemble des eaux de la surface terrestre, seulement 3% sont constitués d'eaux douces et 97% d'eaux salées. D'autre part, l'eau souterraine représente 30% de ses réserves en eau douce, la plus grande partie étant représentée par les glaciers (Lutete 2012).

Face à l'explosion démographique actuelle, on se rend compte que les ressources en eau douce sont épuisables, et que les activités humaines représentent l'une des causes majeures du stress des écosystèmes aquatiques (Vasquez et al., 1998).

Il faut souligner que les cours d'eau sont parmi les écosystèmes dynamiques les plus complexes, Ils jouent des rôles essentiels dans la conservation de la biodiversité et le fonctionnement des organismes (Keddari et al., 2019).

## **INTRODUCTION GENERALE**

---

Le suivi du plancton doit servir à définir le bon état écologique du milieu. Mieux connaître les populations de planctons animal et végétal, premiers maillons de la chaîne alimentaire, apporte des éléments essentiels sur la qualité de l'eau (**Grillas, 2008**).

Le plancton est constitué de l'ensemble des êtres vivants incapables de lutter contre les courants. Il est présent dans tous les milieux aquatiques (océans, rivières, mares, lac, Oueds) (**Bernadette, 2008**).

Les populations planctoniques fluctuent en fonction de la qualité des eaux : elles sont donc de très bons "outils" pour prendre le pouls du milieu, détecter les déséquilibres et comprendre l'origine des pollutions. On parle alors de bio-indicateur de la qualité du milieu (**Rebbah, 2013**).

Dans les eaux, le phytoplancton constitue la base de la chaîne trophique. Est le premier maillon de la chaîne alimentaire dans l'eau. Sans lui, aucune vie n'est possible. Il est la nourriture des animaux filtreurs (Zooplancton, moules, huîtres...) et des larves d'animaux (**Bernadette, 2008**).

Ces organismes unicellulaires représentent plus de la moitié de la biomasse terrestre. Ils sont également le producteur des 2/3 de l'oxygène de la planète et, par conséquent, une pompe importante de nos émissions de CO<sub>2</sub> (**Sournia, 1986**).

Le phytoplancton l'ensemble de ces organismes unicellulaires, microscopiques et libre, vivants dans les écosystèmes aquatiques. Par rapport à beaucoup d'autres organismes, il se répartit de façon plus ou moins homogène dans la colonne d'eau. Dépendant de la lumière et des substances nutritives, ces organismes microscopiques vivent dans la zone euphotique, soit la strate supérieure des lacs, réservoirs ou étangs d'eau douce (**Frémy et al., 2001**).

Ce phytoplancton peut former des efflorescences par suite de prolifération d'une ou de quelques espèces dans des conditions hydro-climatiques favorables et en particulier le déséquilibre du contrôle par la ressource nutritive. Ainsi, l'apparition de ces efflorescences est liée à plusieurs facteurs, notamment aux concentrations élevées en nutriments (**Kilham, 1984**).

C'est dans cette optique que nous avons abordé cette étude lors de deux campagnes (Novembre 2022- Mars 2023), qui a pour objectifs :

## ***INTRODUCTION GENERALE***

---

- ✓ D'évaluer et caractériser la qualité physico-chimique des eaux d'Oued El Hamma (W. Khanchela), et leur aptitude à l'irrigation, à travers des calculs et l'interprétation des différents paramètres utilisés ;
- ✓ Inventoriés la liste du phytoplancton durant la période d'étude ;
- ✓ La détermination de la richesse et le degré de la diversité du phytoplancton dans les eaux d'Oued El Hamma ;
- ✓ Analyser comment les paramètres physicochimiques autant que principaux facteurs d'ordre abiotiques influent la répartition de la communauté phytoplanctonique.

Pour répondre à ces principaux objectifs, cette étude sera structurée de la manière suivante :

➤ Le premier chapitre est consacré à :

- ❖ Une description de la zone étude ;
- ❖ Comporte les différentes méthodes et matériels utilisée pour d'échantillonnages et l'analyses dans laboratoire.

➤ Le deuxième chapitre est réservé à la présentation graphiques des résultats obtenus et leur discussion.

En fin, notre travail s'achève par une conclusion générale et des perspectives.

# Chapitre I

## Chapitre I

# Matériels et Méthodes

## Matériels et Méthodes

Partie I : Description de la zone d'étude

1. La situation géographique de wilaya de Khenchela

La wilaya de Khenchela est située au nord de l'Algérie, au sud-est de Constantinople, Au pied du mont des Aurès entre les latitudes 34° 06' 36" et 35° 41' 21" nord ; et 06° 34' 12" et 07° 35' 56" est. La superficie est de 9715,6 kilomètres carrés. Elle Géographiquement limitée à la wilaya d'Oum el bouaghi au nord, l'el oued, Tébessa à l'est, Batna à l'ouest, et celui de Biskra (Khaloun, 2014).

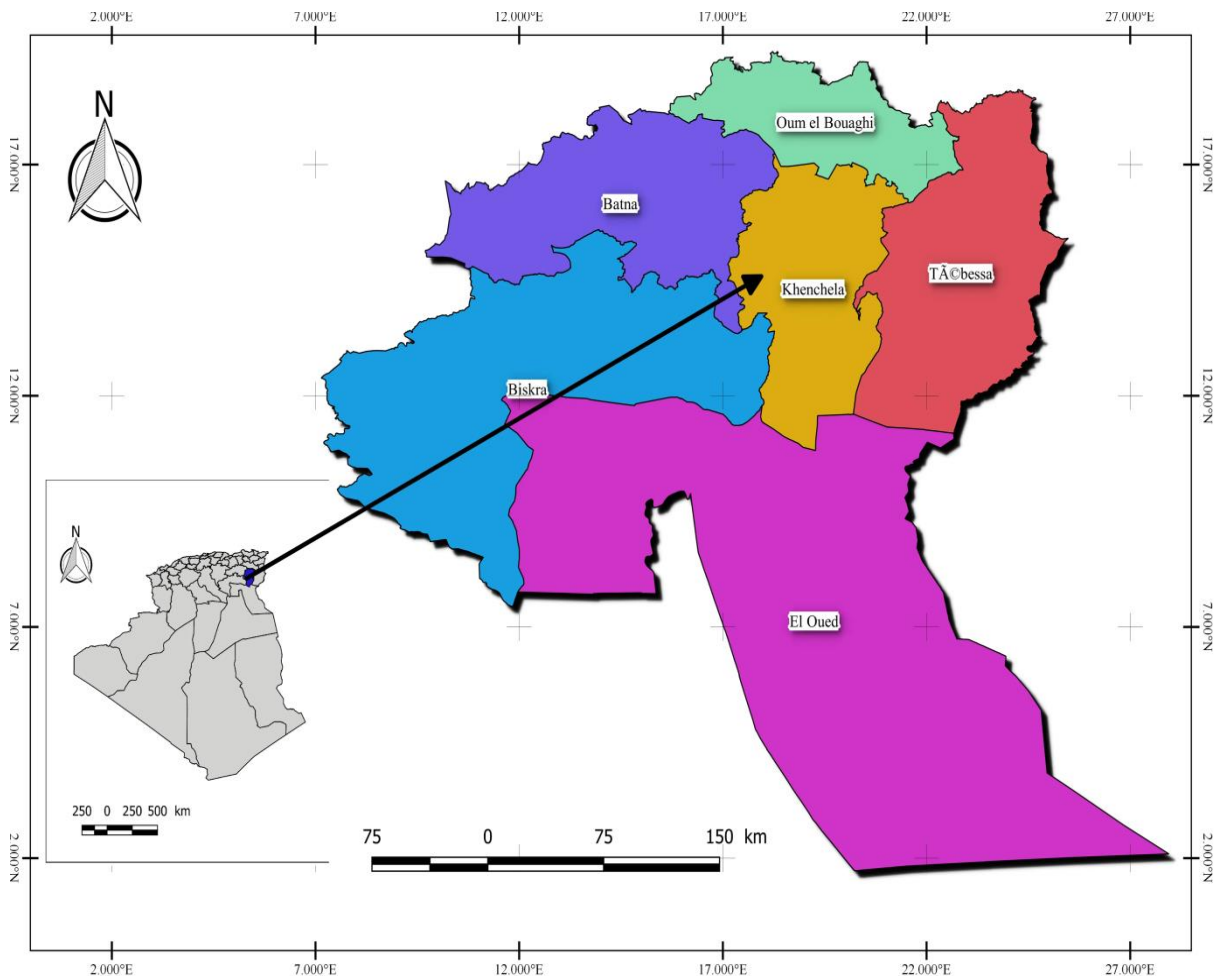


Figure 1 : Situation géographique de la wilaya de Khenchela.

2. La topographie de la wilaya de Khenchela

La wilaya de Khenchela, localisée à l'est de l'Algérie, possède une topographie variée qui la distingue des autres régions du pays. Son relief se compose de plaines, de montagnes et de plateaux.

Au nord, les contreforts du massif de l'Aurès offrent des paysages vallonnés et escarpés, avec le Djebel Chelia culminant à près de 2 228 mètres.

Au sud, la wilaya est bordée par le vaste désert du Sahara, tandis que de vastes plateaux, comme celui de la Tafassasset, s'étendent sur de vastes étendus.

Les rivières et les oueds traversent la région, créant des vallées fertiles propices à l'agriculture. La diversité de la topographie de la wilaya de Khenchela en fait un lieu d'une grande beauté naturelle, offrant une variété de paysages à explorer (**Ministère de l'Intérieur et des Collectivités Locales Algérie. 2015**).

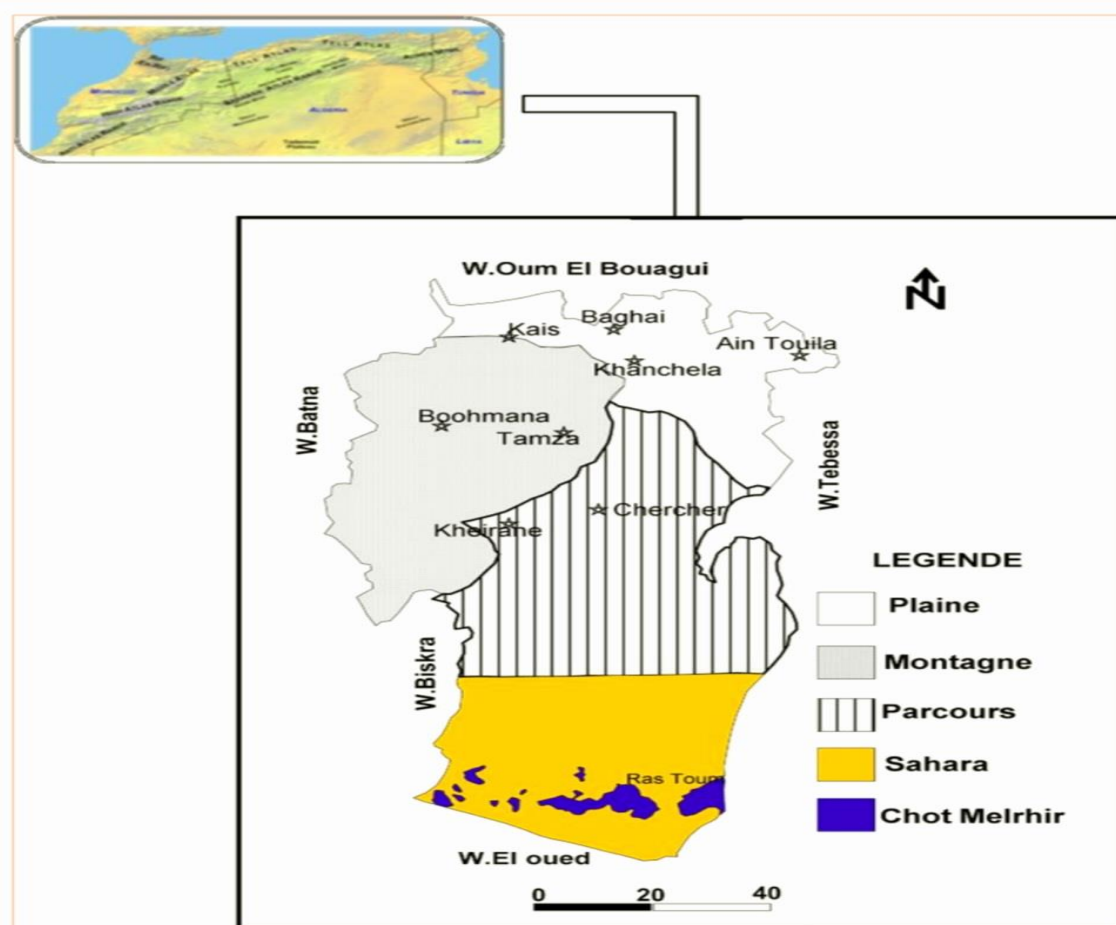


Figure 2 : Carte topographique de la wilaya de Khenchela (Bouafia, 2015).

### 3. La situation géographique de la zone d'étude

Oued el hamma est situé dans La ville d'El Hamma qui est située au Nord-Ouest du chef-lieu de la wilaya de Khenchela. La commune d'El Hamma s'étend entre le massif des Aurès au Sud-Est et la plaine de R'mila au Nord sur une superficie de 168.21 Km<sup>2</sup> sa population est 12050 habitants en 2008 .

La ville d'El Hamma est située à 50 Km du chef-lieu de la wilaya d'Oum el Bouaghi, à 5 Km de chef-lieu de la wilaya de Khenchela, à 14 Km de la commune de Kais et à 2 Km de Hammam Essalhine (**Guerrabe et al., 2015**).

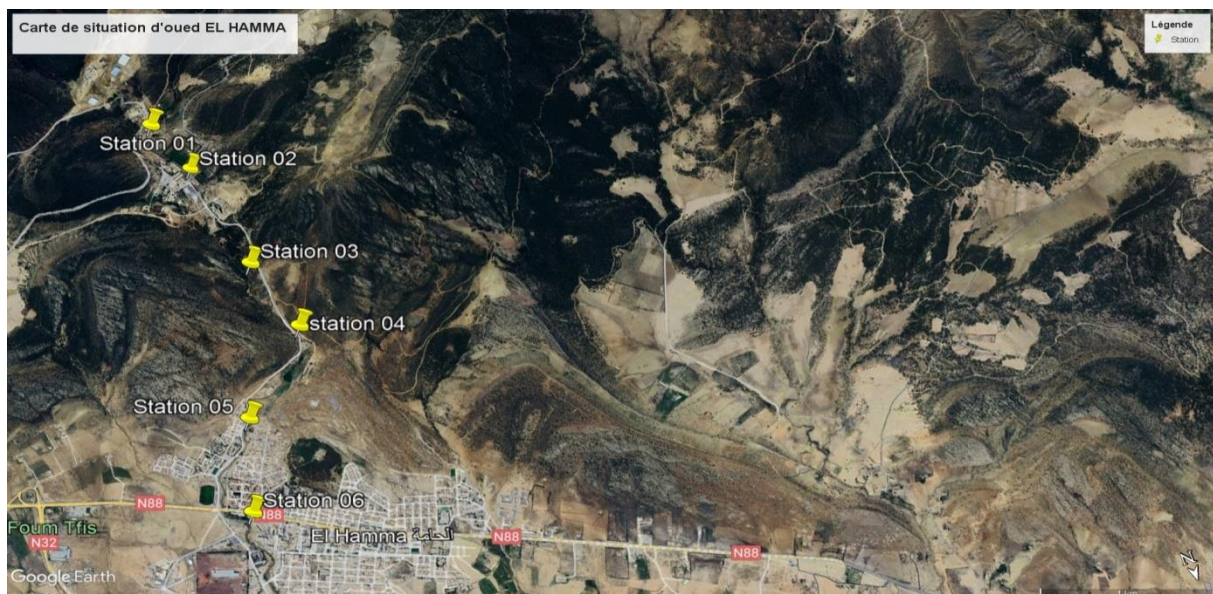
La commune d'El Hamma est définie par les coordonnées suivantes : Les coordonnées sont relevées à partir de la carte d'état-major à l'échelle 1/50000 (**Guerrabe et al., 2015**).

EL HAMMA	Les coordonnées
	X=898.00
	Y=249.50
	Z = 1180.00

Ces limites administratives :

- Au Nord : la wilaya d'Oum El Bouaghi ;
- Au Sud : la commune de Tamza ;
- A l'Est : la commune de Khenchela ;
- A Sud-Ouest : la commune de chelia ;
- A l'Ouest : les commune de touzient. (**Guerrabe et al., 2015**).

La carte si dessous montre l'emplacement de nos 06 stations au long d'oued el hamma.



**Figure 3** : Situation géographique de la région d'étude

4. Le réseau hydrographique

Le secteur hydraulique de la wilaya de Khenchela bénéficie d'importantes ressources en eaux souterraines qui sont réparties entre 205 forages, 335 sources et 4900 puits. En ce qui concerne les eaux superficielles, la région est traversée par un réseau hydrographique extrêmement dense, offrant de nombreux emplacements potentiels pour la construction de barrages et de retenues collinaires.

La wilaya de Khenchela est pourvue de deux barrages : le barrage de Foum El Gais et le barrage de Babar (Anonyme, 2007).

La ville d'El Hamma est contournée par l'Oued El Kissane qui coule en permanence. Ce dernier prend naissance dans les sources Thermales de Hammam Essalhine.

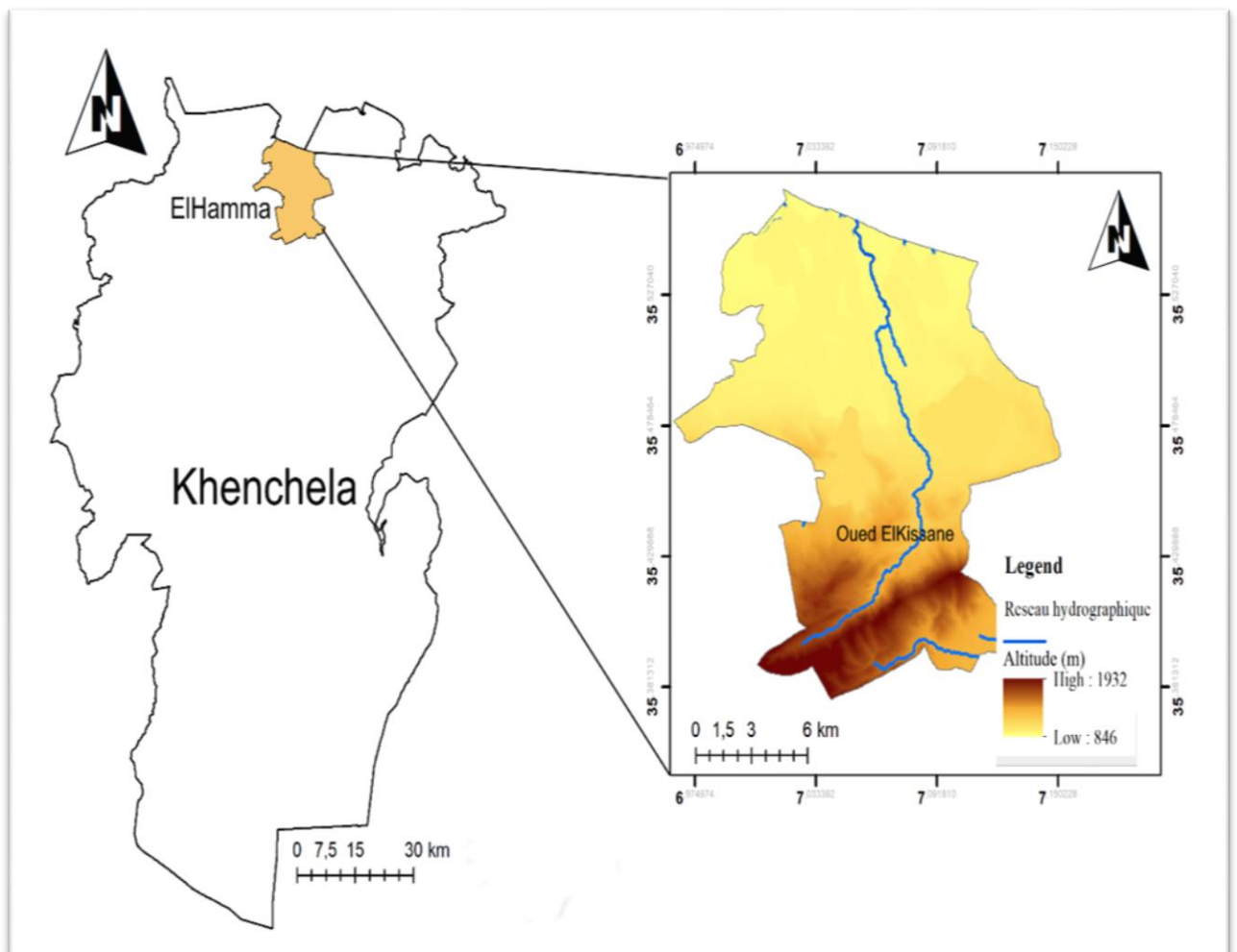


Figure 4: Le réseau hydrographique de la commune de El 'Hamma.

### 5. Situation géologique et hydrogéologique

La géologie est une partie très importante dans toute étude hydrologique et hydrochimique. Ainsi, la lithologie et la structure géologique jouent un rôle primordial sur la qualité des eaux suite à la dissolution des minéraux qui se trouvent dans la roche et sur la quantité d'eau qui ruissèle ou s'infiltré selon le type du terrain (perméable ou imperméable) (Salhi et al., 2022).

La région d'El Hamma se caractérise par des reliefs élevés qui s'étendent au Nord et sont représentées par deux vastes glacis polygéniques. La chaîne de montagne des Aurès est formée principalement de calcaires crétacés.

### 6. Climat

Selon la situation géographique de l'Algérie, on peut distinguer trois zones climatiques :

Climat méditerranéen au Nord, la seconde à climat semi-aride vers l'intérieur du pays et enfin un climat aride qui caractérise le grand Sahara.

Pour étudier le climat de la zone d'étude, nous avons exploité des données recueillies au niveau de la station de l'office national de la météorologie (OMN) impliquant la connaissance des paramètres suivants : (Les précipitations, la température, le vent, l'humidité, l'évapotranspiration), et l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH) d'El Hamma wilaya de Khanchela.

