



République Algérienne Démocratique Et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la

Recherche Scientifique

Université Abbès Laghrou-Khenchela-

Faculté des Sciences de la nature et de la vie

Département d'Ecologie et Environnement

Mémoire Présenté en vue de l'obtention du diplôme de

Master Académique

Spécialité: Ecologie fondamentale et appliquée

Thème

**Impact des eaux usées déversées dans la Sebkhha sur
la qualité des eaux souterraines du bassin El-mahmel
Khenchela**

Préparé par :

- Bekhouchekhouloud
- Baaloudjkenza

Membres du jury

Président	Ouanesmiyada	MCB	Université de khenchela
Examineur	Badiszakaria	MAA	Université de khenchela
Encadrant	Sedrati A.Nour	MCB	Université de khenchela

Année universitaire : 2021/2022



Dédicaces

*Je dédie ce travail à la personne la plus chère à moi
à la femme qui a souffert sans me laisser souffrir
qui m'a soutenue tout au long de mon parcours
universitaire et qui m'a épauler pour que je puisse
atteindre mes objectifs mon adorable maman
Ismahene .*

*A mon cher papa monsieur Kamel pour son soutien
moral et ses conseils précieux. A mes très chers
frères Ahmed Karim Amir et Djoud que je les
aimes beaucoup .A ma très chère tante Ines et à
toute ma famille paternelle et maternelle à tout qui
m'ont encouragé de près ou de loin ainsi qu'a toutes
mes copines inesyasmine et Hadil Maysoun
surtout à Fatima qui était toujours présente à mes
cotés tu es l'exemple de l'amitié
et la fidélité c'est un vrai bonheur de t'avoir
dans ma vie.*

Khouloud





Dédicaces

Je dédie ce travail

A mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études,

A mes chères sœurs pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral,

A toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire,

Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit de votre soutien infailible,

Merci d'être toujours là pour moi.

Kenza



Remerciements

On remercie en premier lieu Dieu tout puissant de m'avoir accordé la puissance et la volonté pour achever ce travail.

On adresse nos sincères remerciements à Monsieur Abdenour Sedrati, Directeur du mémoire pour son suivi, ses conseils judicieux et ses discussions qui nous ont beaucoup aidé au cours de nos recherches.

On tiens à remercier avec plus grande gratitude Monsieur Sedrati Abdenour Professeur à l'université de Abbes Lagrour Khenchela de l'honneur q'il nous fait d'avoir accepté de présider le jury de ce mémoire

On remercie également Madame ounesmiyada, monsieur Badiszakaria d'avoir accepté de se joindre à ce jury comme examinateur.

Nous remercions Mr. Chenaker Hichem pour leur conseils

On remercie également tout le personnel du laboratoire de l'ADE Khenchela pour leur aide apporté durant notre période de stage.

Sans oublier monsieur Siam doyen de l'université Abbes Laghrour

Nos remerciements vont également à Nos collègues de la promotion 2021-2022 Ecologie fondamentale et appliquée et à tous ceux et celles qui ont contribué de près ou de loin, par leurs conseils, leurs suggestions et par leurs encouragements, à la réalisation de ce travail.

TABLE DES MATIÈRES

Liste des figures.....	A
Liste des tableaux.....	B
Liste des abréviations	C
Introduction générale	1

Chapitre 1 : étude bibliographique

1. Généralités sur l'eau	4
1.1. Composition chimique de l'eau	5
1.1.1. Les matières minérales	5
1.1.2. Les matières organiques	5
1.2. Les caractéristiques de pollution des eaux.....	6
1.2.1. Les paramètres organoleptiques	6
1.2.2. La turbidité:.....	6
1.1.1.1. Odeur et saveur	6
1.2. Paramètres microbiologiques.....	6
1.3. Pollution d'eau	7
1.3.1. Définition de pollution d'eau	7
1.3.2. La pollution domestique	7
1.3.3. La pollution industriel	8
1.3.4. La pollution agricole.....	8
1.3.5. La pollution liée aux transports maritimes	9
1.3.6. La pollution par matières organique	9
1.4. Eutrophisation	10

chapitre 2 : présentation de la zone d'étude

2. Définition des zones humides	11
2.2. Description générale de la wilaya de kenchela et de ses zones humides	11
• Description générale de la wilaya de kenchela	11
2.2.1. Sur le plan géographique	11
2.3.1. Sur plan régional.....	12
2.3.2. Sur le plan administratif.....	12
2.3.3. Sur le plan démographique	13
2.4.1. Les unités morphologiques	14
B) Les montagnes.....	14
C) Les pentes.....	14
Climatologie de la zone d'étude.....	16
2.5. Les précipitations.....	16

TABLE DES MATIÈRES

2.6.	Le régime saisonnier	22
2.6.1.	Régime saisonnier de précipitations	22
2.6.2.	Les températures	22
2.6.3.	Le vent	22
2.6.4.	L'évapotranspiration	24
2.6.5.	L'ensoleillement	24
2.6.6.	La Neige.....	24
2.7.1.	Indice d'aridité.....	26
1.2.1.	Diagramme pluviothermique de Gaussen.....	28
1.2.2.	Le diagramme de Quotient pluviothermique d'Emberger	28
2.	Les caractéristiques biologiques et écologiques	29
3.	Cadre socio-économique.....	31
3.2.	Les activités économiques qui existent dans la région et son impact sur	31
3.2.1.	Pollution par les rejets solides et liquides	34
3.2.2.	La chasse et le braconnage.....	32
3.2.3.	Exploitation croissante des ressources hydriques	33
3.2.4.	Activités agricoles	33

chapitre 3 : materiel et méthodes

1.	Introduction :.....	34
2.	Méthodologie	34
3.	Matériel	34
B-	En laboratoire	35
C-	Prélèvement de l'eau	36
4.	Analyses chimiques au laboratoire (Dosage des ions majeurs).....	37
4.1.	Les analyses des paramètres chimiques	37
5.	Analyses bactériologiques :	38
5.1.	Recherche et dénombrement des Coliformes totaux et fécaux.....	38
5.1.1.	Recherche de coliformes :	38
5.1.2.	Recherche des coliformes fécaux	39
5.1.3.	Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux	41

chapitre 4 : résultat et discussion

Introduction	42	
1.	Caractéristiques physico-chimiques des eaux	42
1.2.	La Température.....	42
1.2.	Le potentiel hydrogène	42

TABLE DES MATIÈRES

1.3.	La conductivité électrique.....	42
1.4.	La Turbidité	43
1.	Les paramètres de pollution	44
2.1	Ammonium (NH_4^+).....	44
1.2.	Nitrites (NO^{-2})	45
1.3.	Phosphates (PO_4^{-2}) :	46
	Tableau 15 : résultat de phosphates dans les eaux de puits	46
1.4.	Nitrates(NO^{-3})	47
2.	Caractéristiques chimiques des eaux	48
2.2.	Teneur des cations dans les eaux	48
2.2.1.	Calcium Ca^{++}	48
2.2.2.	Le Magnésium Mg^{++}	49
2.2.3.	Le Sodium Na^+	54
2.3.	Les anions :	55
2.3.1.	Les chlorures (Cl^-) :	56
2.3.2.	Les sulfates (SO_4^{-2}) :	56
2.3.3.	Bicarbonates (HCO_3^-) :	57
3.	Déterminationdesfacieschimiques.....	58
3.2.	DiagrammedePiper	59
3.3.	Diagramme de Scholler-Berkaloff.....	69
3.4.	Indicedesaturation.....	70
4.	Paramètres bactériologiques.....	71
4.2.	Recherche et dénombrement des coliformes totaux et coliformes fécaux.	61
4.2.1.	Résultats des coliformes totaux	61
4.2.2.	Coliformes fécaux.....	62
4.2.3.	Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux.....	62
	Références	
	Résumé	