Les coordonnées de ces stations météorologiques sont consignées au tableau suivant :

**Tableau 1:** Les coordonnées géographiques de station d'El Hamma.

Station	Latitude	Longitude	Altitude (m)
EL Hamma	35°27'52"N	7° 5'5"E	982.5m

(L'OMN, 2008)

### 6.1. Analyse des données climatiques

#### 6.1.1. Les précipitations

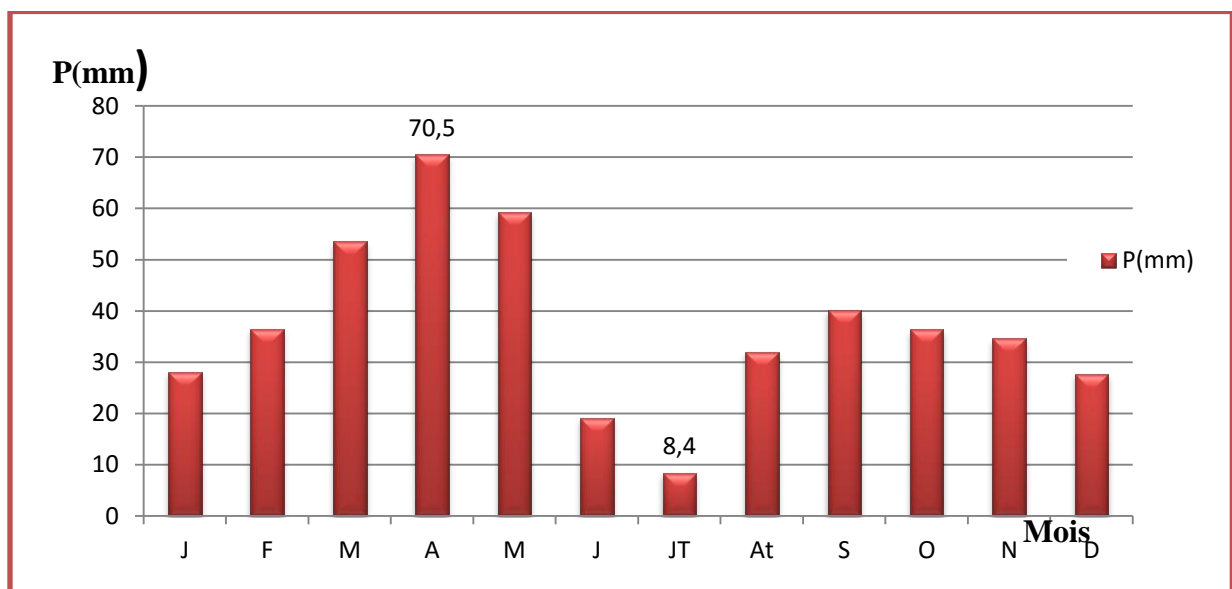
La pluviosité est défini selon Djebaili en 1984, comme étant le facteur primordial qui permet de déterminer le type du climat (Khabtane, 2015).

La pluie est un facteur essentiel qui caractérise le climat d'une région, elle joue un rôle prépondérant dans le comportement hydraulique des cours d'eau et dans l'alimentation éventuelle des nappes souterraines (Ayad, 2017).

C'est un facteur écologique fondamental pour les écosystèmes terrestres car, elle conditionne avec la température leur structure et leur productivité primaire. c'est le volume total des précipitations, pluies, grêle et neige, qui tombent sur une aire géographique et au cours d'une période de temps donnée. alors que les précipitations sont des formes sous lesquelles l'eau atmosphérique fait retour à la surface de l'écosphère : pluie, neige, grêle, rosée (Ramade, 2008).

**Tableau 2:** Valeurs moyennes mensuelles des précipitations de la période (2013-2022)

Mois	J	F	M	A	M	J	JT	At	S	O	N	D
P(mm)	28,1	36,5	53,5	70,5	59,2	19,1	8,4	32	40,1	36,3	34,6	27,7



**Figure 5:** Les variations des précipitations moyennes mensuelles de la commune d'El-Hamma de la période (2013-2022).

L’histogramme des précipitations moyennes mensuelles pendant une période de 10 ans (fig.n°4), révèle la précipitation moyenne mensuelle est 446 mm avec Le mois le plus pluvieux est Avril avec une moyenne mensuelle de 70.5mm, et le mois le plus sec est le mois de juillet avec une moyenne mensuelle de 8.4 mm.

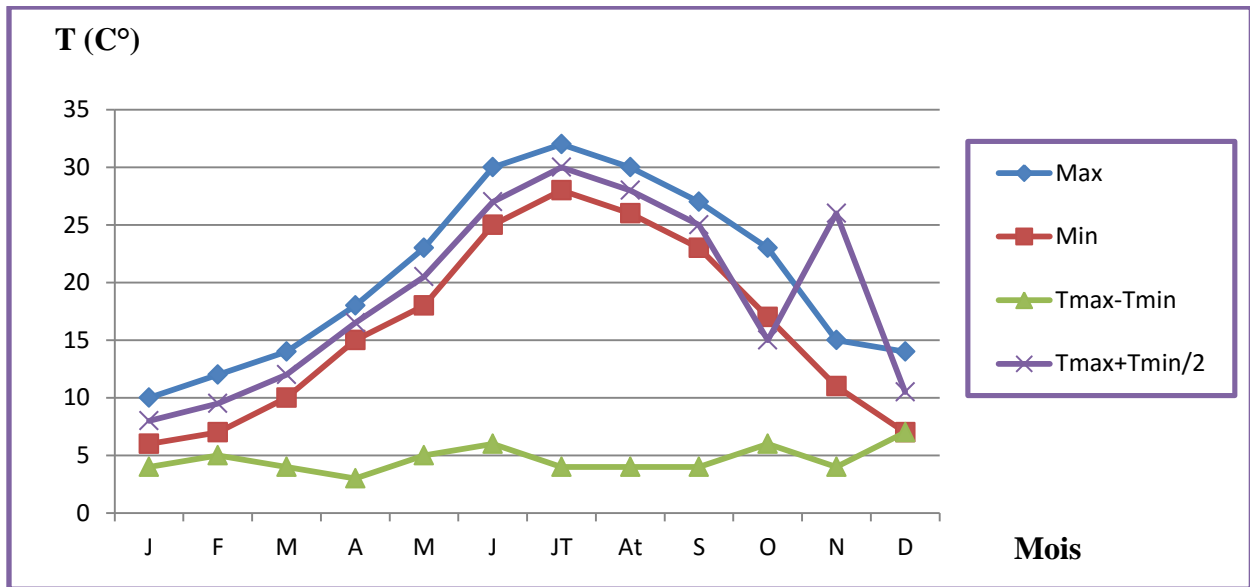
**6.1.2. Température**

La température est la grandeur physique à laquelle nous sommes le plus essentiel liés. la notion du temps qu’il fait est intrinsèquement liée au sentiment de chaud et de froid (Delmas, 2012).

Elle règle les modalités de la météorisation des roches, notamment par les alternances de gel/dégel, conditionne l’évaporation physique et physiologique (évapotranspiration) et intervient ainsi largement dans le régime des cours d’eau, tout en fixant aux êtres vivants des limites plus ou moins strictes de répartition (Estienne et al., 1970).

**Tableau 3:** Valeurs moyennes mensuelles de la température de la période (2013-2022)

Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	At	S	O	N	D
<b>Moyenne</b>	8.1	9.7	11.4	16.6	21.2	26.3	29.3	28.5	24.5	19.5	13.2	9.8
<b>T° max</b>	10	12	14	18	23	30	32	30	27	23	15	14
<b>T° min</b>	6	7	10	15	18	25	28	26	23	17	11	7
<b>T°max-T°min</b>	4	5	4	3	5	6	4	4	4	6	4	7
<b>T°max+°Tmin/2</b>	8	9.5	12	16.5	20.5	27	30	28	25	15	26	10.5



**Figure 6:** Les variations des températures moyennes mensuelles de la commune d’El-Hamma de la période (2013-2022).

En analysant les données des températures moyennes mensuelles pendant une période de 10 ans (fig n°3 ), nous montre que Janvier est le mois le plus froid avec une température moyenne minimale de 6°C, alors que juillet est le mois le plus chaud avec une température moyenne maximale de 32°C.

**6.2.Le Diagramme Ombrothermique de Gausсен**

La combinaison des deux principaux facteurs climatiques, la température et les précipitations sont intéressantes dans la mesure où elle permet de déterminer les mois véritablement secs. Cette relation permet d’établir un graphe dit Ombrothermique sur lequel les températures sont portées à l’échelle double des précipitations.

Le diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN met en évidence la notion des saisons humides et sèches, comme celui ayant un total pluviométrique (moyenne en millimètres) égal ou inférieur au double de la température ( $P \leq 2T^{\circ}C$ ) (Aouidane, 2017).

Le cumul des mois secs constitue la saison sèche. Pour vérifier cette relation, on doit adapter une Échelle qui la concrétise ( $P \leq 2T$ ); c’est la zone où la courbe de P passe en au dessous de celle de T (Kolli et al., 2020).

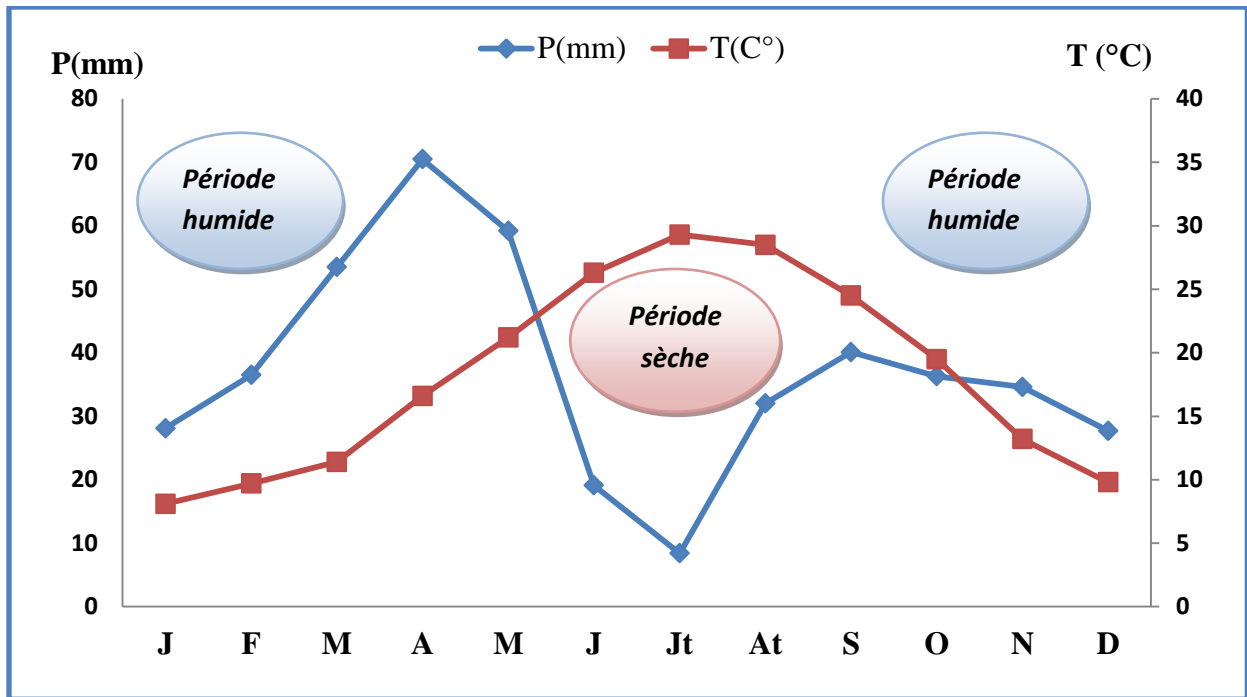


Figure 7: Diagramme Ombrothermique de Gaussen et de Bagnouls période (2013- 2022).

Nous constatons que la saison sèche est formée par plusieurs mois secs consécutifs. Le diagramme de Gaussen permet de mettre en évidence une saison humide débutant au mois de septembre qui se termine au mois de mai, et une saison sèche qui s'étale du mois de juin jusqu'au mois d'aout.

### 7. Les indices climatiques

La combinaison de deux principaux facteurs climatiques : la température et les précipitations permettent de déterminer les périodes sèches et humides ainsi que la localisation de l'étage bioclimatique bien définie d'une région donnée à l'aide du Diagramme Ombrothermique et du coefficient pluviométrique d'EMBERGER (Q2) (Ladlani ,2007).

#### 7.1.Indice d'aridité de De MARTONNE

Mesure le degré d'aridité d'un climat. Il tient compte de la valeur des précipitations observées et de l'évapotranspiration potentielle dans un biotope semi-aride ou désertique (Ramade, 2008).

$$Ia = P / T + 10$$

Avec :

**Ia** : indice d'aridité ;

**P** : précipitations moyennes annuelles (mm) ;

**T** : températures moyennes annuelles (°C).

Les valeurs de l'indice permettent de déterminer le climat selon le classement suivant :

**Tableau 4:** Type de climat selon l'indice d'aridité

<b>Indice d'aridité</b>	<b>Le climat</b>
$I < 5$	Climat hyperaride
$5 < I < 7.5$	Climat désertique
$7.5 < I < 10$	Climat steppique
$10 < I < 20$	Climat semi-aride
$20 < I < 30$	Climat tempéré
$I > 30$	Climat humide

**Source : (Bougandoura,2013)**

Dans notre cas, la moyenne des précipitations interannuelles est : 446mm. Alors que la température moyenne annuelle est de : 18.18°C.

**Ce qui donne :  $I_a = 15.83$**

Nous avons trouvé que la valeur de (I) est comprise entre 10 et 20, ce qui permet de dire que la station d'El Hamm a bénéficié d'un climat semi-aride.

**7.2.Quotient et climatogramme pluviométrique d'Emberger**

Selon **Emberger**, il est possible de subdiviser chaque région, suivant les diverses nuances climatiques, en un certain nombre de territoires climatiques. Chacun d'eux constitue ce que l'on appelle un étage climatique. Il propose en 1932, une formule permettant le calcul de l'indice d'aridité annuelle en tenant compte des précipitations et de la température, cette formule peut s'écrire de la manière suivante :

$$Q2 = 1000P / [(M+m) / 2 (M+m)]$$

$$\text{soit : } Q2 = 1000 P / (M2 - m2) = [1000 (M +m) / 2 \times 273] \times [P / (M+m)]$$

ce quotient est par la suite simplifié par **Stewart (1969)** comme suite :

$$Q2 = 3,42 [P / (M-m)]$$

Avec

**P** : hauteur des précipitations moyennes annuelles en mm

**M** : moyenne des maxima du mois le plus chaud (°C).

**m** : moyenne des minima du mois le plus froid (°C).

**M-m** : amplitude thermique extrême moyenne.

Dans le cas de notre zone d'étude :

$$Q2 = 3,42 [P/ (M-m)] = 3,42(444,1000/ (30 - 5,5)) = 61,99$$

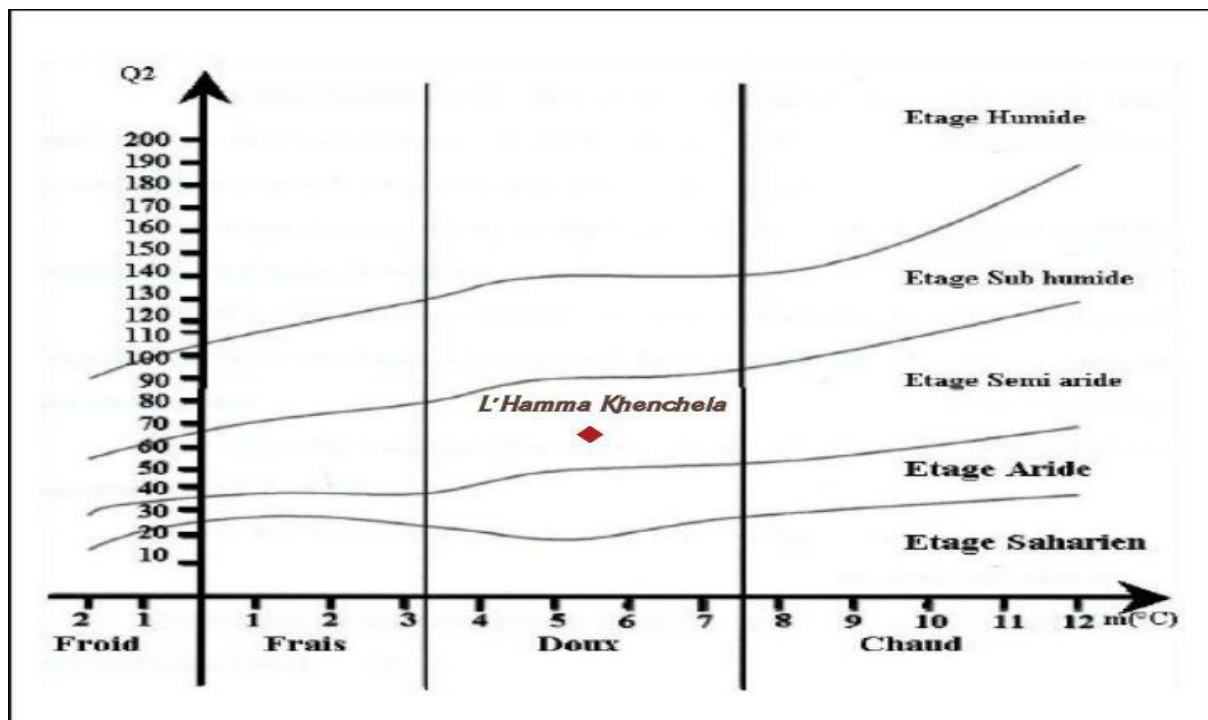


Figure 8: Climagramme d'Emberger de la commune d'El Hamma.

## Partie II : Partie pratique

### 1. Prélèvement, transport et conservation des échantillons d'eau

#### 1.1. Le choix des sites de prélèvement

Choix des stations d'étude six stations pendant une période de deux mois novembre 2022 et mars de l'année 2023, ont été sélectionné à travers de l'oued El Hamma (figure 3), en fonction de leur bonne accessibilité, et de leur localisation en amont ou en aval des rejets urbains ou agricoles.

### 1.2. Prélèvements

Les campagnes d'échantillonnage ont été effectuées le plus souvent à des dates fixes tout au long de la période d'étude. La fréquence de mesure est saisonnière afin d'obtenir une image assez représentative de la qualité des eaux et de son évolution saisonnière.

### 1.3. Variables physico-chimiques étudiées

La qualité générale de l'eau d'oued El Hamma et de ses affluents a été établie sur la base de descripteurs physicochimiques conventionnels de l'eau, et l'eau prélevée a été conditionnée dans des bouteilles opaques et conservées au froid jusqu'à l'arrivée au laboratoire (Rodier, 2005).

Les analyses physico-chimiques se présentent sous deux formes :

- d'une part, des mesures in situ ont été réalisées en utilisant une sonde multiparamétrique d'un pH mètre pour mesurer le pH, d'un oxymétrie électrique pour la mesure de la saturation en oxygène (%) ; et un conductimètre pour l'estimation de la conductivité électrique ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ ) et la température ( $^{\circ}\text{C}$ ), et le taux des sels dissous (TDS) et la salinité (SAL).
- les analyses chimiques ont été effectuées au laboratoire d'écologie fonctionnelle et environnement de la faculté des sciences exactes et science de la nature et de la vie de l'université Oum El-Bouaghi dans des glacières à  $4^{\circ}\text{C}$  afin de conserver leurs caractéristiques physico-chimique des hautes températures et de la lumière.

Les paramètres mesures sont résumés dans le tableau N°5.

### 1.4. Méthodes de prélèvement pour l'étude du phytoplancton

Afin d'obtenir des données qualitatives et quantitatives sur la communauté microalgale de l'oued, le prélèvement consiste à réaliser un échantillon représentatif d'une colonne d'eau (Bernard, 1992).

Un volume constant de 20 litres d'eau naturelle de surface est filtré à l'aide d'un filet à plancton (figure 9) en soie ayant des mailles inférieures à 1 mm de diamètre. Ce filet est constitué d'un cylindre de 30 cm de diamètre pour une profondeur de 45 cm, et il se termine par une bouteille de collecte d'échantillon ou collecteur.

Nous prélevons ensuite seulement 100 ml de cette eau filtrée qui seront fixés pour une investigation microscopique ultérieure. La méthode de conservation utilisée, telle que décrite

par **Sournia (1978)**, conserver les échantillons biologiques (phytoplancton), des conservateurs universels sont ajoutés le Lugol (10%)

Chaque flacon d'eau doit être étiqueté en indiquant des informations telles que la station de prélèvement, la date et l'heure.



**Figure 9:** Filet à phytoplancton

Tableau 5: Méthode et principe des analyses physique et chimique de la qualité des eaux

Paramètres chimiques	Méthode et principe	Références
Phosphore hydrosoluble (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	Dosage spectrophotométrique λ = 885	Rodier (2009)
Sulfates (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	Dosage spectrophotométrique λ = 650	Rodier (2009)
Sodium (Na <sup>+</sup> )	Dosage spectrophotométrique a flamme	Rodier (2009)
Potassium (K <sup>+</sup> )	Dosage spectrophotométrique a flamme	Rodier (2009)
Calcium (Ca <sup>+</sup> )	Dosage spectrophotométrique a flamme	Rodier (2009)
Ortho-silicates (Si (OH-) <sub>4</sub> )	Dosage spectrophotométrique λ = 810	Aminot et Chaussepied (1983)
Ortho-phosphates (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	Dosage spectrophotométrique λ = 885	Aminot et Chaussepied (1983)
Azote nitreux (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	Dosage spectrophotométrique λ = 543	Parsons et al. (1989)
Azote nitrique (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	Réduction des nitrates en nitrite puis Dosage des nitrites par spectrophotométrie λ = 543	Parsons et al. (1989)
NH <sub>4</sub>	Dosage spectrophotométrique λ = 630	Parsons et al. (1989)
Chlorure (Cl <sup>-</sup> )	Analyses volumétriques	Rodier (2009)
Bicarbonate (HCO <sub>3</sub> )	Analyses volumétriques	Rodier (2009)

Dureté	Analyses volumétriques	Rodier (2009)
Mg <sup>2+</sup>	Analyses volumétriques	Rodier (2009)

<b>Paramètres physiques</b>	<b>Références</b>
T°, pH, CE, TDS, O dissous, salinité,	Multi-parameter type WTW 3620 IDS

<b>Matières Organiques</b>	<b>Références</b>
Résidus sec, MES	Double pesée

# Chapitre II

## Chapitre II

# Résultats et Discussions

**Introduction**

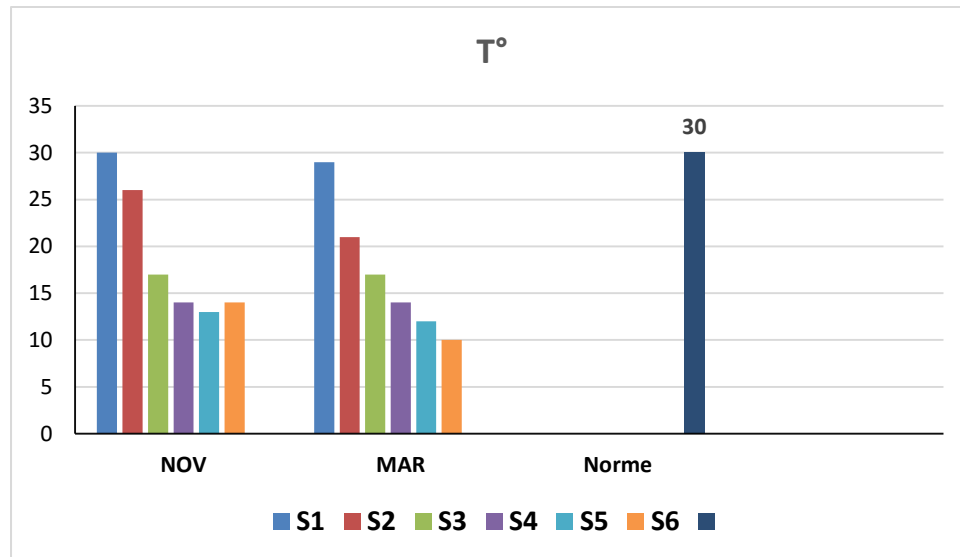
La qualité physico-chimique de l'eau informe sur la localisation et l'évaluation d'un niveau de pollution, en fonction d'un ensemble de paramètres. Basée sur des valeurs de référence, elle s'apprécie à l'aide de plusieurs paramètres : les paramètres physiques (matière en suspension, turbidité, transparence, température, conductivité et salinité) ; paramètres chimiques (pH, sels minéraux, matière organique, oxygène dissous, nutriments (nitrites, nitrates, ammonium, phosphate, silice).

Dans cette chapitre déterminé l'évolution des paramètres physico-chimiques des eaux D'oued El Hamma. Elle permet aussi nous présenterons et discuterons les principaux résultats obtenus, et de comparer les eaux entre elles et avec les normes algériennes, d'interpréter les données d'analyses par des diagrammes.

**I. Discussion des résultats physico-chimiques****1. Paramètres physiques****1.1.La température**

Les températures c'est une caractéristique physique importante. Elle joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, et aussi la détermination de pH. Sa mesure est effectuée par le thermomètre (**Bacchin, 2005**)

En effet la majorité des paramètres physico-chimiques et biochimiques sont dépendants de la température (**Nemoraw, 1985**). Ainsi, un réchauffement entraîne l'apparition des algues flottantes et des organismes aquatiques indésirables (**Belanger et al, .2005**).



**Figure 10:** Variation spatiotemporelle de la température des eaux d’oued El- Hamma exprimé en (°C) pendant la période de suivi (Novembre -Mars) 2023.

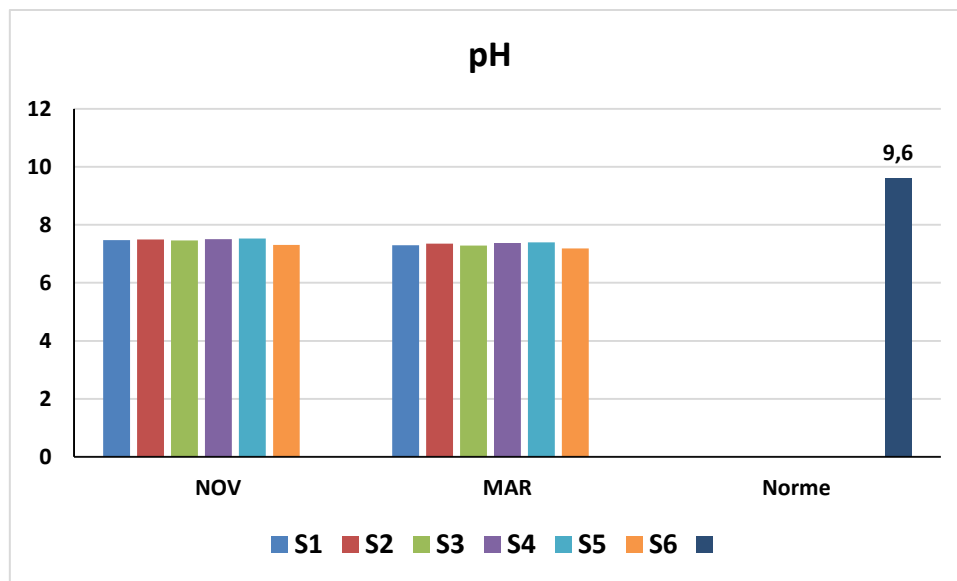
Selon la figure(10) on remarque que les valeurs de la Température se varient entre (10°C et 30°C),

La valeur maximale (30°C) observée dans la station S1 pendant le mois de novembre, Cela est due à la présence de la piscine de baignade que le public utilise pour se baigner, car cela affecte l'augmentation de la température de l'eau.

La valeur de température la plus basse (10 °C) a été enregistrée à la station S6 pendant le mois de mars.

### 1.2.Le potentiel hydrogène pH

Ce paramètre joue un rôle très important dans le développement de la vie aquatique. De plus, le pH influe sur le comportement de certains éléments comme les métaux dont il peut diminuer ou augmenter la mise en solution et donc la toxicité en rendant les métaux bio disponibles (Derwich ,2010).



**Figure 11:** Variation spatiotemporelle des potentiels d'hydrogène des eaux d'oued lhamma compagne 2023

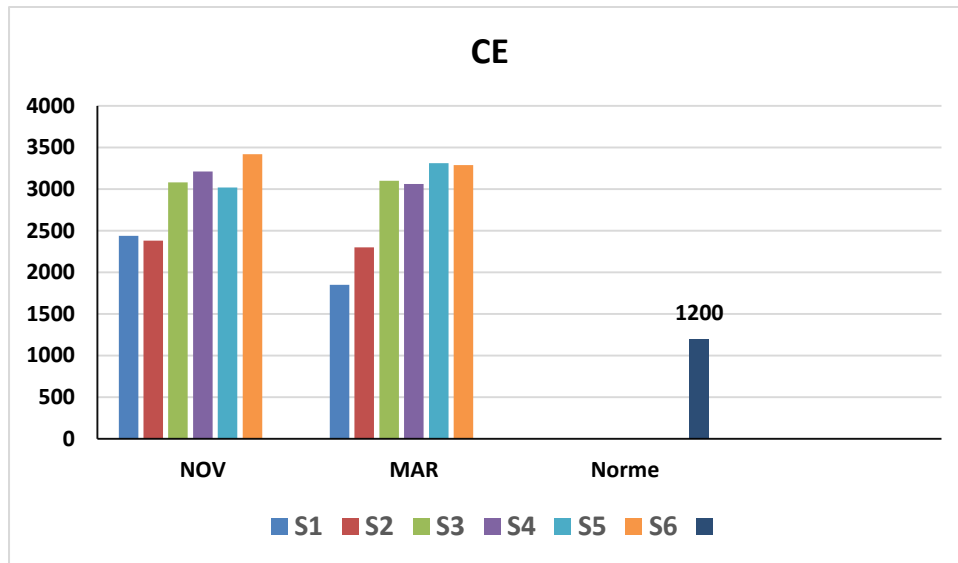
Selon la figure (11) on observe que les valeurs du pH varient entre (7,19 et 7,53)

La valeur maximale observée dans le mois du Novembre dans la station (05) avec une valeur de (7,53), et la valeur minimale est observée dans le mois de mars dans la station (06) avec une valeur de (7,19).

On général les pH des eaux du d'oued El- Hamma présente des valeurs inférieures à la norme recommandée (9,6).

### 1.3.La conductivité électrique

La conductivité est une mesure de la capacité de l'eau à conduire un courant électrique, donc une mesure indirecte de la teneur de l'eau en ions (calcium, magnésium, sodium, nitrates, chlorures, sulfates, ...) et représente la salinité des eaux (**Lanteri, 2009**)



**Figure 12 :** Variation spatiotemporelle de la conductivité électrique des eaux d'oued El-Hamma exprimé en  $\mu\text{S}/\text{cm}$  pendant la période de suivi (Novembre -Mars) 2023.

Les valeurs enregistrées durant la période d'étude varient de 1848 à 3420  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ,

Où l'on constate que toutes les stations étudiées ont des valeurs qui dépassent la valeur de la norme recommandée (1200  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ),

Plusieurs raisons peuvent expliquer l'augmentation de la conductivité électrique dans les eaux d'oued El-Hamma :

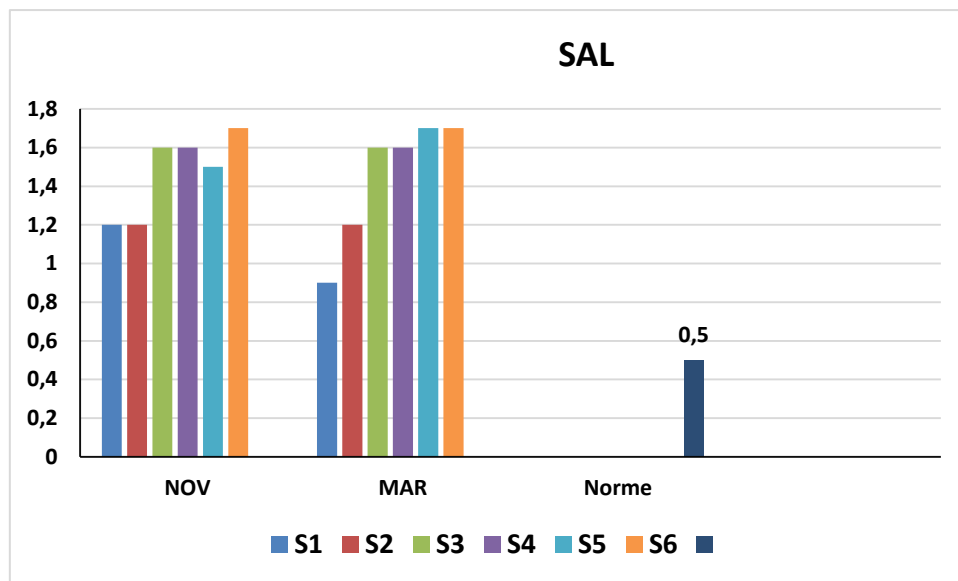
La pollution : due aux activités humaines (en particulier dans la première station, qui était utilisée par les gens pour se doucher et jeter certains déchets), car cela peut entraîner une augmentation de l'apport d'eau. Les produits chimiques, les déchets et autres contaminants peuvent se dissoudre dans l'eau et augmenter sa conductivité.

Activité géothermique : des eaux thermales (la zone d'étude est proche de plusieurs piscines chaudes et sources chaudes qui libèrent des minéraux dissous dans l'eau douce, ce qui augmente sa conductivité). D'après **C. Cheverry et M. Robert(1998)** On peut lier les valeurs élevées à la dissolution des marnes et des calcaires de la formation géologique crétacée

#### 1.4.La salinité

La salinité est un facteur écologique propre aux biotopes aquatiques (mais aussi aux sols) qui caractérise leur teneur en sel (NaCl) et autres sels dissous dans les eaux. Par ailleurs, toute

modification intempestive de la salinité due à l'action de l'homme peut présenter un impact redoutable sur les biotopes aquatiques concernés (Ramade, 2011).



**Figure 13:** Variation spatiotemporelle de la salinité des eaux d'oued El- Hamma exprimé en (mg .l-1) pendant la période de suivi (Novembre -Mars) 2023.

A partir des résultats obtenus (figure n°13 ),, on peut voir que la salinité de la zone d'étude pendant les deux mois (novembre et mars), dépasse la norme recommandée (0,5).

L'augmentation de la salinité dans la zone d'étude, est due à plusieurs facteurs(les rejets des eaux usées de la commune d'el Hamma, et les rejets des eaux thermal de hemmam Essalhinn)

1.5.L'oxygène dissous O2

L'oxygène est un facteur essentiel à la vie aquatique, en particulier aux organismes assurant l'autoépuration des rivières, ce qui fait de cet élément un bon indicateur de pollution d'un cours d'eau et du suivi de son autoépuration (Derwich et al., 2008).

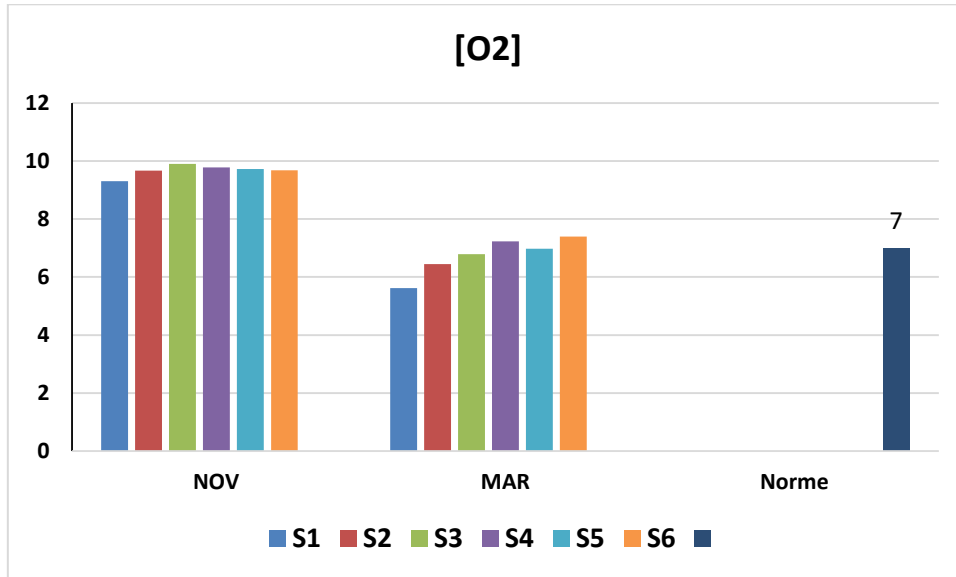


Figure 14: Variation spatiotemporelle l'oxygène dissous des eaux d'oued El- Hamma pendant la période de suivi (Novembre -Mars) 2023.

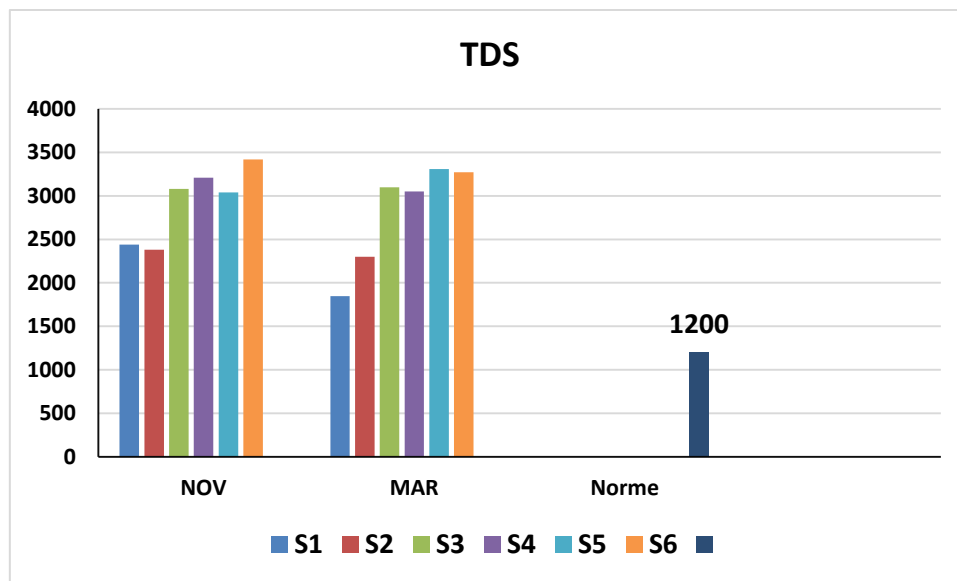
Le taux d'oxygène dissous dans les pendant la période hivernale respectivement dépasse la valeur imposée par la norme de potabilité. Rappelons que les eaux sont utilisées uniquement pour l'irrigation.

Les valeurs les plus basses sont enregistrées pendant le mois de mars, cette teneur peut être expliquée par l'importance de la dégradation de la matière organique par les microorganismes. On peut l'expliquer ces résultats par la bonne aération au niveau des sites étudié

Par ailleurs, la concentration en oxygène dissous est fonction de l'utilisation de l'oxygène par l'activité des microorganismes et les processus d'oxydation et de dégradation de la matière organique présente dans l'eau (IBGE, 2005)

1.6.Le total des sels dissous

Le TDS est une mesure de concentration globale utilisée pour évaluer la teneur en minéraux aqueux (Aouidane, 2017).



**Figure 15 :** Variation spatiotemporelle des totaux des sels dissous des eaux d’oued elhamma compagne 2023

On appelle TDS ou minéralisation totale, la masse totale des minéraux dissous (anions et cation) et non dissous (la silice) exprimés en mg/l.

Les taux des TDS mesurés affichent des valeurs variant entre 1848 mg .l<sup>-1</sup> et 3420 mg .l<sup>-1</sup>

Le TDS et la salinité évoluent dans le même sens que la conductivité électrique. Cette relation qui s’explique par le fait que les sels solubles définissent la salinité, et augmentation de la conductivité électrique.

Les valeurs des quatre points de TDS dans toutes les stations pendant la période d’étude, sont dépassées les normes algériennes 1200mg/l , ceci pourrait être expliqué par la nature des eaux qui sont fortement minéralisée influencée par la géologie des terrains traversés ou la solubilité des minéraux ( la dissolution des roches carbonatées). La région est de climat semi-aride donc nous lient les fortes concentrations au lessivage des concentrations salines superficielles en cas de forte pluie.

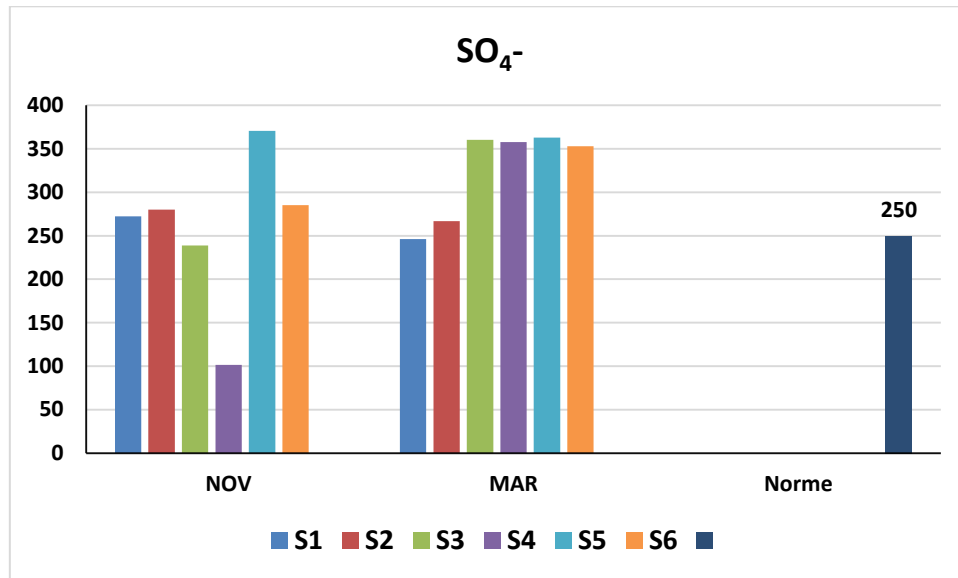
## 2. Paramètres chimiques

### 2.1.Eléments majeurs

#### 2.1.1. Les Sulfates (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)

Le soufre se combine à l’oxygène pour donner l’ion sulfate, composé naturel des eaux, il est lié aux cations majeurs tels que le calcium, le potassium et le sodium.

Les ions sulfates proviennent de la dissolution du gypse ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), de l’anhydrite ( $\text{CaSO}_4$ ) et par l’oxydation des sulfures en sulfates dans les déchets miniers. Les ions sulfates sont très solubles et leur concentration est très variable dans les eaux naturelles (Zidi, 2021).



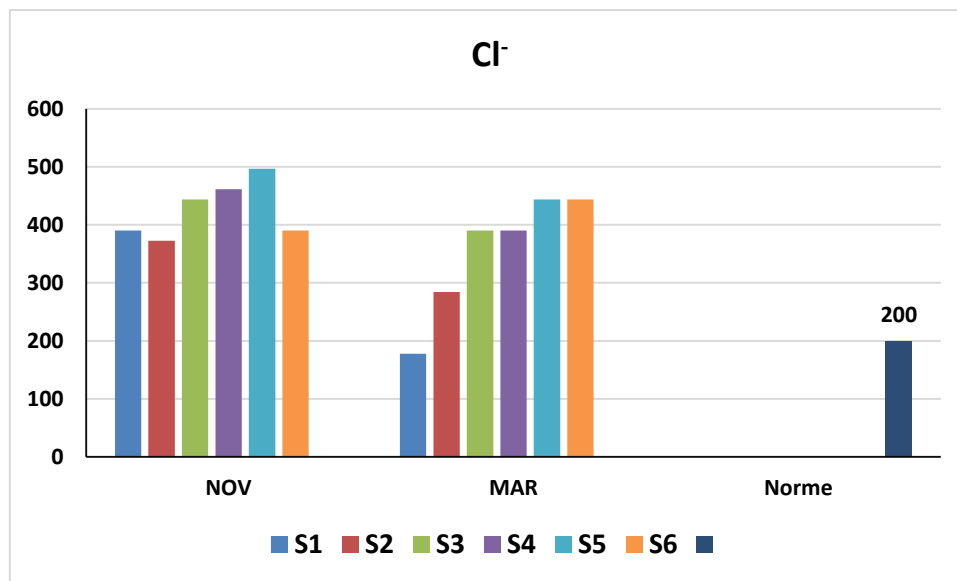
**Figure16:** Variation spatiotemporelle des teneurs en sulfates des eaux d’oued El- Hamma exprimé en (mg .l-1) pendant la période de suivi (Novembre -Mars) 2023.

Selon la figure (16) on remarque que la majorité points de prélèvement pendant la période d’étude présentant des valeurs supérieures à la norme recommandée.

Les fortes teneurs des sulfates sont exprimées par l’origine des faciès géologique et hydro chimique des eaux de la région d’étude. Et certaines activités humaines (due aux activités humaines à proximité des bains chauds. Par exemple, restaurants, déchets et déchets alimentaires, si des industries ou des installations industrielles utilisent des produits chimiques riches en sulfates dans leur processus de production, ces sulfates peuvent se retrouver dans les cours d'eau environnants).

**2.1.2. Les chlorures (Cl-)**

Les chlorures peuvent avoir une origine multiple. Ils peuvent provenir d’une intrusion d’eau marine, ou suite à l’action humaine à partir du salage des routes ou par une contamination par les eaux usées. Ils peuvent provenir également de la dissolution des sels par le lessivage des terrains salifères (Belkhiri, 2011).



**Figure 17:** Variation spatiotemporelle des teneurs en chlorures des eaux d'oued El- Hamma exprimé en (mg .l-1) pendant la période de suivi (Novembre -Mars) 2023.

Les résultats obtenus dans la figure(17 ) montrent que les teneurs en chlorures sont très élevées dans tous les stations et dépassent largement les normes d'irrigation (105-200 mg/L) (S.E.E.E, 2007 ).