TABLEAU DES FIGURES

Figure	Titre
Figure 1	pollution par matières organique
Figure 2	eutrophisation des milieux naturelle
Figure 3	les 3 critères alternatifs des zones humides
Figure4	carte de délimitation de la zone humide de sebkhet el mahmel
Figure 5	carte de situation géographique et administrative de la zone d'étude
Figure 6	principaux unités morphologiques de la région d'el Mahmel
Figure 7	carte des pentes de la comune d'EL Mahmel
Figure 8	les sols salés de la région de sebkha
Figure 9	l'élevage dans la région de sebkhet EL Mahmel
Figure 10	carte des précipitation annuelles moyennes de l'Est Algérien (A.N.R.H, 1993
Figure 11	digramme des précipitations moyennes mensuelles de la période (2010-2021)
Figure12	diagramme des températures moyennes mensuelles de la période (2010-2021)
Figure 13	diagramme des moyennes des vitesses maximales instantanées des vents de la période (2010-2021)
Figure14	diagramme des moyennes mensuelles de l'évaporation de la période (2009-2017)
Figure 15	diagramme des moyennes des durées totales d'ensoleillement de la période (2009-2017
Figure16	diagramme des moyennes des nombres de jours de neige de laperiode (2010-2021)
Figure17	diagramme Diagramme de moyennes de nombre de jours de grêle (2010-2021)
Figure 18	indice d'aridité annuel de Maratonne
Figure 19	diagramme ombrothermique de gaussen et de bagnouls (station d'el hamma 2010-2021)
Figure 20	climagramme d'emberger de la zone d'étude
Figure 21	variation de NH ₄ ⁺ dans les puits
Figure 22	variation des nitrites dans les eaux de puits
Figure 23	variation de la teneur de phosphates dens les eaux des puits
Figure 24	variation de la teneur en nitrates dans les eaux de puits
Figure 25	la teneur en calcium (Ca ²⁺)
Figure 26	la teneur en Magnésium Mg ⁺²
Figure 27	la teneur en sodium Na ⁺
Figure 28	Détermination des faciès chimiques des eaux selon le diagramme de Piper
Figure 29	diagramme de shoellerberkaloff
Figure 30	indice de saturation
Figure 31	cercle de résultat des coliformes totaux
Figure 32	cercle de escherichia coli
Figure 33	cercle de streptocoques fécaux

LISTE DES TABLEAUX

Tableau	Titre
Tableau 1	La répartition de la population résidente au RGPH DE 2019 d'El Mahmel
Tableau 2	Répartition des superficies en fonction des tranches d'altitude dans le bassin versant de Sebkhet El Mahmel
Tableau 3	Répartition des terres en (ha) dans la commune d'El Mahmel
Tableau 4	Répartition des exploitations agricoles dans le secteur d'étude Sebkhha
Tableau 5	la production végétale dans la commune d'El Mahmel
Tableau 6	Répartition du cheptel à travers la commune
Tableau 7	APHE : la valeur maximal de chaque par ordre croissant la plus grande valeur jusqu'au la plus moindre valeur de chaque saison
Tableau 8	Valeurs de la température mesurée
Tableau9	Valeurs de la conductivité électrique mesurées
Tableau10	Résultats d'Ammonium dans les puits
Tableau 11	Résultats des nitrites dans les eaux de puits
Tableau 12	résultat de phosphates dans les eaux de puits
Tableau 13	Résultat de la teneur en nitrates dans les eaux puits
Tableau 14	Résultats des analyses chimiques en élément majeurs (mg/l)
Tableau 15	Les résultats des analyses bactériologiques des eaux souterrain étudiées

LISTE DES ABRÉVIATIONS

6% : pourcentage

(-) : négatif.

(+) : positive.

ADE : Algérienne des eaux.