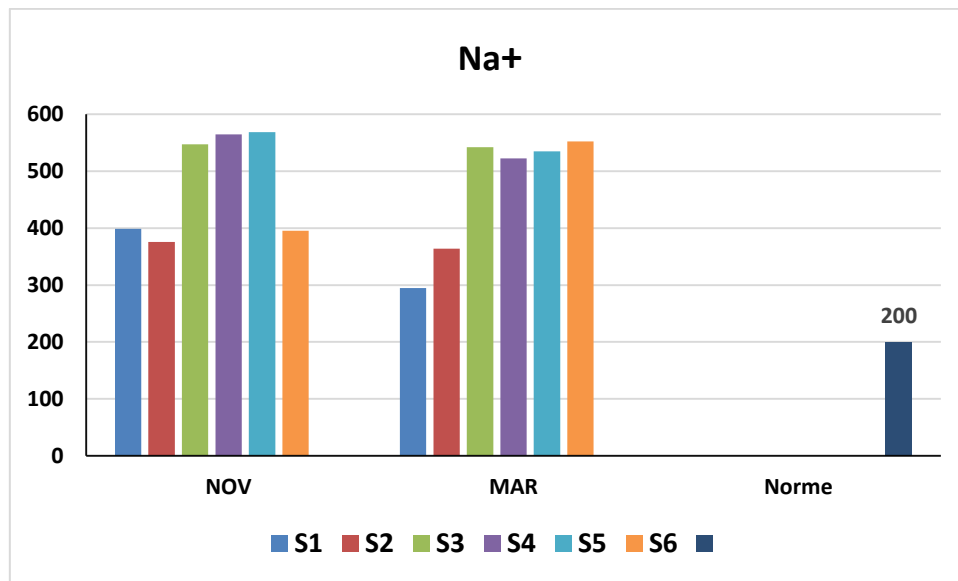
Les eaux de ces puits sont utilisées dans l'irrigation et ceci ne serait pas sans impact sur le rendement des cultures par des effets de toxicité dus à un stress salin ou à un stress oxydatif (Mezni et al., 1999 ; Lepengue et al., 2010 ; R'him et al., 2013, Hajlaoui et al., 2015).

La présence des chlorures à ces taux dans toutes les stations est probablement liée à la nature du sol traversé par les eaux de pluie.

D'après Leveque (2009), les formations post-primaires (crétacé et plio-quadernaire) du site constituent une couverture perméable, facilitant ainsi l'infiltration et 'enrichissement des terrains triasiques par différents indicateurs facilement mobiles tels que les chlorures.

### 2.1.3. Le sodium (Na<sup>2+</sup>)

Le sodium est un élément dit conservatif car une fois en solution, aucune réaction ne permet de l'extraire de l'eau souterraine. Les précipitations apportent une quantité de sodium minime dans l'eau souterraine, les teneurs anormalement élevées peuvent provenir de lessivage de sels, ou de la percolation à travers des terrains salés ou de l'infiltration d'eaux saumâtres (Rodier et al., 2009).



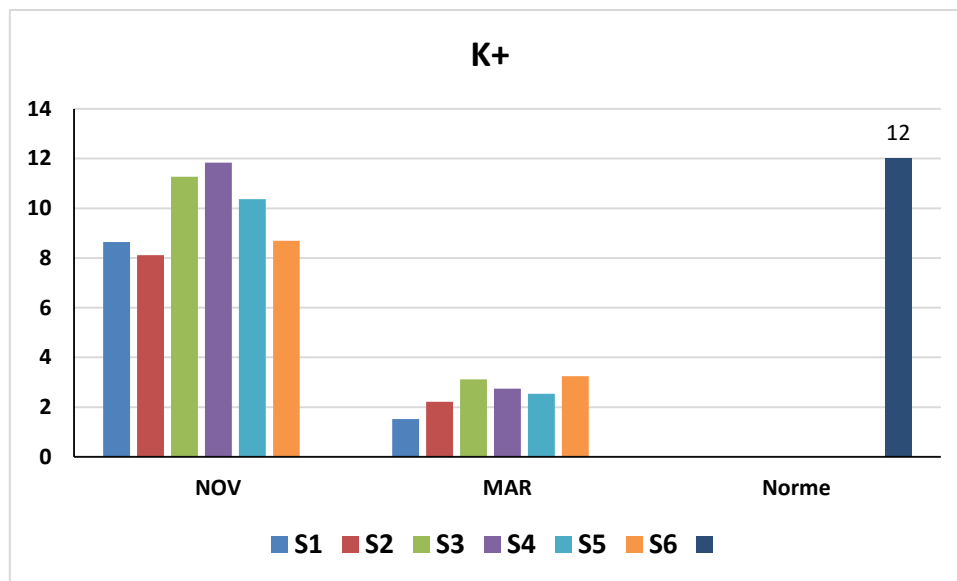
**Figure18:** Variation spatiotemporelle des teneurs en sodium des eaux d’oued El- Hamma exprimé en (mg .l-1) pendant la période de suivi (Novembre -Mars) 2023.

Les résultats concernant les mesures de sodium ont montré que toutes les valeurs de ce paramètre dépassent les normes (200 mg/l). A cause de la percolation à travers des terrains salés ou de l’infiltration d’eaux saumâtres.

Dans certaines stations, des concentrations élevées de sodium peuvent être dues aux activités humaines.

**2.1.4. Le potassium (K+)**

C’est un élément alcalin, très réactif avec l’eau, on le retrouve dans les roches ignées et dans la nature sous forme de chlorure double dans de nombreux minerais. Il se retrouve aussi dans la végétation sous forme de carbonate. Le potassium provient de l’altération des formations silicatées (gneiss, schiste), des argiles potassiques et de la dissolution des engrais chimiques (NPK) (Gaagai, 2017).



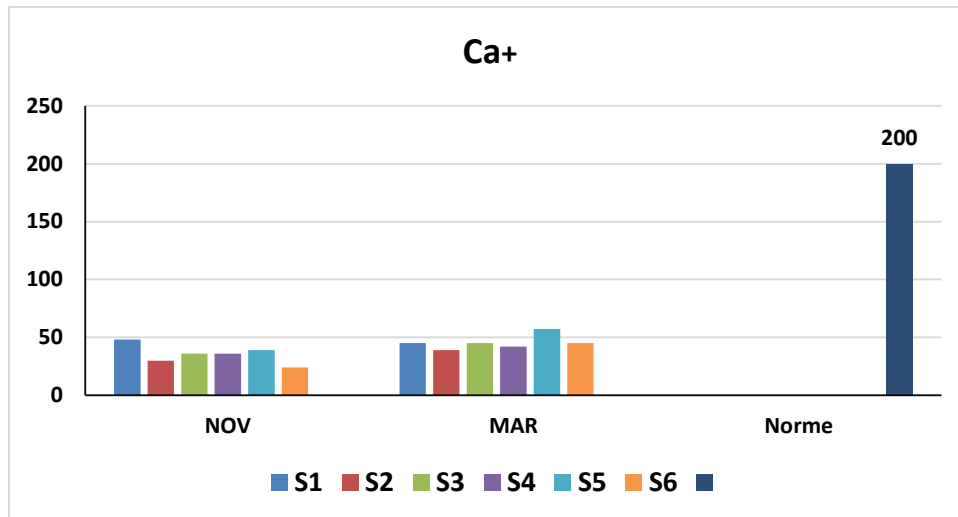
**Figure19** :Variation spatiotemporelle des teneurs en potassium des eaux d'oued El- Hamma exprimé en (mg .l-1) pendant la période de suivi (Novembre -Mars) 2023.

Selon les résultats des analyses effectuées durant la période d'étude, et d'après la représentation graphique obtenue (la figure n°19 ). Les teneurs varient entre une valeur minimale de 1,52 mg/l dans la station S1 pendant le mois de mars, et une valeur maximale 11,84 mg/l enregistrée dans le point S4 au mois de novembre avec une moyenne de 6.16 mg/l.

Les valeurs obtenues sont acceptable et faibles par rapport à la norme.

### 2.1.5. Le Calcium (Ca<sup>2+</sup>)

L'ion calcium joue aussi un rôle essentiel dans les écosystèmes aquatiques, composant majeur de la dureté de l'eau et élément dominant des eaux naturelles, il entre dans la constitution des squelettes et coquilles, et dans les phénomènes de perméabilité cellulaire (Louadj et al., 2019).



**Figure20:** Variation spatiotemporelle des teneurs en calcium des eaux d'oued El- Hamma exprimé en (mg .l<sup>-1</sup>) pendant la période de suivi (Novembre -Mars) 2023.

El- Hamma exprimé en (mg .l<sup>-1</sup>) pendant la période de suivi (Novembre -Mars) 2023.

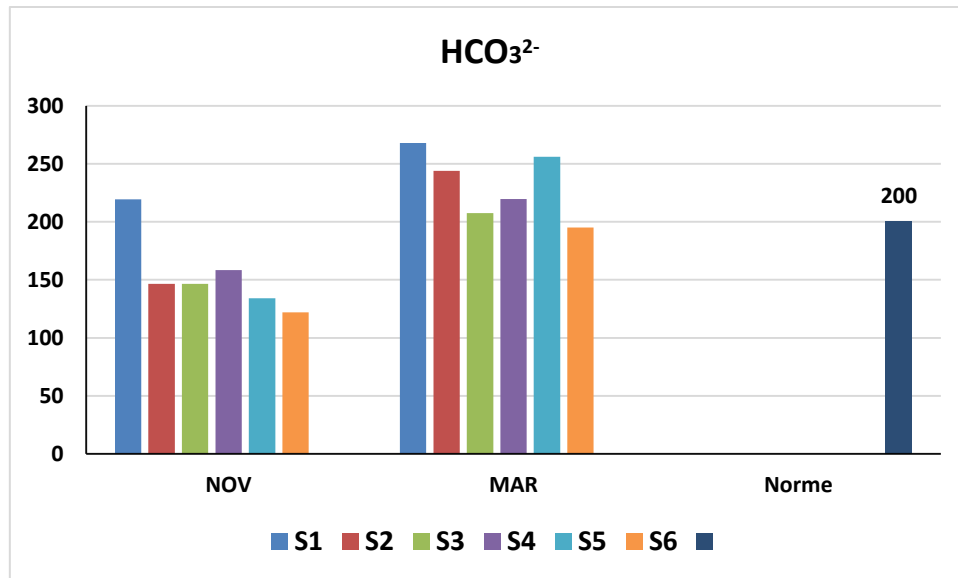
La valeur maximale 57, 32 mg/l est enregistrée dans la station S5, et une valeur minimale 23,93mg/l enregistrée dans la station S6.

Ces valeurs ne dépassent pas la norme algérienne 200 mg/l.

#### 2.1.6. Les Bicarbonates (HCO<sub>3</sub><sup>2-</sup>)

La teneur en hydroxyde (OH), est la moitié de la teneur en carbonate CO<sub>3</sub><sup>-2</sup> et un tiers Environ des phosphates présents (Menad et al., 2012).

La teneur en bicarbonates dans les eaux souterraines dépend surtout de la présence des minéraux carbonatés dans le sol et l'aquifère, ainsi que la teneur en CO<sub>2</sub> de l'air et du sol dans le bassin d'alimentation. (Matthess, 1994)



**Figure 21:** Variation spatiotemporelle des Bicarbonates des eaux d'oued El-Hamma exprimé en (mg .l-1) pendant la période de suivi (Novembre -Mars) 2023.

Selon la figure (21), on constate que les valeurs des carbonates, ou ce qu'on appelle TAC, sont assez basses par rapport à la norme recommandée et estimée à 200 mg/l dans la majorité des stations.

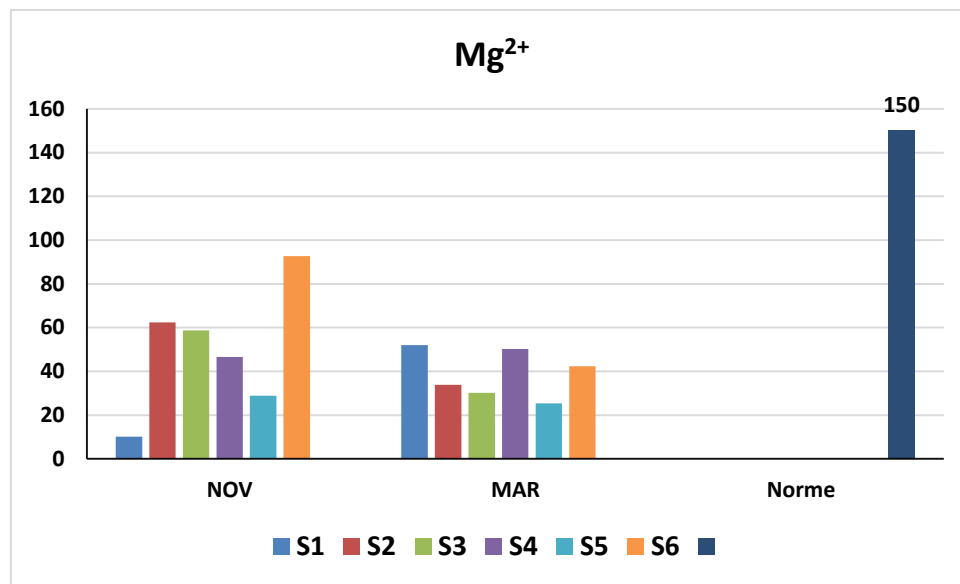
La valeur la plus basse des carbonates dans notre étude était de 122 mg/l, enregistrée à la station S6 au mois de novembre.

En revanche, la valeur la plus élevée 268 mg/l enregistrée dans la station S1 au mois de mars, qui dépassant la norme recommandée, due au lessivage des terrains riche en bicarbonates et dépend surtout de la présence des minéraux carbonatés dans le sol et l'aquifère de la région d'études.

**2.1.7. Magnésium(Mg<sup>2+</sup>)**

Éléments indispensables à la vie, jouant un rôle important dans la respiration, leurs Origines sont naturelles (dissolution des roches magnésites basaltes, argiles) ou industrielle (industrie de la potasse de cellulose, brasserie).

La dureté manganésienne de l'eau représente ordinairement le tiers de la dureté totale. Le magnésium en excès donne une saveur amère à l'eau (Bouguetit ,2015).



**Figure 22:** Variation spatiotemporelle des teneurs en magnésium des eaux d'oued El-Hamma exprimé en (mg .l-1) pendant la période de suivi (Novembre -Mars) 2023.

Selon (la figure 22) on remarque que la valeur maximale 92,71mg/l est enregistrée dans la station S6 pendant le mois de novembre, et la valeur minimale 10,07mg/l enregistrée au cours de mois de novembre dans la station S1.

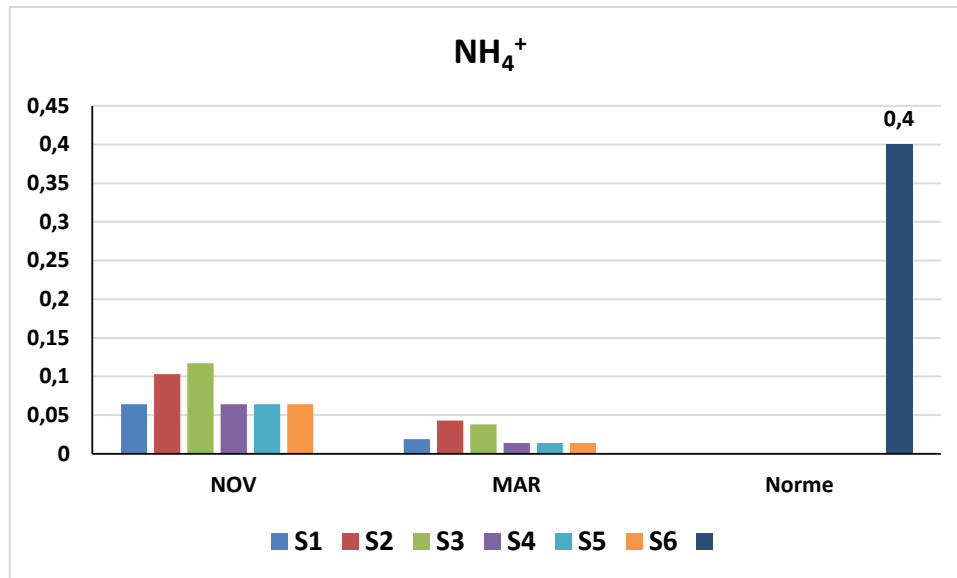
Ces valeurs ne dépassent pas la norme algérienne 150 mg/l.

On peut attribuer la présence, même moyennement faible des teneurs en magnésium à la dissolution des formations dolomitiques et des calcaires dolomitiques et des minéraux ferromagnésiens qui se trouve dans le trias des formations géologiques récentes (quaternaire cailloutis et alluvions).

## 2.2. Les nutriments

### 2.2.1. L'azote ammoniacal (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)

Les concentrations en azote ammoniacal fournissent des informations sur la pollution des eaux suite ou déversement des eaux usées ménagères (urbaines municipales) ou à l'érosion et au lessivage des sols agricoles (Aziez, 2020).



**Figure 2:** Variation spatiotemporelle des teneurs en azote ammoniacal des eaux d'oued El-Hamma exprimé en (mg .l-1) pendant la période de suivi (Novembre -Mars) 2023.

D'après les données présentées dans la figure (23), nous remarquons que les valeurs de la teneur en azote ammoniacal varient entre 0,01 mg/l lors de la sortie de mois de mars et 0,12 mg/l lors de la sortie de novembre.

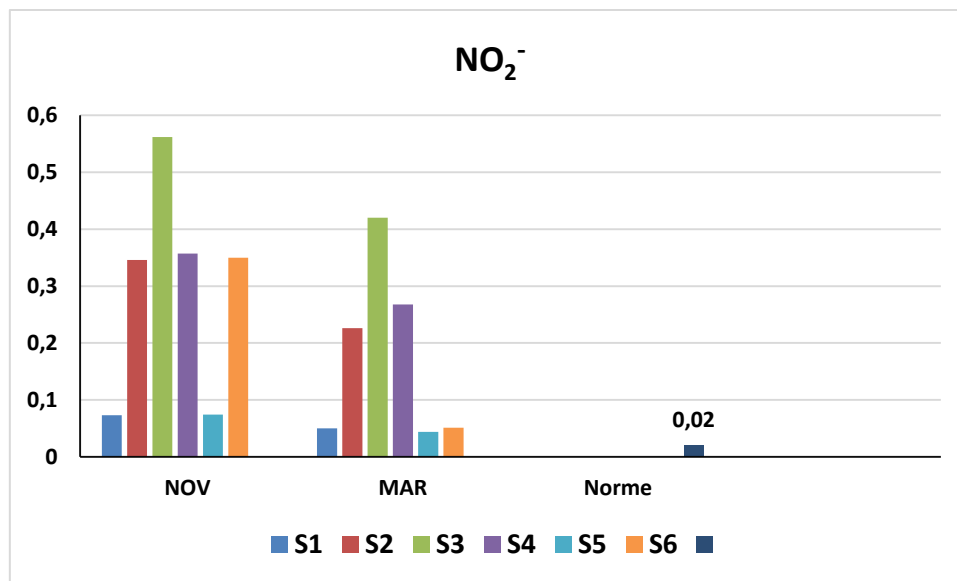
L'observation des valeurs maximales, montre que les eaux ont des concentrations inférieures à la norme (0,4 mg/l).

La présence des teneurs en ammonium dans les eaux de surface d'oued El Hamma pendant la saison pluvieuse peut être due au lessivage des fertilisants utilisés dans les sols agricoles situés sur les bords de l'oued.

Ces faibles teneurs de  $\text{NH}_4^+$  pourrait être due à la transformation assez rapide de ce dernier en nitrites et en nitrates par oxydation, tandis que sa présence pourrait avoir une origine humaine, avec les rejets d'excréments d'animaux, l'utilisation massive d'engrais, le rejet d'eaux usées non ou peu épurées et c'est pourquoi elle est considérée comme un signe de contamination de l'eau ((Rejsek, 2002).

### 2.2.2. L'azote nitreux (NO<sub>2</sub>-)

Les nitrites représentent une forme moins oxygénée et moins stable de l'azote, représentant ainsi la forme de passage intermédiaire entre l'ammonium et les nitrates Il s'agit d'une forme toxique (Guerchi et al., 2016)



**Figure 24:** Variation spatiotemporelle des teneurs en azote nitreux des eaux d'oued El-Hamma exprimé en (mg .l-1) pendant la période de suivi (Novembre -Mars) 2023.

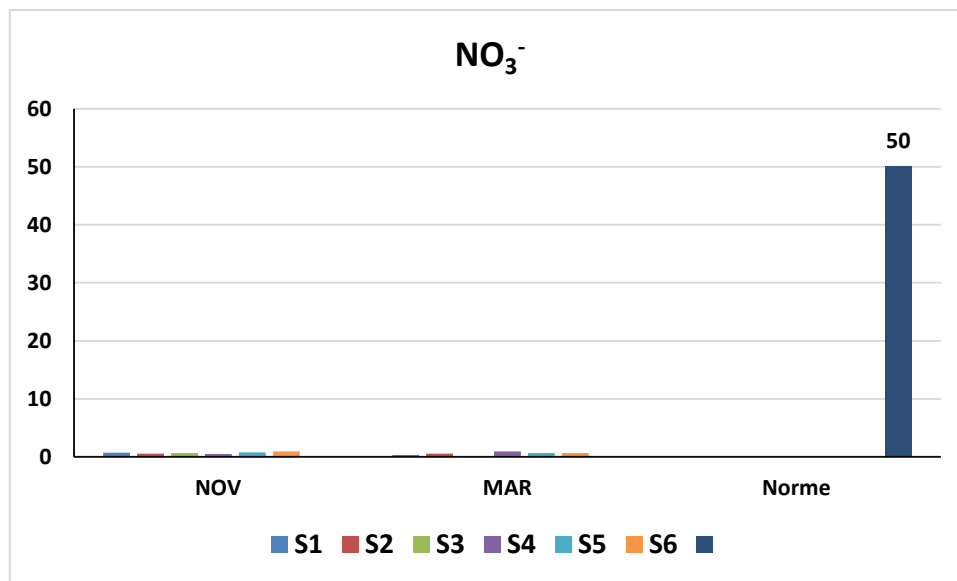
L'intervalle de fluctuation des nitrites dans les eaux de la région d'étude est de 0,04 mg/l à 0,56 mg/l (Fig. 24), ce qui dépasse les normes qui sont de 0.02 mg/l indiquant que les eaux présentent une pollution par l'azote nitreux.

La pollution nitrique de ces eaux étudiées serait due aux déchets des animaux, au fumier ou aux engrais chimiques utilisés dans la fertilisation des terres agricoles avoisinantes.

### 2.2.3. L'azote nitrique (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)

Les nitrates se trouvent naturellement dans les eaux et proviennent en grande partie de l'action de l'écoulement des eaux sur le sol constituant le bassin versant. Ils constituent le stade final d'oxydation de l'azote organique. Dans les eaux naturelles non polluées, le taux de nitrates est très variable suivant la saison et l'origine des eaux.

Les effets de nitrates ne sont pas en eux-mêmes dangereux mais ont une toxicité par le fait qu'ils se transforment en nitrites et participent au phénomène d'eutrophisation des eaux stagnantes et provoquent ainsi des troubles pour la santé (Labeled et al., 2015).



**Figure 253:** Variation spatiotemporelle des teneurs en azote nitrique des eaux d'oued El-Hamma exprimé en (mg .l-1) pendant la période de suivi (Novembre -Mars) 2023.

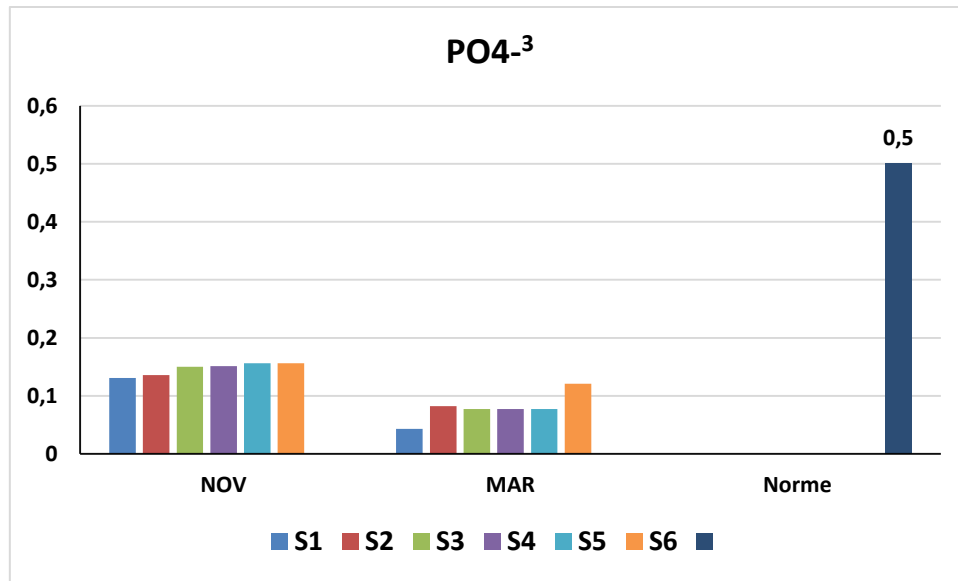
La valeur maximale 0,94 mg/l est enregistrée dans la station S4, et une valeur minimale 0,12 mg/l enregistrée dans la station S3.

Ces valeurs ne dépassent pas la norme recommandée (50 mg/l).

#### 2.2.4. Les ortho-phosphates (PO<sub>4</sub>-3)

Le phosphore, l'un des nutriments importants, peut se trouver sous différentes formes oxydées. Il participe à la distribution de l'énergie dans le corps humain (Makhoukh et al., 2011), et représente un élément biogène indispensable à la croissance des algues.

Les teneurs élevées de cet élément dans les eaux de surface peuvent entraîner leur eutrophisation (Gaujous, 1995).



**Figure 26:** Variation spatiotemporelle des teneurs en phosphates des eaux d’oued El- Hamma exprimé en (mg .l-1) pendant la période de suivi (Novembre -Mars) 2023.

Les teneurs en phosphate oscillent entre (0,04 - 0,16) mg/l, avec une moyenne de 0,11mg /l

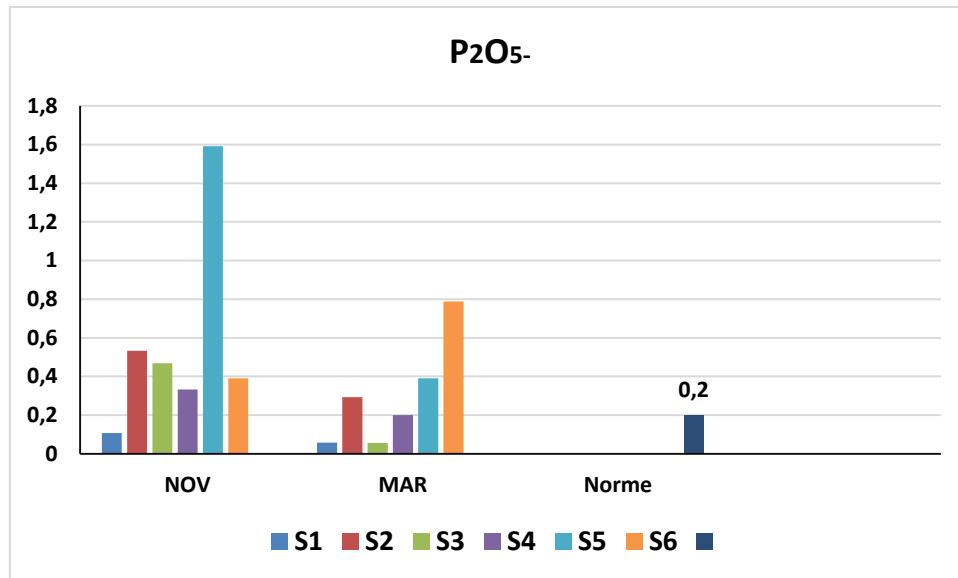
Selon la figure(26) les teneurs les plus faible en phosphates 0,04 mg/l est enregistrée dans la station S1 durant le mois de mars. Alors que la teneur la plus élevée (0,16 mg/l) est relevée dans les stations S5, S6 au mois de novembre.

La présence des teneure en phosphate même à faible concentration pendant la période d’étude due à l’utilisation des composants des engrais phosphatés et le déversement de nombreux détergents prévenant de Hemmam Elsalehin.

**2.2.5. Les poly-phosphates (P2O5-)**

Le phosphore dans eaux naturelles provient principalement de l’utilisation des détergents ainsi que du drainage des terres agricoles fertilisées dans la région qui présente un pôle d’excellence de périmètre d’irrigation.

En générale, le phosphore n’est pas toxique pour l’homme, les animaux ou les poissons et c’est principalement pour ralentir la prolifération des algues dans les milieux aquatiques et provoque et déclenche le phénomène d’eutrophisation surtout les formes minérales que la concentration en phosphore doit être limitée. (Kherief, 2019).



**Figure 274:** Variation spatiotemporelle des poly-phosphates des eaux d’oued El- Hamma exprimé en (mg .l-1) pendant la période de suivi (Novembre -Mars) 2023.

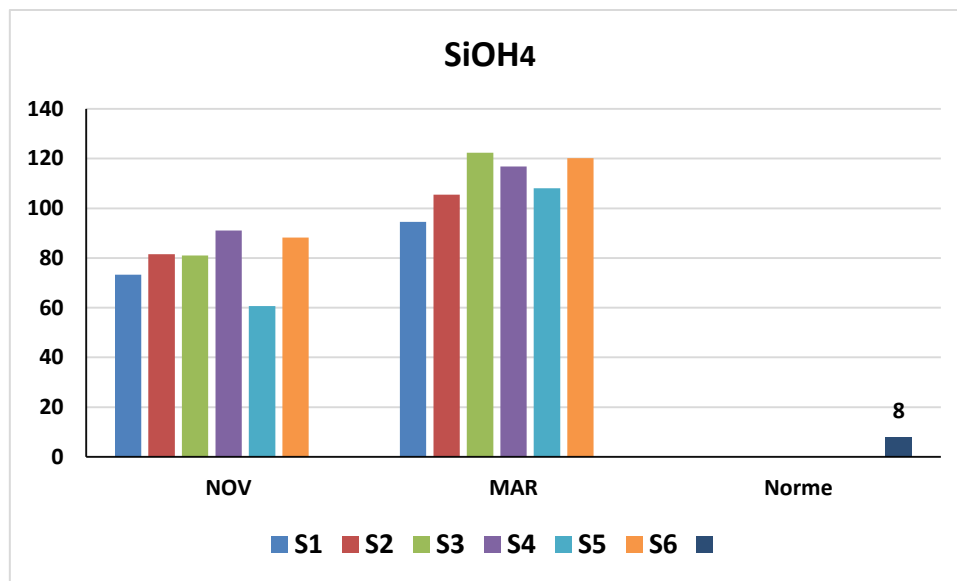
Selon la figure (27) on remarque que majorité des eaux des stations pendant les deux sorties présentent des fortes valeurs et assez importantes supérieure à la norme.

Ces teneurs varient entre (0,06 et 1,59) mg/l avec une valeur moyenne totale de l’ordre de 0,43 mg/l, ces concentration est le déclencheur responsable du phénomène d’eutrophisation dans les eaux de l’oued, ces formes hydrosolubles de phosphore c’est un bon traceur de la pollution urbaines des populations riveraines du la commune d’El Hamma.

**2.2.6. Les silicates (SiOH<sub>4</sub>)**

La silice c’est un oxyde plus répandu à la surface, est l’élément le plus abondant de la croûte terrestre après l’oxygène et se rencontre dans les minéraux sous forme de tétraèdres (SiO<sub>4</sub>)<sup>-</sup>. La silice se dissout dans l’eau sous la forme de la molécule Si(OH)<sub>4</sub><sup>-</sup>, acide monosilicique ou orthosilicique, peu dissocié (plus faible que l’acide carbonique) selon la réaction de dépolymérisation : (SiO<sub>2</sub>) + 2 (H<sub>2</sub>O) = Si(OH)<sub>4</sub> (Chaden, 2012).

Les résultats d’analyse de Silicium de l’eau sont présentés dans **la figure 28**



**Figure 28:** Variation spatiotemporelle des teneurs en silicates des eaux d'oued El- Hamma exprimé en (mg .l-1) pendant la période de suivi (Novembre -Mars) 2023.

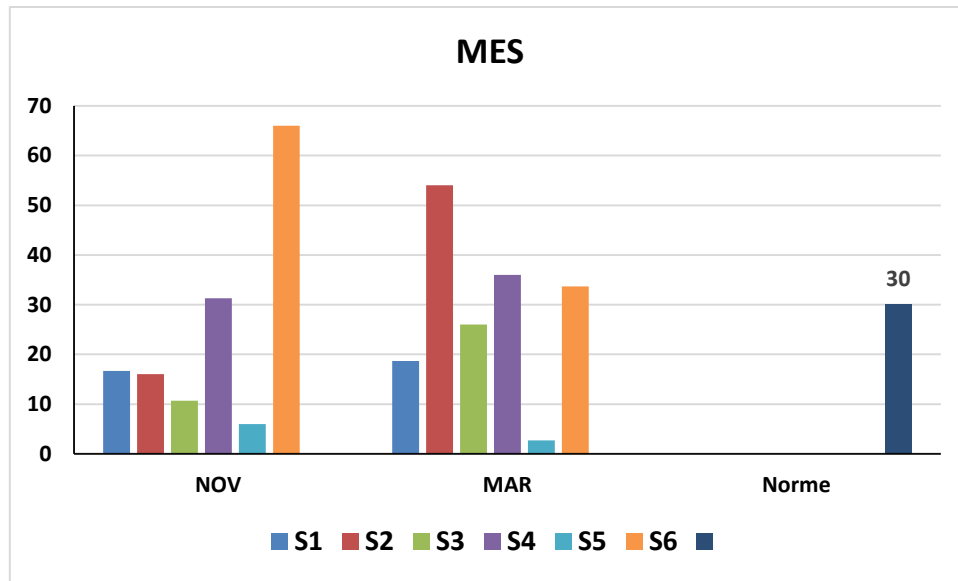
Selon la figure (28) on remarque que les siliciums présentent des teneurs assez importantes par rapport à la norme (8 mg /l) avec une valeur maximale (122,3 mg/l) station (03) au mois de mars et une valeur minimale (60,7 mg/l) dans la station (05) au mois de novembre.

Ces teneurs montrent que les eaux de la région d'étude est fortement chargé en silicates ce qui exprime que ces concertations ont des répercussions sur la distribution des groupements phytoplanctoniques .

### 2.3.Matières organiques (MO)

#### 2.3.1. La matière en suspension (MES)

Les matières en suspension, représentent l'ensemble des particules minérales et organiques contenues dans les eaux. Elles sont fonction de la nature des terrains traversés, de la saison, de la pluviométrie, de régime d'écoulement des eaux, de la nature des rejets, etc. **(Rodier, 1984)**.



**Figure 5:** Variation spatiotemporelle de matière en suspension des eaux d’oued El- Hamma exprimé en (mg .l-1) pendant la période de suivi (Novembre -Mars) 2023.

Pour les deux mois, les valeurs des MES enregistrées oscillent entre 2,7 mg/l et 66 mg/l dans la station S6 pendant le mois de novembre (période hivernale). Ces teneurs élevées peuvent être le résultat d’une manifestation hydrologique brutale (crue), dont la charge en MES peut être attribuée à une intense érosion, suite à des pluies orageuses brutales qui occasionnent une augmentation des matières en suspension.

Ces valeurs diminuent immédiatement en aval du l’oued et atteignent des valeurs admissibles avec un enrichissement dans les stations qui sont exposées aux différents types de rejets, à savoir S4, S6 où il y a une exposition des rejets des eaux usées de la piscine de Hammam El Salhin .

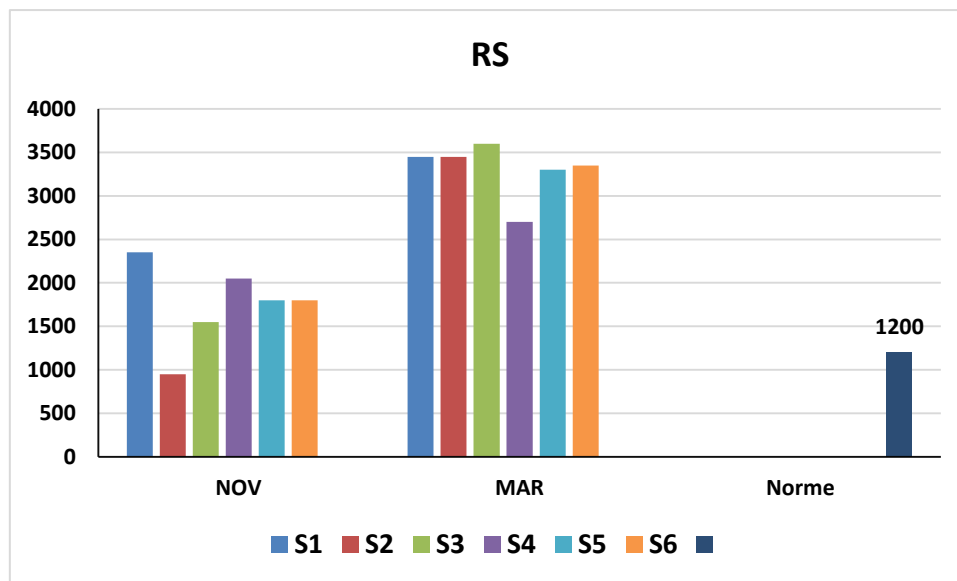
Les teneurs élevées en matières en suspension peuvent être considérées comme une forme de pollution.

Une telle hausse peut aussi entraîner un réchauffement de l’eau, lequel aura pour effet de réduire la qualité de l’habitat pour les organismes d’eau froide (**Hébert et al., 2000**).

### 2.3.2. Le résidu sec (R.S)

Le résidu Sec donne une information sur la teneur en substances dissoutes non volatiles (le taux des éléments minéraux). Suivant le domaine d’origine de l’eau cette teneur

peut Varier de moins de 100 mg/l (eaux provenant de massifs cristallins) à plus de 1000 mg/l (Khelili et al., 2015)



**Figure 30:** Variation spatiotemporelle des résidus secs des eaux d'oued El-Hamma exprimé en (mg .l-1) pendant la période de suivi (Novembre -Mars) 2023.

Selon la figure (30) on remarque des concentrations de résidus secs au niveau des six stations en novembre et mars, où l'on note que toutes les stations ont une valeur supérieure à la norme recommandée (1200 mg/l) sauf la station S2ou mois de novembre qui a été la valeur la plus basse (950 mg/l), et la valeur la plus élevée a été observée à la station S3 pour le mois de mars elle a atteint 3600 mg/l.

Ces teneurs élevées peuvent être le résultat d'une manifestation hydrologique brutale (crue), dont la charge en RS peut être attribuée à une intense érosion, suite à des pluies orageuses brutales qui occasionnent une augmentation des résidus secs où il y à une fort précipitation pendant le mois de mars.

### 3. Détermination des principaux faciès hydro-chimiques

D'après **Jaekli (1970)** et **Gouaidia (2008)**, les faciès hydro-chimiques sont fréquemment utilisés en hydrogéologie pour décrire grossièrement la composition des eaux naturelles.

La détermination de ces faciès commence par le calcul des quantités en réaction, c'est-à-dire la transformation des concentrations de mg/l au méq/l, puis la classification des ions selon la formule ionique. Cette formule consiste donc à classer de haut en bas et par ordre

décroissant, les quantités en réaction des éléments chimiques en commencent par les anions puis les cations.

Dans le but de bien identifier les faciès hydro-chimiques et d'avoir une indication sur l'aspect qualitatif des eaux, la représentation graphique des résultats d'analyses s'avère un outil inévitable.

Pour atteindre cet objectif, on a eu recours à la formule ionique pour le calcul des quantités en réaction et la classification des ions et au diagramme de Piper pour la représentation graphique des résultats.

Ce dernier permet une représentation des anions et des cations sur deux triangles spécifiques dont les côtés témoignent des teneurs relatives en chacun des ions majeurs par rapport au total de ces ions (cations pour le triangle de gauche, anions pour le triangle de droite).

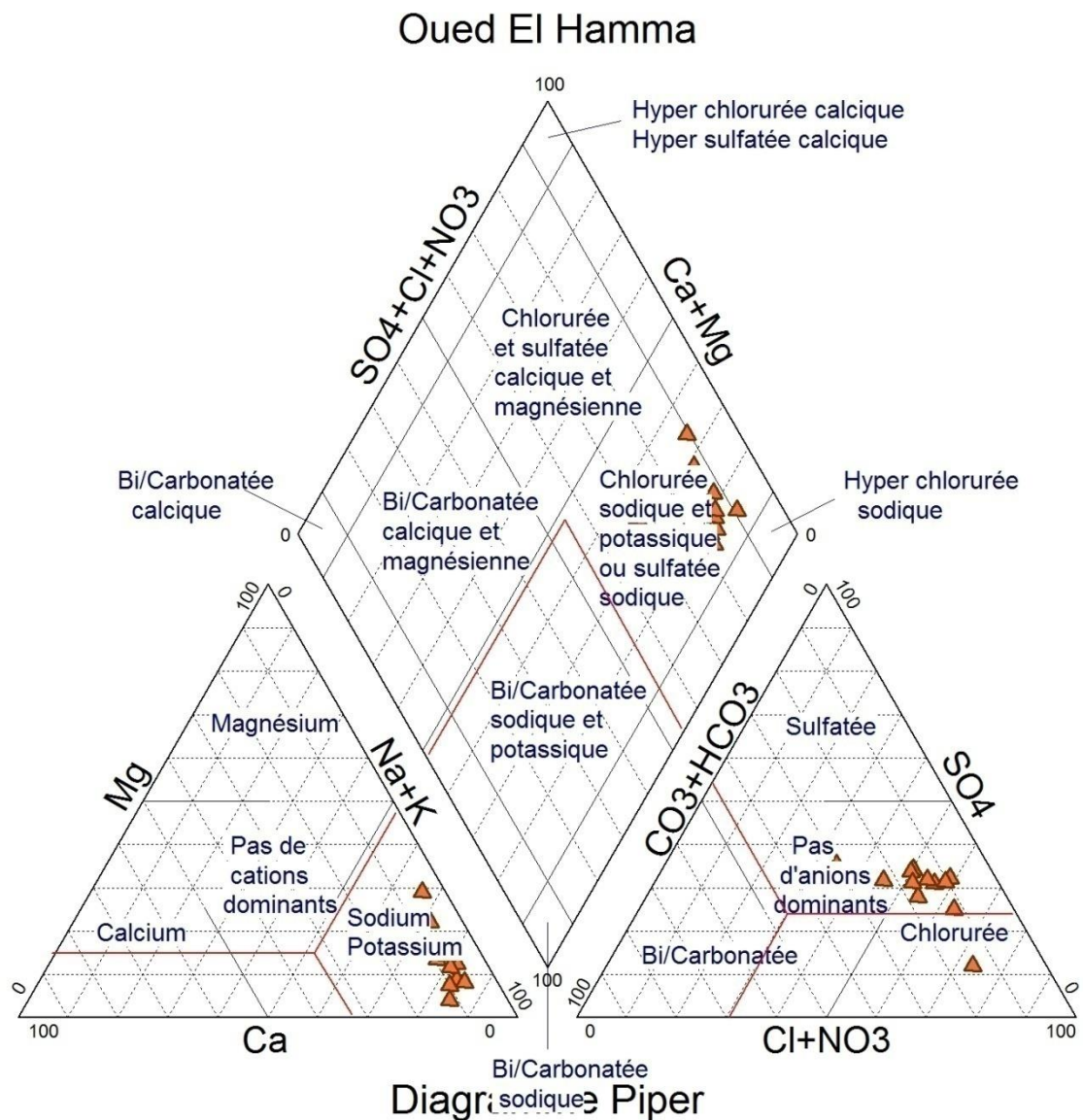
### **3.1.Représentation graphique des faciès hydro-chimiques**

Pour caractériser le faciès chimique des eaux, une représentation graphique des points d'eau sur des digrammes, tels que ceux de Piper et Schoeller-Berkaloff, permet de donner des informations sur la qualité chimique des eaux.

#### **3.1.1. Diagramme de Piper**

L'objectif de notre étude est d'identifier les faciès hydro-chimiques et d'avoir une indication sur les caractéristiques physico-chimiques des eaux de la région d'étude.

Pour atteindre cet objectif, nous avons traité les résultats en utilisant le logiciel Diagrammes de Piper, créé par Roland Simler (Laboratoire d'hydrogéologie, Université d'Avignon, 2004). Ce diagramme permet de représenter la moyenne de chaque paramètre analysé. Il est composé de deux triangles, permettant de représenter les faciès cationique et anionique, et d'un losange synthétisant le faciès global. Les nuages de points concentrés dans un pôle représentent pour les différents échantillons d'eaux étudiés la combinaison des éléments cationiques et anioniques (**Ben Aakame,2015**).



**Figure 31:** Représentation des échantillons des points d’eaux d’oued El Hamma sur le diagramme de Piper (Campagne 2023).

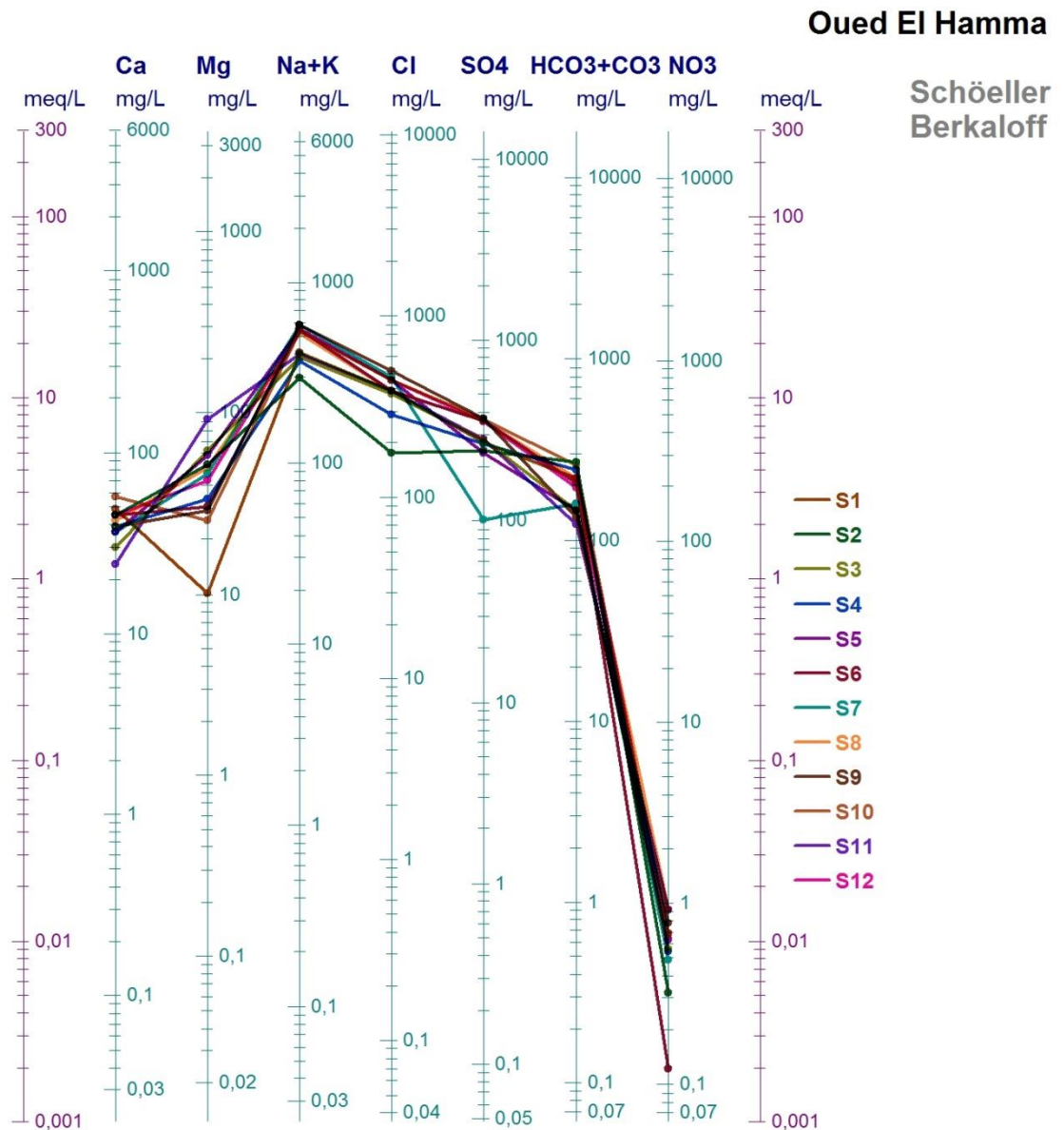
L’analyse de la représentation des points d’eaux de la région d’étude sur le diagramme de Piper montre que la majorité des eaux analysées sont principalement de faciès de chlorurée sodique- potassique et sulfaté sodique.

### 3.1.2. Diagramme de SCHOELLER-BERKALOFF

Le diagramme de **Schoeller-Berkaloff** permet de représenter le faciès chimique de plusieurs échantillons d’eaux. Chaque échantillon est représenté par une ligne brisée.

La concentration de chaque élément chimique est figurée par une ligne verticale en échelle logarithmique. La ligne brisée est formée en reliant tous les points

qui représentent les différents éléments chimiques. Un groupe d'eau de minéralisation variable mais dont les proportions sont les mêmes pour les éléments dissous, donnera une famille de lignes brisées parallèles entre elles. Lorsque les lignes se croisent, un changement de faciès chimique est mis en évidence (Gouidia, 2008).



**Figure32:** Diagramme de SCHOELLER-BERKALOFF des analyses des points d’eaux d’oued El Hamma (Campagne 2023).

L’analyse du diagramme de Schoeller-Berkaloff montre que les ions dominants sont le chlorure et les sulfates pour les anions, et le sodium et potassium pour les cations.

On remarque que les droites s’entrecoupent entre elles, ce qui traduit que les eaux sont d’origine différente ; même s’il existe des eaux qui ont le même faciès chimique

#### 4. Aptitude à l'irrigation

La rareté des précipitations et la forte évaporation, on contraint les agriculteurs à utiliser les des puits et des forages et de eaux de surface (barrages, oued ..... ) dans l'irrigation des terres agricoles.

C'est Pour cette raison que la qualité de l'eau utilisée dans l'agriculture doit présenter les ailleurs paramètres physico-chimiques. Nous allons essayer d'évaluer leur aptitude à l'irrigation, par la méthode de classification de Riverside et Wilcox.

##### 4.1. Classification de Riverside

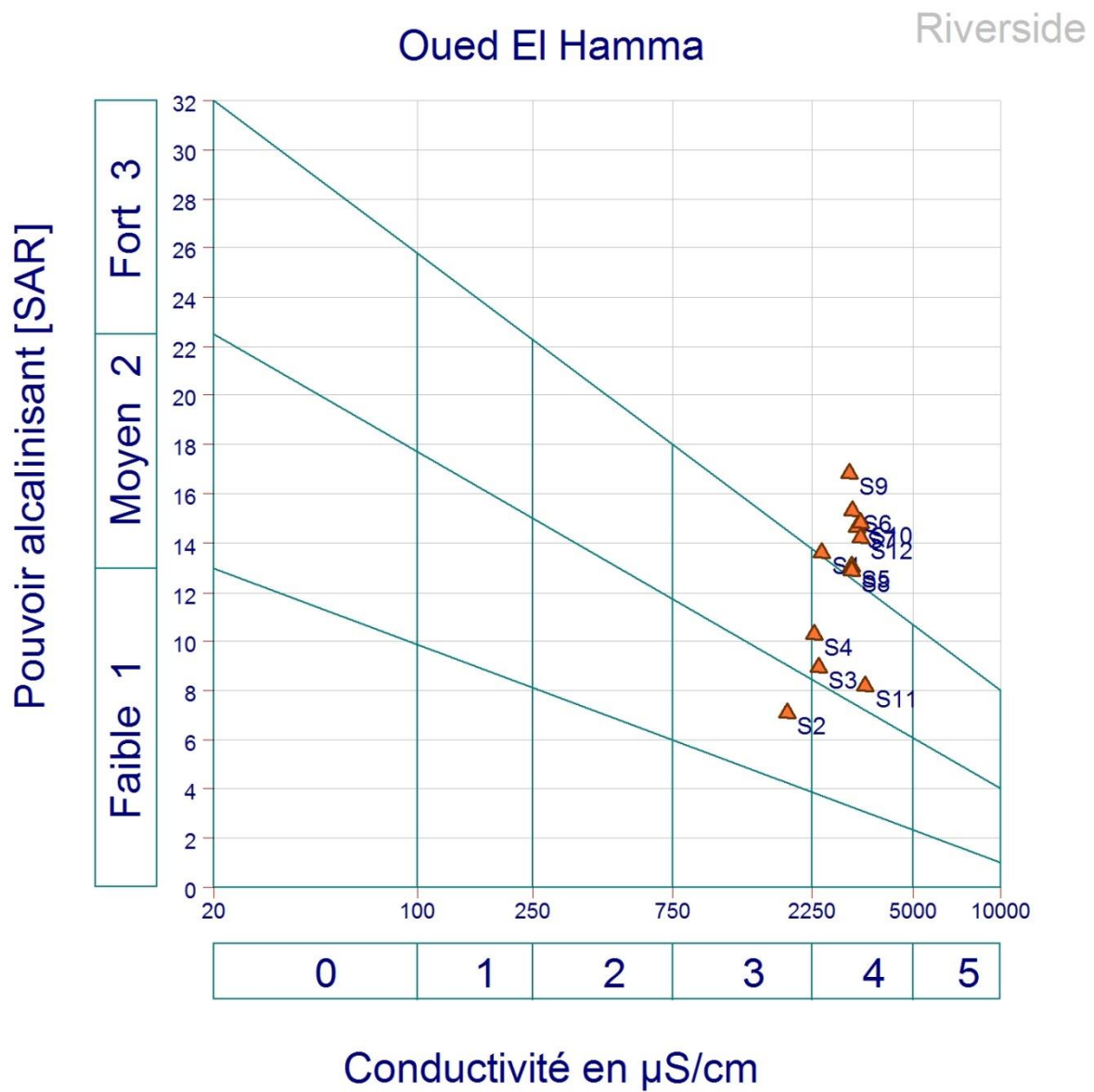
Parmi le sel dissous dans l'eau, le sodium ( $\text{Na}^+$ ) requiert plus de hautes concentrations en sodium peuvent être dommageable pour les cultures en modifiant les conditions physique de sol. Pour apprécier le risque alcalin, on compare la concentration en ions  $\text{Na}^+$  et celle en ions  $\text{Ca}^{+2}$  et  $\text{Mg}^+$ . Quatre classes de risque alcalin ont été défini en relation avec le risque salin

- S1 risque faible  $\text{S.A.R} \leq 10$
- S2 risque moyen  $10 < \text{S.A.R} \leq 18$
- S3 risque élevé  $10 < \text{S.A.R} \leq 26$
- S4 risque très élevé  $\text{S.A.R} > 26$

- **S.A.R (Sodium Absorption Radio)**

Nous avons obtenus une valeur de S.A.R varie entre 2 et 5 (inférieur à 10), qui appartient à la classe (risque faible) pour la station 02 ,de ce fait les eaux destinées pour assurer les besoins du périmètre sont jugés de bonne qualité .Et une valeur de S.A.R dans les stations 3,4,11 respectivement qui presente des valeurs un risque moyene  $10 < \text{S.A.R} \leq 18$

Mais le reste des stations pendant toute la période de prélèvement présent un risque très élevé  $\text{S.A.R} > 26$ .

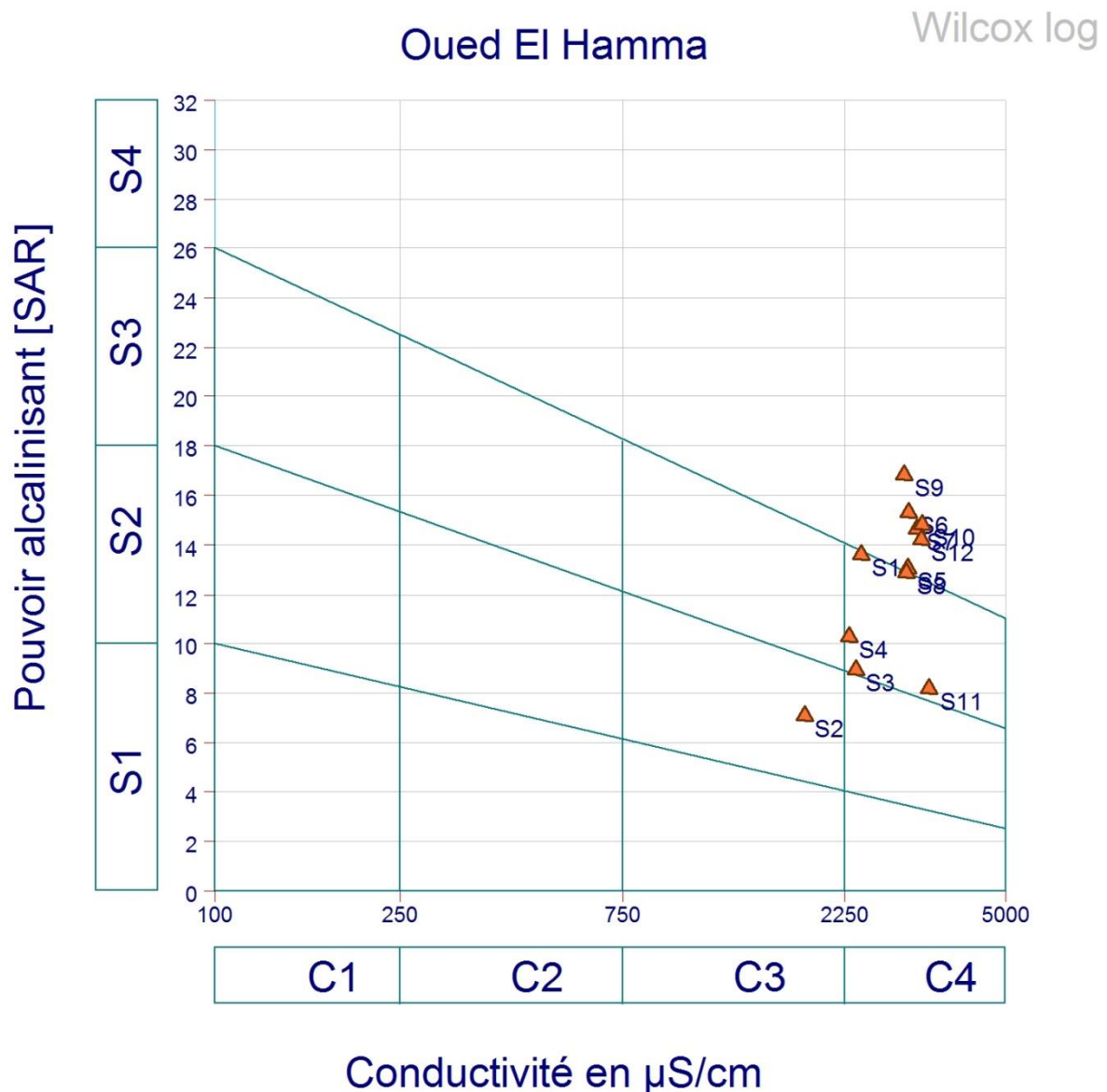


**Figure 33:** Représentation des échenillons des points d’eau d’oued El Hamma (Campagne 2023). sur le diagramme de Riverside.

### 4.2. Classification de Wilcox

Dans le but de mettre en relief l'effet de la lithologie sur l'aptitude des eaux à l'irrigation, nous avons cartographié la qualité des eaux à l'irrigation. On définit différentes classes d'eau en fonction de leur SAR (S1 à S4).

- Classe S1C1: Eau à salinité faible (C1) convenable pour l'irrigation de toutes les cultures avec faible risque (S1) d'accumulation des sels sauf pour les sols à faible perméabilité.
- Classe S2C2: Eau de salinité moyenne (C2), convenable pour l'irrigation avec précaution (S2) d'une dose de lessivage des cultures semi résistantes.
- Classe S3C3: Eau à salinité élevée (C3) ne convient pas aux sols à faible capacité de drainage (S3), les cultures doivent être résistantes.
- Classe S4C4: Eau à salinité très élevée (C4), ne convient pas à l'irrigation sous conditions ordinaires, pour quelles soit utilisée un drainage adéquat doit être mis en place pour des cultures résistantes (**Clément et al.,1979**).



**Figure 34:** Représentation des échantillons des points d’eau d’oued El Hamma (Campagne 2023). Sur le diagramme de Wilcox

Après avoir reporté tous les points d’eau sur le diagramme de Wilcox, selon la conductivité électrique et la valeur de SAR, on a pu dégager la présence des classes suivantes:

**La classe C3S2 :** Eau à salinité élevée, d’une dose de lessivage des cultures semi résistantes

**La classe C4 S3 :** Eau à salinité très élevée, les cultures doivent être résistantes.

**La classe C4 S4 :** Eau à salinité très élevée, ne convient pas à l’irrigation sous conditions ordinaires, pour quelles soit utilisée un drainage adéquat doit être mis en place pour des cultures résistantes.

II. Etude phytoplantonique

1. Identification

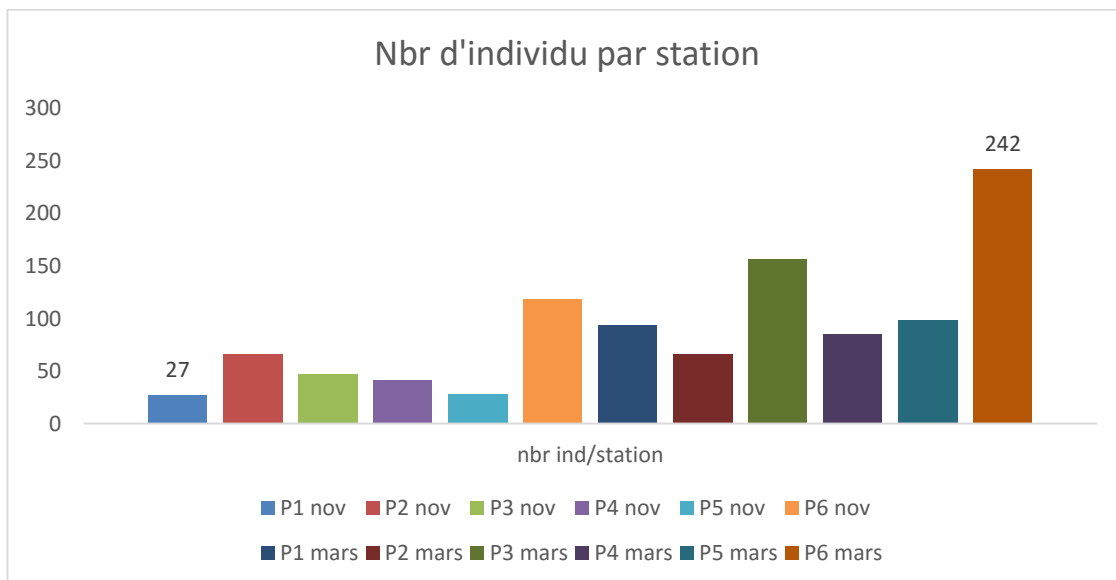
Tableau 6: identification des phytoplanton

Empire	Kingdom	Phylum	Class	Order	Family	Genus
Eukaryota	Chromista	Miozoa	Dinophyceae	Peridinales	Peridiniaceae	Peridinium
		Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Naviculaceae	Navicula
					Gyrosigma	
					Amphipleuraceae	Amphiprora
				Rhabdonematales	Tabellariaceae	Tabellaria
				Bacillariales	Bacillariaceae	Pseudonitzschia
				Fragilariales	Fragilariaceae	Synedra
						Fragilaria
		Surirellales	Surirellaceae	Surirella		
		Chaetocerales	Cocconeidaceae	Cocconeis		
	Mediophyceae	Thalassiosirales	Stephanodiscaceae	Cyclotella		
	Protozoa	Euglenozoa	Euglenophyceae	Euglenales	Euglenaceae	Euglena
	Plantae	Charophyta	Zygnematophyceae	Spirogyrales	Spirogyraceae	Spirogyra
				Desmidiiales	Closteriaceae	Closterium
					Desmidiaceae	Cosmarium
		Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Scenedesmaceae	Scenedesmus
				Chlamydomonadales	Sphaerocystidaceae	Sphaerocystis
Trebouxiophyceae				Chlorellales	Oocystaceae	Oocystis
Prokaryota	Eubacteria	Cyanobacteria	Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	Oscillatoria
				Chroococcales	Microcystaceae	Microcystis
				Nostocales	Aphanizomenonaceae	Anabaena
				Pseudanabaenales	Pseudanabaenaceae	Pseudanabaena

L'analyse des effectifs d'espèces recensées montre que l'étude qualitative du groupement phytoplanctoniques présente 22 genres de 20 familles ou la classe la plus dominante Bacillariophyceae on distingue 09 genres (Navicula, Gyrosigma, Amphiprora, Tabellaria Pseudonitzschia, Synedra, Fragilaria, Surirella, Cocconeis).

Selon les figures (35) ci-dessous, on remarque qu'en matière de nombre d'individu par station, que la station (06) sortie de mars est la station la plus riche avec 242 individus, par contre pour la station la plus pauvre en individu est la station (01) sortie de novembre avec 27 individus.

Et Selon les figures (36) ci-dessous, on a observé en matière de nombre d'individu par genre, que le genre de *Navicula* est le genre dominant avec 366 individus, et concernant la les genres qui ont un nombre bas d'individue on a l'observé chez les *Cosmariums* et les *Scenedesmus* avec (01) individu.



**Figure 35:** Le nombre d'individu par station d'oued ELHAMMA la période (NOUVEMBRE2022-MARS 2023).

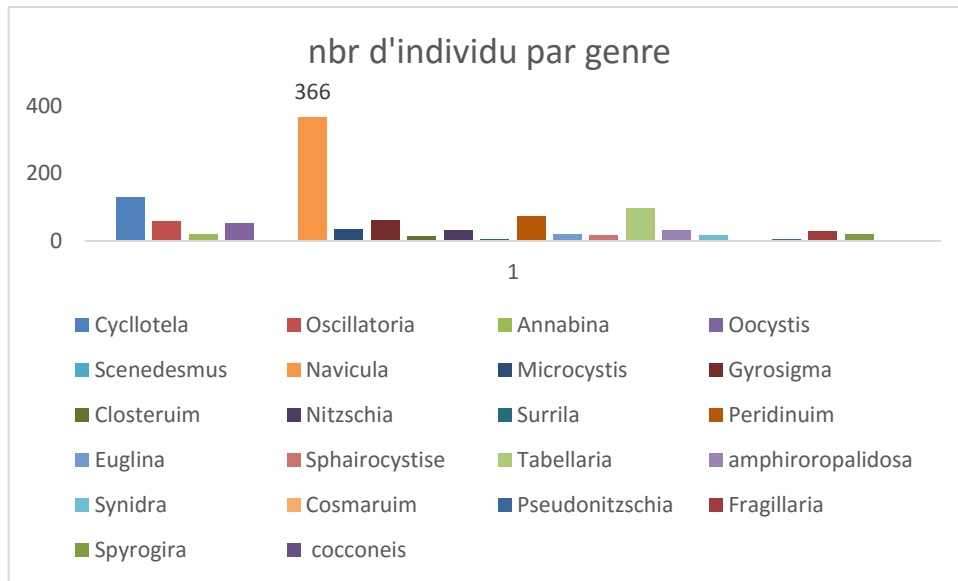


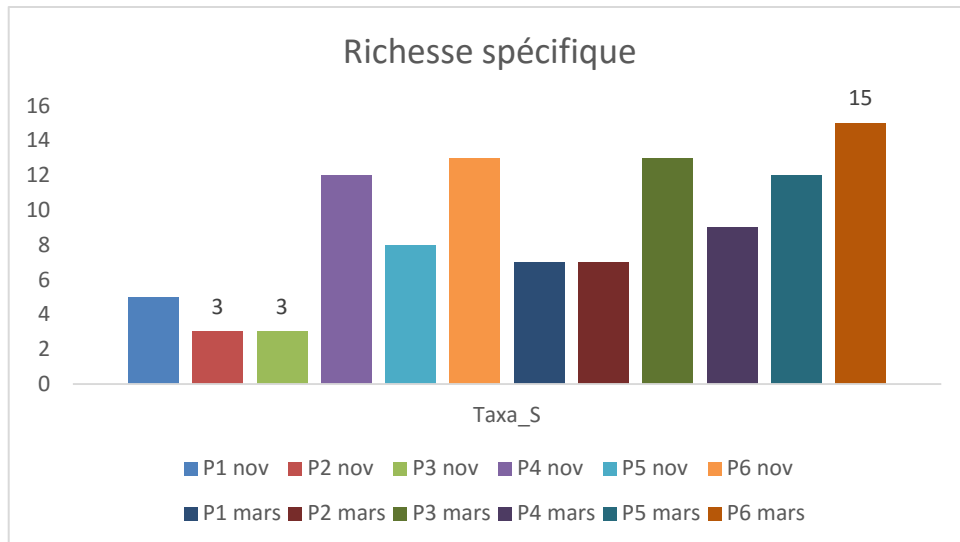
Figure 36: Le nombre d’individu par genre d’oued ELHAMMA la période (NOUVEMBRE2022-MARS 2023).

2. Les indices écologiques

2.1.Indices écologiques de compositions

2.1.1. La richesse spécifique, ou la richesse totale (S)

La figure (37) représente le nombre des genres pour chaque station du d’oued el Hamma, on remarque que la station (06) de la sortie n°02 (mois du mars) est la station la plus diversifier avec 15 Genres présents après identification et comptage à cause de les valeur de nutriments surtout les valeurs de formes de phosphates et les paramètres physique et condition climatique favorable dans cette période et les plus faible stations en terme de biodiversité sont les stations (02) et (03) de la sortie n°01 (mois du novembre) avec 303 genres, à cause de les conditions défavorables comme les basses températures et les faibles teneurs en nutriments.

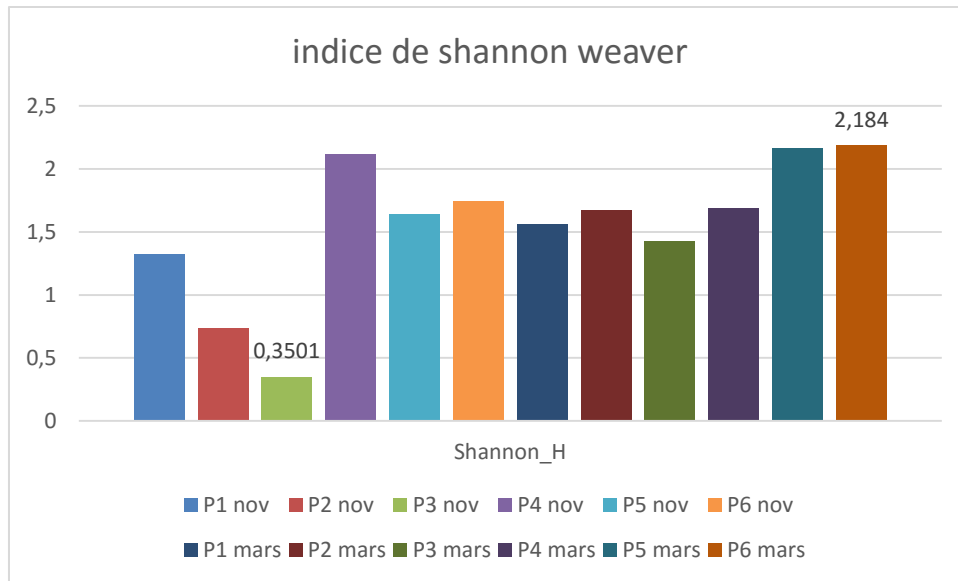


**Figure 37:** La richesse spécifique des espèces (N° de taxonomie) d’oued ELHAMMA la période (NOUVEMBRE2022-MARS 2023).

**2.2. Les indices écologiques de structure**

**2.2.1. L’indice de diversité de Shannon –Weaver (H’)**

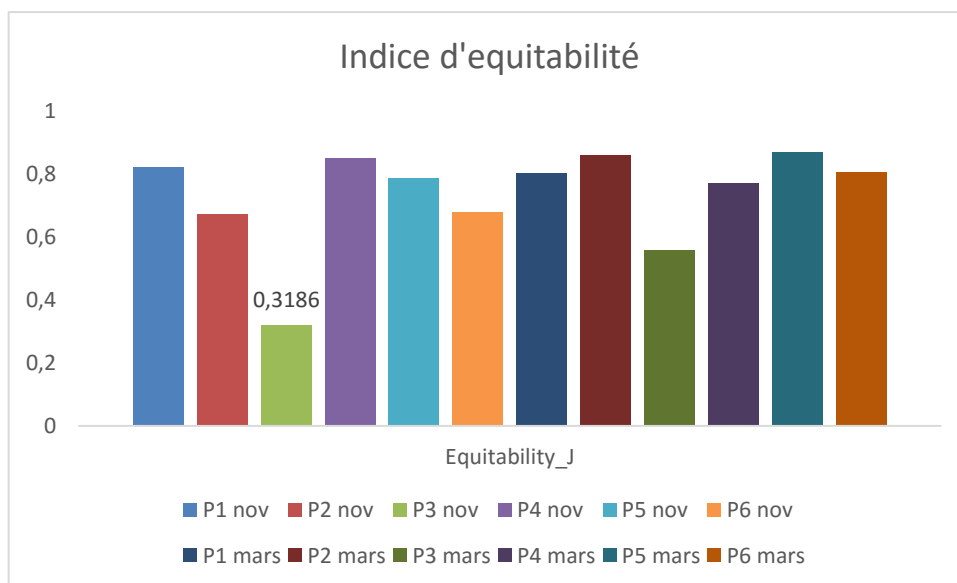
Selon la figure (38) qui représente l’indice de Shannon dans notre étude sur Oued el hamma dans la période (Nouembre2022 et Mars 2023), On remarque que la station(06) du mois de Mars est la station la plus diversifiée avec des genre phytoplanctonique en matiere de la diversité spécifique, où la valeur de l’indice était égale à (2,184), pour plusieurs raisons, notamment des conditions climatiques favorables et des niveaux élevés de nutriment surtout les phosphat , et ainsi que les silicates . Quant à la station la moins diversifiée, c’est la station (03) en Novembre. Elle a été estimée à (0.3501), en raison du manque de caractéristiques nécessaires à la diversité durant cette période.



**Figure 38:** Variation des valeurs de l’indice de Shannon, des eaux d’oued el Hamma pendant la période (Novembre 2022-mars 2023)

**2.2.2. L’indice d’équitabilité (E)**

La figure (39) représente l’indice d’équitabilité dans la période étudiée (février - mars -avril) On observe que toutes les stations équilibrées, Où elles étaient estimées à (0,67et 0.86), Ce qui sont des valeurs très proche de (1), et cela signifie que la population dans ces stations est très équilibrée. Sauf pour les stations 03 pour novembre et mars ou l’indice varie de 0,55 et 0.30, ces populations ne sont pas équilibrées



**Figure 39:** L’indice d’équitabilité des eaux d’oued el Hamma pendant la période (Novembre 2022- mars 2023).

2.2.3. L'indice de diversité de Simpson

La figure (40) représente l'indice de Simpson pour les échantillons d'étude prélevés dans les eaux du barrage d'Ourkiss au cours de l'étude (novembre 2022 et mars 2023), On remarque que l'échantillon le plus homogène est l'échantillon de la station 04 dans le mois de novembre, qui est estimé à (0.85) et est très proche de 1. Et les échantillons de la station 03 du mois de novembre sont le moins homogènes estimés à (0.16).

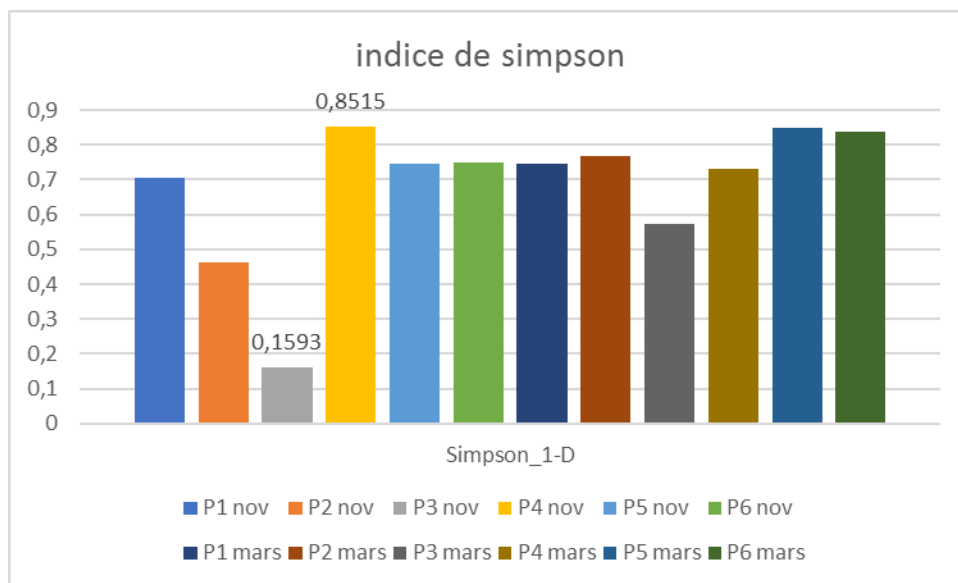


Figure 40: L'indice de Simpson des eaux d'oued el Hamma pendant la période (Novembre 2022 et mars 2023).

# Conclusion Générale

## *Conclusion générale*

---

- **Conclusion**

Les analyses physico-chimiques des eaux douces sont importantes pour plusieurs raisons. Elles permettent de déterminer la qualité de l'eau et de s'assurer qu'elle est conforme aux normes bactériologiques et physico-chimiques strictes 1. Les analyses physico-chimiques peuvent également aider à identifier les sources de pollution et à évaluer l'impact des activités humaines sur les écosystèmes aquatiques.

Cette étude repose sur la connaissance des caractéristiques des eaux d'oued el hamma à Khenchela. Les analyses des échantillons ont révélé ce qui suit :

La plupart des six sites échantillonnés présentent une forte salinité qui ne respecte pas les normes, c'est-à-dire qu'elle dépasse 0,5. Par conséquent, cette eau est vivement ne recommandée pas pour la consommation humaine ainsi que pour l'irrigation en raison de sa forte teneur en CE et TDS (3420 mg.l-1).

En ce qui concerne le pH, il a été observé que l'oued présente des valeurs neutres qui ne dépassent pas les limites normales. Cela indique une stabilité chimique et un équilibre ionique satisfaisants, avec une moyenne de pH de 7,53

En termes d'oxygénation, on peut dire que l'eau d'oued el Hama est biologiquement saine. Sa teneur élevée en oxygène favorise un environnement hydrodynamique et une faible concentration d'éléments nutritifs en amont, qui ne nécessitent pas d'oxydation.

En termes de minéralisation, l'eau de l'oued présente une forte concentration de minéraux tels que le chlorure et le sulfate. Cela explique pourquoi cette eau, riche en oxygène, est utilisée par les micro-organismes pour la nitrification et la nitrification.

En ce qui concerne les indicateurs de contamination minérale, on peut conclure que le l'oued présente une faible teneur en azote, en particulier sous forme minérale, à l'exception des nitrites qui nécessitent encore un traitement. Les niveaux élevés de nitrites peuvent entraîner des maladies graves chez les enfants de la population environnante, notamment des maladies intestinales (nitrosamines).

En ce qui concerne les formes phosphatées, l'oued présente de faibles niveaux de composés phosphatés et des niveaux élevés de poly-phosphates.

Tandis qu'aux formes silicatées, on observe une forte présence de silicate dans les eaux de oued el hamma pendant les mois de novembre et mars. Cela a un impact sur l'environnement

## *Conclusion générale*

---

en réduisant la biodiversité du phytoplancton, notamment des diatomées. Ces forts niveaux sont dus à la forte hydrolyse des roches mères et à la présence de végétation à la source.

En général, la terre en amont d'oued est stable, ce qui est justifié par la faible concentration de matières en suspension et de résidus secs

L'inventaire des espèces phytoplanctonique des eaux d'oued présente (02 empire, 04 Royaume, 06 phylum, 08 classes, 18 ordre, 20 familles, 22 genres) (voir tableaux 01 page 44), avec une dominance de genre de navicula (366 individus), Les résultats capitalisés révèlent que les diatomées ont nettement prédominé par rapport aux autres classes, ce qui peut indiquer la qualité biologique de l'eau avec des caractéristiques Environnementales. Le type *Navicula* et le genre le plus présent dans l'étude et est estimé à (88,88%) C'est-à-dire qu'il est un type permanent. Après l'étude de la richesse spécifique on remarque que la station n°06 de la sortie n°02 (mois du Mars) est la station la plus diversifiée par (15 genres), et le moins diversifiées est la station n°02 et 03 du mois de novembre par (3 genres) Les indices de Shannon (H) et d'équitabilité (E) sont basés sur les proportions d'espèces Observées. A toutes les stations d'études, les populations des phytoplanctons observés étaient Diverses et dominées par les Diatomées.

En matière de conservation de la qualité des eaux de oued el hamma et la biodiversité q'il contient, on peut proposer plusieurs recommandation pour assurer ce but de conservation :

- Cette étude devrait être menée sur une période plus longue et plus régulière afin d'assurer un suivi rigoureux et une compensation des éventuelles perturbations bioécologiques des eaux D'oued el Hamma
- On recommande une installation immédiat d'une station d'épuration des usées au niveau de oued el hamma pour assurer des eaux d'irrigation sain aux agriculteurs et au cultures a voisinage
- Assurer une sensibilisation continue pour l'ensemble de citoyens et des investisseurs (restaurant, complexe touristique, station minérale de hammam salhine) a voisinage d'oued.

# Les références bibliographiques

## *Les références bibliographiques*

---

### **-A-**

**Anonyme.,(2001)**, Monographie de la Wilaya de Khenchela, Direction Générale du Budget DPAT de la Wilaya de Khenchela,

**Aouidane L ., (2017)**. Origines de la salinisation des eaux et des sols d'une zone à climat semi-aride : Cas de Remila (W. Khenchela) thèse de Doctorat. Université Mohamed Khider Biskra.

**Ayad, w. &kahoul, m., (2017)**.- Évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de puits dans la région d'El-Harrouch (N.E -Algérie). J. Mater. Environ. Sci., 7 (4), 1288-1297.

**Anonyme., (2007)**. Khenchela monographie : direction du tourisme de la wilaya de Khenchela.

**Aminot, A., &Kérouel, R., (2004)** . Hydrologie des écosystèmes marins: paramètres et analyses.

**Achour, S. & Youcef, L., (2001)**.De fluoruration des eaux souterraines du sud algérien par la chaux et le sulfate d'aluminium.

### **-B-**

**Bernard, F. P., Connan, J., &Magot, M. ,(1992,)**. Indigenous microorganisms in connate water of many oil fields: a new tool in exploration and production techniques. In SPE Annual echnical Conference and Exhibition.

**Bougdoura., (2013)**. Traçage chimique de quelques sources d'eau du Nord-Est des Aurès ( W Khenchela). Mémoire de magister. Université Abbas Laghrour Khenchela.

**Ben Aakame, R., (2015)**. Caractérisation hydro-chimique, toxicologique et évaluation des risques sanitaires des eaux souterraines de la région de Sidi-Kacem (Maroc).

**Bacchin., P.**, Principes de base des Technologies a Membranes., in 2'eme Ecole d'EteNemoraw, N.L., 1985. Stream la keestuary and ocean pollution van nostr and reiholdcompanyincne work.

**Bernadette.,( 2008)**.Évolution et Diversité du Vivant .Chapitres 53, 54 et 55, Campbell, 3 e édition 101-NYA-05.

## *Les références bibliographiques*

---

**Belanger, M., Eljabi., Caisse, D., (2005).** Estimation de la température de l'eau en rivière en utilisant les réseaux des nerons et la régression linéaire multiple. Revue de science de l'eau, **Belkhiri L.,( 2011).** Étude de la pollution des eaux souterraines : cas de la plaine d'Ain Azel Est Algérien. Thèse de doctorat en science. Université de Batna  
**Bernard., (1992).** Limnologie l'étude des eaux continentale.

*-C-*

**Cheverry C. et Robert M., (1998)** . La dégradation des sols irrigués et de la ressource en eau : Une menace pour l'avenir de l'agriculture et pour l'environnement des pays au sud de la méditerranée. Étude et Gestion des Sols, vol. 5, n° 4, p. 217-226 ;

**Chaden M (2014).** Evaluation de la qualité de l'eau du bassin supérieur de la rivière du litani, Liban : approche hydrogéochimique. Thèse de doctorat. Spécialité : En Géosciences. Université de Lorraine,

*-D-*

**Delmas, M., Calvet, M., Gunnell, Y., Braucher, R., &Bourlès, D., (2012).** Les glaciations quaternaires dans les Pyrénées ariègeoises: approche historiographique, données paléogéographiques et chronologiques nouvelles. Quaternaire. Revue de l'Association française pour l'étude du Quaternaire, 23(1), 61-85.

**Derwich E., Beziane Z., Benaabidate L., et Belghyti D., (2008.)** Evaluation de la qualité des eaux de surface desouedsFès et Sebou utilisées en agriculture maraichère au Maroc, Larhyss Journal, ISSN 1112-3680,Issue 07, Juin, pp.59-77.

**Derwich E, Benaabidate L, Zian A ., (2010 )**. Caractérisation physico-chimique des eaux de la nappe alluviale du haut Sebou en aval de sa confluence avec Oued Fès.

*-E-*

**Estienne, P., & Godard, A., (1970).** Climatologie. (1970).

*-G-*

**Guerrabe H,Yousfi M., (2015).** Protection contre les inondations l'oued el Hamma (wilaya de Khenchela). Mémoire de master. Université Larbi Ben M'hidi – OUM EL BOUAGHI –

## ***Les références bibliographiques***

---

**Gaagai.,(2009).** Etude hydrologique et hydrochimiques du bassin versant du barrage de Babar sur oued El Arab région Est de l'Algérie. Mémoire Magister, départ d'hydraulique .univ-Batna.

**Gouaidia, L.,(2008).** Influence de la lithologie et des conditions climatiques sur la variation des paramètres physico –chimiques des eaux d'une nappe en zone semi aride, cas de la nappe de Meskiana Nord-Est Algerien. Thèse doctorat. Univ Badji Mokhtar Annaba.101p

**Gaagai., (2009).** Etude Hydrologique Et Hydrochimique Du Bassin Versant Du Barrage De Babar Sur Oued El Arab Région Est De L'Algérie. Mémoire De Magister. Université De Batna.

**Guerchi, H. Et Leulmi, A. (2016).** Les eaux superficielles caractérisations physico chimique et aptitude (lac réservoir du barrage mexa nord est algérien).

**GaujousD., (1995).** La pollution des milieux aquatiques, aide-mémoire, Édition2, Éditeur Tec& Doc Lavoisier,

**Gaujous D., (1995).** La pollution des milieux aquatiques : aide mémoire. Technique et documentation. Lavoisier. Paris,

**Grillas P., Gauthier P., Yaverscoveski N. et Pernnou C.,(2008)** Les mares temporaires méditerranéennes, enjeux de conservation, fonctionnement et gestion. Station biologique de Tour du Valat, Vol. 1, France.

*-H-*

**Hamed, B. , (2015).** Hydrodynamique souterraine et transfert des réservoirs profonds (couplage architecture stratigraphique vulnérabilité et risque dépollution) dans la région de Khenchela (Doctoral dissertation, Université Badji Mokhtar).

**Hebert S., Legre S. (2000).** Suivi de la qualité de l'eau des rivières et petits cours d'eau. Direction du suivi de l'état de l'environnement, Ministère de l'Environnement Gouvernement du Québec.

**Hajlaoui H., Maatallah S., Denden M., (2015).** Effet du stress salin sur l'efficience d'utilisation d'azote et les bilans ioniques chez deux variétés de maïs (Zeamays L.) fourragère. Journal of Animal & Plant Sciences, 2015. Vol.24, Issue 3 : 3787-3801.

## *Les références bibliographiques*

---

*-J-*

**IBGE (Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement) (2005).** Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface : Cadre Général. Publication/Fiche documentée. Observatoire des données de l'environnement Novembre 2005.

*-J-*

**Jacques, G., & Sournia, A., (1978).** Les «eaux rouges» dues au phytoplancton en Méditerranée. Vie et Milieu, 175-187.

*-K-*

**Khabtane., (2015).** Contribution a l'étude des caractères morphologiques, physiologiques et des marqueurs moléculaires pour l'évaluation du polymorphisme phénotypique et génétique des espèces du genre Tamarix dans différents écotopes de la zone steppique de Khenchela (EST ALGERIEN). Thèse de doctorat. Université des Frères Mentouri Constantine.

**Khaldoun L.,(2014).** Recherches Phréatobiologiques dans La région de Khenchela (Sud Est Algérien) : Qualité De L'eau Des Puits, Biodiversité, Ecologie Et Biogéographie Des Espèces Stygobies. Thèse De De Doctorat. Université Larbi Ben M'hidi, Oum El Bouaghi.

**Kolli .,Lemouchi, O .,(2020).** Contribution à l'Etude climatique et bioclimatique de barrage chaffia dans la wilaya El Tarf. Mémoire de Master. Université Badji mokhtar-Annaba.

**Kilham S. and Kilham P., (1984).** The importance of resource supply rates in determining phytoplankton community structure . In Trophic interactions within aquatic ecosystems.

**Keddari, D., Afri-Mehennaoui, F. Z., Sahli, L., & Mehennaoui, S., (2019).** Qualité écologique via la faune macro-invertébrée benthique et devenir du niveau de contamination par le Cr et le Pb des sédiments de l'oued Boumerzoug (Constantine, Algérie). Algerian Journal of Environmental Science and Technology.

**(Khelili et al., 2015)** Impact des activités anthropiques sur la qualité des eaux de surface et souterraines de la plaine alluviale d'oued Nil (Wilaya de Jijel, Nord-Est Algérien)

*-L-*

**Ladlani, I.,(2007).** Contribution à la gestion optimale de la ressource en eau mobilisée «choix de formule empirique pour l'estimation de l'évapotranspiration potentielle" ETP" dans les régions de Tébessa et Annaba» (Doctoral dissertation, Université de Batna 2).

**Lanteri, Y.,( 2009).**Transport à travers des membranes de nanofiltration: caractérisation des propriétés électrique et diélectrique .,

## ***Les références bibliographiques***

---

**Louadj, A., Naceur, M., Elfil, H., (2019).** Pollution par précipitation des carbonates de calcium des eaux saumâtres selon les zones de métastabilité. Academic Journal of Civil Engineering .

**Labed, A., & Si Bachir, A., (2015).** Biodiversité et dynamique spatio-temporelle de la communauté phytoplanctonique de la zone humide artificielle du barrage.

**Lepengue A. N., Mouaragadja I., M'batchi B., Ake S., (2010).** Effet du chlorure de sodium (NaCl) sur la germination et la croissance du maïs.

**Lutete Kevin Luzolo., (2012).** Les eaux souterraines : captage, exploitation et gestion, Université de Kinshasa-Graduat .

### ***-M-***

**Menad, K et Metadjer.,(2012)** . Traitement des eaux saumâtres par l'osmose inverse cas de l'eau de Khemis Miliana. Université Khemis Miliana.

**Matthess.G. Geol. Mijinbouw.,(1994).** -In Forstner U ETWittmann GTW Metalpollution in the Aquatic Environment.

**M .I.C.L.A ,( 2015)** Ministère de l'Intérieur et des Collectivités Locales Algérie

**.Mezni M., Bizid E., Hamza M. (1999).**, Effets de la salinité des eaux d'irrigation sur la survie et la croissance de trois cultivars de luzerne pérenne. Fourrage 158, 169-178.

**Makhoukh M, Sbaa M, Berrahou A, Clooster M. Van., (2011).** Contribution à l'étude physico-chimique des eaux superficielles de l'oued Moulouya (Maroc Oriental),

### ***-R-***

**R'him T., Tlili I., Hnan I., Ilahy R., Benali A., Jebari H., (2013).** Effet du stress salin sur le comportement physiologique et métabolique de trois variétés de piment (*Capsicum annuum* L.).

**Rodier, J., Geoffray, C., & Rodi, L., (1984).** L'analyse de l'eau: eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer: chimie, physico-chimie, bactériologie, biologie

**Richards, I. A., (1954).** Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Agric. Handbook 60, USDA, Washington D.C.

**Ramade, B., (2008).** Paul McCarthy: le trublion envahit le musée d'Art contemporain de Gand pour une rétrospective de quarante années d'excès. L'œil: revue d'art mensuelle.

## ***Les références bibliographiques***

---

**Ramade, F., (2008).** Dictionnaire encyclopédique des sciences de la nature et de la biodiversité.

**Rebbah Abderraouf Chouaib., (2013).** Contribution a la distribution spatiale du phytoplancton et quelques paramètres physico-chimique des eaux saumâtres cas de la Lagune d'El Mellah- Parc National d'El Kala. Univ- El chadli Ben Djdid. ELTaref.

**Rejsek F., (2002).** Analyse des eaux, Aspects réglementaire et techniques. Série : Sciences et techniques de l'environnement.

**Rodier, J., (2009).** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, 9me dition. *Dunod, Paris.*

**-S-**

**Salhi, ., (2022).** La Géologie Général De La Wilaya De Khenchela (Ville De Kais). Journal Of Cognitive Issues ISSN 2602-7542.

**Saliha Kherief Nacereddine., (2019).** Etude de l'évolution de la qualité écologique des eaux et inventaire de la micro flore aquatique du barrage de Béni-Haroun.

**S.E.E (Secrétariat d'État de l'Eau et de l'Environnement),. (2007) .** Normes de qualité : Eaux utilisées pour la production de l'eau potable. Secrétariat d'Etat auprès du Ministère del'Energie des Mines, de l'Eau et de l'Environnement, chargé de l'Eau et de l'Environnement. Rabat.

**Stewart., (1969) .** Quotient pluviométrique et dégradation biosphérique. Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord, T. 59, (1 – 2): 23 - 36.

**-O-**

**OMN.,(2008).** Organisation Mondial de la Santé

**OMN.,(2008) .** L'office national de la météorologie .

**-U-**

**UNEP., (2009).** Water Security and Ecosystem Services. The Critical Connection. A Contribution to the United Nations World Water Assessment Programme (WWAP). Country done this study (Unit Nation Environmental Programme .

## *Les références bibliographiques*

---

*-V-*

**Vasquez, G. and Favila, M.E., (1998).** Status of the health conditions of subtropical Atezealake. Aquatic Ecosystem Health and Management, 1: 245 255.

*-W-*

**World Health Organization.,(2019).** The WHO special initiative for mental health (2019-2023): universal health coverage for mental health (No. WHO/MSD/19.1). World HealthOrganization.

*-Z-*

**Zeamays ,L.,Poaceae)** au Gabon. International Journal of Biological and Chemical Sciences. 4(5): 1602-1609

### **Les sites de Web :**

1. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/fr/water-and-sanitation/>

# *Résumé*

---

## **Abstract**

The river El Hamma is a natural water course that generally moves from top to bottom through varied geographical regions, fed by water sources from precipitation, underground springs and thermal waters.

The main objective of this study was to understand how the physical-chemical characteristics of the water influence the diversity and abundance of phytoplankton, an essential component of the aquatic ecosystem. To achieve this objective, in-depth analyses of the water's physical-chemical parameters were carried out, including salinity, mineralization, nutrients (nitrates, phosphorus), silicates, etc.

The results of these analyses revealed a high level of phytoplankton diversity and abundance. The results of these analyses revealed a high salinity of the water (1.7 PSU) expressed by low  $\text{Ca}^+$  mineralization (57.32mg.l-1) and average  $\text{Mg}^+$  (92.71mg.l-1), as well as low levels of nutrients, especially nitrates with a low  $\text{NO}_3^-$  value (0.94mg.l-1), and low levels of polyphosphates (0.16 mg.l-1) for inorganic phosphorus, indicating the urban footprint. Silicate levels were also higher than the norm (122.30 mg.l-1).

The planktonic study of the river waters quality El Hamma presents (02 empire, 04 Kingdom, 06 phylum, 08 classes, 18 orders, 20 families, 22 genera, with a dominance of genus *Navicula* (366). The *Navicula* type is the most present genus in the study and is estimated at (88.88%). In terms of species richness, station S6 of outing month of March, is the most diverse station with (15 genera), and the least diverse is station S2 and S3 of the month of November with (3 genera).

**Keywords:** Hydrochemistry, Nutrients, Phytoplankton, Oued, Khenchela, Algeria

## **Résumé**

Oued El Hamma est un cours d'eau naturel qui se déplace généralement du haut vers le bas à travers des régions géographiques variées, alimenté par des sources d'eau provenant de précipitations, de sources souterraines et des eaux thermales.

L'objectif principal de cette étude était de comprendre comment les caractéristiques physico-chimiques de l'eau de l'oued influencent la diversité et l'abondance du phytoplancton, un composant essentiel de l'écosystème aquatique. Pour atteindre cet objectif,

# Résumé

---

des analyses approfondies des paramètres physico-chimiques de l'eau ont été réalisées, notamment la salinité, la minéralisation, les nutriments (nitrates, phosphore), les silicates, etc.

Les résultats de ces analyses ont révélé une forte salinité de l'eau de l'oued (1.7 PSU) exprimé par une faible minéralisation  $\text{Ca}^+$  (57,32mg.l-1) et  $\text{Mg}^+$  moyenne (92.71mg.l-1), aussi les nutriments ont présenté des faibles teneurs surtout les nitrates avec une valeur faible de  $\text{NO}_3^-$  (0.94mg.l-1) pour le phosphore minéral on remarque la présence des poly-phosphates faibles (0,16 mg.l-1) ce qui signifie l'empreinte urbaine.

Aussi les silicates présents des teneurs supérieures à la norme (122.30 mg. l-1). L'étude planctonique des eaux d'oued El Hamma présente (02 empire, 04 Royaume, 06 phylum, 08 classes, 18 ordres, 20 familles, 22 genres, avec une dominance de genre *Navicula* (366). Le type *Navicula* et le genre le plus présent dans l'étude et est estimé à (88,88%).

La richesse spécifique on remarque que la station S6 de la sortie mois du Mars est la station la plus diversifiée par (15 genres), et le moins diversifiées est la station S2 et 03 du mois de novembre par (3 genres) Les indices de Shannon ( $H'$ ) et d'équitabilité ( $E$ ) sont basés sur les proportions d'espèces Observées.

**Mots clés :** Hydrochimie, Nutriments, Phytoplancton, Oued, Khenchela, Algérie.

# Résumé

## ملخص

وادي الحامة هو مجرى مائي طبيعي ينتقل بشكل عام من الأعلى إلى الأسفل عبر مناطق جغرافية متنوعة ، تغذيها مصادر المياه من الأمطار والمصادر الجوفية والمياه الحرارية. كان الهدف الرئيسي من هذه الدراسة هو فهم كيفية تأثير الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمياه الوادي على تنوع ووفرة العوالق النباتية، وهي عنصر أساسي في النظام البيئي المائي ولتحقيق هذا الهدف ، أجريت تحليلات متعمقة للمعايير الفيزيائية الكيميائية للمياه ، ولا سيما الملوحة ، والتمعدن ، والمغذيات (النترات ، والفوسفور) ، والسيليكات ، وما إلى ذلك.

كشفت نتائج هذه التحليلات عن ارتفاع ملوحة مياه الوادي (1.7 وحدة حرارية) معبرا عنها بانخفاض نسبة الكالسيوم ( ومتوسط ملغ (92.71 ملغ.ل-1) ، كما قدمت المواد الغذائية محتويات منخفضة وخاصة النترات 1-57,32mg.l-1التمعدن ) مع قيمة منخفضة من نو 3(0.94 ملغ.ل-1) بالنسبة للفوسفور المعدني ، لوحظ وجود بولي فوسفات ضعيف (0.16 مجم.ل-1) مما يعني البصمة الحضريّة.

كما أن السيليكات تقدم محتويات أعلى من المعيار (122.30 مجم. ل-1م-1). تقدم دراسة العوالق لمياه وادي الحمة (02 إمبراطورية ، 04 مملكة ، 06 شعبة ، 08 فئة ، 18 رتبة ، 20 عائلة ، 22 جنسا ، مع هيمنة جنس نافيكولا (366). النوع نافيكولا والجنس الأكثر حضورا في الدراسة ويقدر بـ (88.88%). الثراء المحدد يلاحظ أن المحطة ن 06 للخروج ن 02 (شهر مارس) هي المحطة الأكثر تنوعا حسب (15 جنسا) ، والأقل تنوعا هي المحطة ن 02 و 03 من شهر نوفمبر بواسطة (3 أجناس) تستند مؤشرات شانون (ح) والإنصاف (هـ) إلى نسب الأنواع المرصودة

**الكلمات المفتاحية:** الكيمياء المائية ، المغذيات ، العوالق النباتية ، النهر ، خنثلة ، الجزائر

# Les Annexes

# Les Annexes

---

## I. Matériels

Le prélèvement d'eau, qu'elle soit analysée au laboratoire ou sur le terrain, doit être indicatif de l'état réel du plan d'eau au moment et à l'endroit échantillonné. Pour faire ce type de prélèvement, d'analyses et pour récolter la faune il faut utiliser différents matériels sur terrain et au laboratoire.

### I.1 Sur terrain

*Tableau 1:* liste du matériel utilisé sur terrain

Matériel	Les taches	Photo
<b>Fiche de terrain</b> <b>Crayons</b> <b>Etiquettes</b>	Noter les résultats obtenus	
<b>GPS</b>	prendre les coordonnées des stations.	
<b>Bouteilles en plastique</b>	Pour les échantillons	





## Les Annexes

---

<b>Appareil photo</b>	Prise d'observations, prise de vue des Endroits	
<b>Glacière</b>	Pour le transport des échantillons	
<b>Multi paramètre de Terrain</b>	Appareil qui permet de mesurer des différents paramètres physique (T°, TURB, Ph, COND, DO, TDS, SAL) sur terrain	
<b>Tenu imperméable</b>	Permet à travailler plus facile dans le prélèvement	

### I.2. Au laboratoire

## *Les Annexes*

Matériel utilisé	Objectif	photo
<b>Spectrophotomètre</b>	Mesurer l'absorbance d'une solution homogène à la longueur d'onde donnée ou sur une région spectrale donnée	
<b>Multi-paramètre</b>	Mesurer les paramètres physiques, (Conductivité, TDS, Salinité.)	
<b>PH mètre</b>	Mesurer le PH	
<b>Balance de précision</b>	Balance d'analyse pour toute utilisation basique courante en laboratoire (Roy, 1997)	

## ***Les Annexes***

---

**Laboratoire pour agiter les solutions (roy, 1997).**




**L'eau en s'écoulant dans la trompe à eau aspire l'air contenu dans le flacon laveur et dans la fiole à vide. Ainsi il y a une différence de pression entre l'extérieur et l'intérieur des fioles : le contenu de l'entonnoir Büchner est aspiré vers la fiole à vide**



## *Les Annexes*

---

<p><b>Pour observer les espèces sur la lames dans un goutte d'échantillons</b></p>	 A photograph of a white compound microscope with a black eyepiece and objective lenses. The microscope is placed on a white lab bench. In the background, there are shelves with various lab supplies. The number '5010 1348613' is visible on the base of the microscope.

## *Les Annexes*

---

**Pour chauffer les solutions**



**Sécher les échantillons (RS ; MES ; COP).**



## *Les Annexes*

---

**Un instrument utilisé en  
laboratoire pour agiter les solutions**



## *Les Annexes*

---

**Pour les dosages et les paramètres chimiques**



**Pour préparer tous les paramètres  
et conserver nos échantillons**



## *Les Annexes*

---

--	--

**Tableau:** appareillage utilisé pour les analyses physicochimiques

**Tableaux :** *Méthode Titrimétrique*

	<b>avant le titrage</b>	<b>près le titrage</b>
--	-------------------------	------------------------

## Les Annexes

TAC		
Cl-		
Mg+2		
Ca+2		

## II. Analyse physico-chimique de l'eau II.1. Eléments analysés au laboratoire Dosage des chlorures

### Méthode de Mohr

#### a) Principe

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge caractéristique du chromate d'argent (**Rodier, 2009**).

#### b) Réactifs

- Solution de chromate de potassium à 10 %.
- Solution de nitrate d'argent 0,1 N.

#### c) Mode opératoire

## ***Les Annexes***

---

- Introduire 50 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 1 ml de solution de chromate de potassium. Apparition une couleur jaune.
- Verser alors au moyen d'une burette la solution de nitrate d'argent jusqu'à apparition d'une teinte rougeâtre, qui doit persister 1 à 3 minutes. Soit V le nombre de millilitres de nitrate d'argent 0,1 N utilisés.

### **Expression des résultats**

Pour une prise d'essai de 100 ml :

V .10 .3, 55 donne la teneur en chlorures, exprimée en milligrammes de Cl<sup>-</sup> par litre d'eau.

### **Dosage de l'alcalinité**

#### **1. Principe**

Ces déterminations sont basées sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué, en présence d'un indicateur coloré (Rodier, 2009).

#### **2. Réactifs**

- Acide chlorhydrique (HCl) 0,02 N.
- Solution de phénolphtaléine.
- Solution de méthyle orange.

#### **3. Mode opératoire Détermination du TA :**

Prélever 50 ml d'eau à analyser (10 ml de l'échantillon + 40 ml de l'eau distillé)

dans une fiole conique. Ajouter 1 à 2 gouttes de solution alcoolique de phénol phtaléine. Une coloration rose doit alors se développer. Dans le cas contraire le TA est nul, (pH < 8,3).

Verser ensuite doucement l'acide dans la fiole à l'aide d'une burette, en agitant constamment, et ceci jusqu'à décoloration complète de la solution (pH 8,3). Soit V le volume d'acide utilisé pour obtenir le virage.

#### **Extermination du TAC :**

Utiliser l'échantillon traité précédemment ou le prélèvement primitif s'il n'y a pas eu de coloration. Ajouter 2 gouttes de solution de méthylorange et titrer de nouveau avec le même acide jusqu'à disparition de la coloration jaune et apparition de la couleur jaune- orangé (pH 4,3). Soit V' le volume d'acide 0,02 N versé depuis le début du dosage.

# ***Les Annexes***

---

## **Expression des résultats**

Si  $TA=0$   $H Co 3= 12.2 \times TAC$  (volume de titrage). Exprime le titre alcalimétrique complet en milligramme par litre.

## **Dosage de calcium**

### **1. Principe**

Le principe est identique à celui de méthode titrimétrique décrite pour la dureté totale. Toutefois, comme le dosage se fait à un PH élevé (12-13), le magnésium est précipité sous forme d'hydroxyde et n'intervient pas. Par ailleurs, l'indicateur choisi, l'acidecalcone carboxylique, ne se combine qu'avec le calcium pour former un complexe rouge.

### **2. Réactif**

- Solution d'hydroxyde de sodium NaOH (2n)
- Merixide comme indicateur
- L'EDTA

### **3. Mode opératoire**

- Dans une fiole conique de 100 ml, introduire 50 ml eaux analyse (10 ml eaux de l'échantillon + 40 ml eaux distillé)
- Ajouter 3 ml NaOH
- Quelque grain de merixide
- Une coloration rose bombonne
- Verser alors au moyen d'une burette la solution de l'EDTA jusqu'à apparition d'une teinte violet

## **Dosage d'ammonium**

**Méthode spectrophotométrique au réactif de Nessler :**

### **1. Principe**

## ***Les Annexes***

---

En présence d'hydroxyde de potassium ou de sodium, il se produit une réaction entre les ions  $\text{NH}_4^+$  et le réactif de **Nessler** (iodo-mercurate de potassium alcalin), avec formation d'un composé de coloration variant du rouge au brun. L'ajoute dans le milieu réactionnel de tartrate double de sodium et de potassium a pour rôle principal d'éviter la formation ultérieure d'un trouble dû à l'interférence du calcium du magnésium éventuellement présent dans l'eau. On réalise ensuite une mesure spectrophotométrique de l'absorbance de la coloration à une longueur d'onde voisine de 420 nm (**Rejsek, 2002**).

### **2. Réactifs**

- Réactif de Nessler.
- Solution de tartrate double potassium et sodium + Réactif de Nessler.

### **3. Mode opératoire**

Introduire 10 ml d'eau à analyser dans une bécher puis versé 0,4 ml de tartrate double potassium et sodium puis 0,4 ml de réactif de Nessler. Effectuer les lectures au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 420 nm.

### **Dosage de sulfate**

#### **1. Principe**

Les sulfates sont précipités en milieu chlorhydrique à l'état de sulfate de baryum. Le précipité ainsi obtenu est stabilisé à l'aide d'une solution de Tween 20 ou de polyvinyle

- pyrrolidone. Les suspensions homogènes sont mesurées au spectromètre (Boya et Zahaf, 2013).

#### **2. Réactifs**

- Solution d'acide chlorhydrique au 1/10.
- Solution de chlorure de baryums stabilisé :
  - 10 g de chlorure de baryum  $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
  - 20 ml solution de tween 20 a 25%
  - Compléter a 100 ml par l'eau distillé

#### **3. Mode opératoire**

Dans un bécher, introduire successivement :

## ***Les Annexes***

---

- 10 ml d'eau à analyser.
- 0,2 ml Acide chlorhydrique.
- 1 ml Solution de chlorure de baryums stabilisé.
- Agiter énergiquement et laisser reposer 15 minutes.
- Agiter de nouveau et faire les lectures au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 650

### **Dosage des poly-phosphates**

#### **1. Le principe**

Les ions phosphate réagissent avec le molybdate d'ammonium en présence d'antimoine (III) pour former un complexe que l'on réduit par l'acide ascorbique : cette forme réduite de coloration bleu a un maximum d'absorption à 885 nm.

#### **2. Les réactifs**

- Solution d'acide sulfurique (20%)
- Solution NaOH (12%)

#### **Mélange des réactifs :**

- 10 ml de solution de molybdate.
- 25 ml d'acide sulfurique 2.5 mol .l-1.
- 10 ml de solution d'acide ascorbique.
- 5 ml de solution d'oxytartrate de potassium et d'antimoine

#### **3. Mode opératoire**

Dans un flacon :

- Mettre 10 ml de l'échantillon filtré ;
- Ajouter 1ml de solution d'acide sulfurique 20% ;
- Boucher avec le papier aluminium et placer dans le bain de sable pendant 30 min
- Laisser refroidir puis ajuster le pH avec la solution de NaOH à l'aide d'une burette et unmulti paramètre jusqu'à la valeur du pH ~ 2 ;
- Mener le volume à 10 ml avec de l'eau distillé ;

## ***Les Annexes***

---

- Ajouter 1 ml du mélange des réactifs et homogénéiser aussitôt ;
- Attendre 5 min et mesurer l'absorbance à 885 nm par rapport à l'eau distillée. Soit A cette mesure ;

Les résultats sont exprimés en mg/l à partir de la courbe d'étalonnage

### **Dosage des ortho-phosphate**

#### **1- Le principe**

Les ions phosphate réagissent avec le molybdate d'ammonium en présence

d'antimoine (III) pour former un complexe que l'on réduit par l'acide ascorbique ,cette forme réduite de coloration bleu a un maximum d'absorption a885 nm.

#### **2-Les réactifs**

- Mélange des réactifs :

- 10 ml de Solution de molybdate d'ammonium.
- 25 ml d'acide sulfurique 2,5 mol .l-
- 10 ml de Solution d'acide ascorbique.
- 5 ml de Solution d'oxytartrate de potassium et d'antimoine

#### **3-Mode opératoire**

- Préparer le mélange des réactifs ;
- Mesurer 10 ml de l'échantillon filtré ;
- Ajouter 1 ml du mélange des réactifs et homogénéiser aussitôt ;
- Attendre 5 mn et mesurer l'absorbance à 885 nm par rapport à l'eau distillée. Soit Acette mesure ;
- Les résultats sont exprimés en mg/l à partir de la courbe d'étalonnage

### **Dosage de silicium**

#### **1. Principe**

La méthode utilisée a recours à la formation, à pH 1-2, d'un complexe entre le molybdate d'ammonium et les formes monomère ou dimère de l'acide ortho silicique. Ce dernier est réduit par le métol en un complexe bleu susceptible d'un dosage spectrophotométrie.

#### **2. Réactif**

# Les Annexes

---

## ✚ Réactif 1 : réactif au molybdate

- 12,5 ml acide sulfurique  $\text{H}_2\text{SO}_4$  + 37,5 ml eaux distillé
- 15g molybdate + 100 ml eaux distillé

## ✚ Réactif 2 : réactif Acide oxalique

- 10g acide oxalique + 100 ml eaux distillé

## ✚ Réactif 3 : réactif Acide ascorbique

- 2,8 g acide ascorbique + 100 ml eaux distillé

### 3. Mode opératoire

- Introduire dans des gobelets en plastique 10 ml d'eaux analysée
- Ajouter à la micropipette 0,4 ml R1, mélanger
- Attendre au minimum 10 min
- Ajouter à la micropipette 0,4 ml R2
- Mélanger
- Sans attendre ajouter 0.2 ml R3
- Attendre 2 à 3 h et mesurer l'absorbance à 810 nm

Dosage de nitrite

Dosage de nitrate

Les Phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ )

Dosage de magnésium

Mes

Le résidu de sec