C ° : degré Celsius

CaCO₃ : Carbonate de calcium

Cd : Cadmium

CE : Conductivité électrique

CF : Coliformes fécaux

CF : Coliformes fécaux

Cl⁻ : Chlorures

COV : Les composés organiques volatils

CSR : Clostridium Sulfito-Réducteurs

CT : Coliformes totaux

E. coli : Escherichia coli

EDTA : Acide Éthylène Diamine tétra acétique

h : l' heure

HAP : Les hydrocarbures aromatiques polycycliques

m: mètre.

m³ : mètre cube

Mg : Milligramme

mg/l : milligramme par litre.

min : minute

ml : Millilitre

mm : Millimètre

Mn : Manganèse

MTH : Les maladies transmission hydrique

Na : Sodium

Na Cl : Chlorure de sodium

NO₂⁻ : Nitrite

NO₃⁻ : Les nitrates

pH :Potentiel d'hydrogène

TH : Titre Hydrométrique

LISTE DES ABRÉVIATIONS

UFC : Unité Formant Colonie

μS : Micro siemens

Ca⁺²: Ion calcium

Hco³⁻ :Ion bicarbonate

Mg⁺² : Ion magnésium

NH⁴⁺ : Ammonium

SO₄⁻² : Sulfate

H₃PO₄: Phosphates

NO₃⁻: Nitrate

OMS : Organisation mondiale de la santé

SAU : Surface agricole utile

TDS : Total des sels

MES:Matière En Suspension

NTU : Unité de Turbidité Néphélométrique.

INTRODUCTION GÉNÉRALE

L'eau est la matière première la plus importante sur notre planète, pour les êtres humains, les animaux, les plantes et les micros organismes. Pratiquement tous les phénomènes vitaux de la biosphère sont liés à la disponibilité de l'eau. L'eau n'est donc pas uniquement espace vital, vecteur énergétique ou moyen de transport, mais également un élément essentiel pour tout genre de production.

Une eau est polluée naturellement ou sous l'effet de l'activité humaine, elle devient impropre à toutes utilisations d'où elle présente un danger pour l'environnement.

La pollution représente un sérieux problème pour l'environnement de notre secteur d'étude à cause des rejets déversés dans la Sebkhah; les eaux usées domestiques non épurées représentent la principale source de pollution des eaux souterraines.

Si nous nous basons sur ce concept, toutes les causes naturelles de la dégradation ou la détérioration de la qualité de l'eau souterraine pourraient entraîner des pollutions si la concentration de certains éléments dépasse les normes admissibles.

Une eau souterraine possède un patrimoine géochimique d'origine naturelle qui évolue en fonction de la nature géologique du réservoir. Le degré de pollution est apprécié par la mesure de l'écart ou de la différence entre le chimisme naturel de l'eau dans son réservoir naturelle et un chimisme nouvellement acquis au cours de son trajet souterrain suite à l'intervention négative de l'homme sur l'environnement hydrogéologique. Par exemple, une eau impropre à la boisson peut convenir à l'irrigation ou à l'industrie. Les exigences sur la teneur de certains sels, tels les chlorures, les sulfates ou du sodium sont moins sévères en zones arides qu'en zones humides. Au Sahara par exemple, les gens consomment l'eau salée jusqu'à 3 g/l de sel, ce qui n'est pas le cas pour les habitants des zones du Nord qui sont moins adaptés et vulnérables aux eaux trop salées.

Cette étude retrace les différentes sources de pollution de la plaine d'El Mahmel d'une part et d'autre part l'avancé du biseau salée depuis le chott vers les eaux douces.

L'objectif du présent travail est d'étudier la caractérisation des paramètres physicochimiques des eaux, leur variation spatiale, la détermination des faciès chimiques et leur qualité ainsi que le degré de pollution des eaux souterraines de la plaine d'El Mahmel (Est Algérien).

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Ce mémoire est constitué de quatre chapitres.

Le premier chapitre de ce travail, est un ancrage bibliographique soulignant quelques notions générales sur la qualité de l'eau et sur les Sebkhas.

Le deuxième chapitre porte sur la présentation du site d'étude, sa géologie, son climat et principalement la caractérisation hydrologique et hydrogéologique.

Le troisième chapitre présente la méthodologie adoptée dans cette étude, l'analyse de terrain d'étude et les points d'eau prélevée. Ensuite, nous procéderons à une description détaillée de tous les protocoles de l'échantillonnage des eaux, de traitement physique et chimique des échantillons et de toutes les méthodes d'analyses effectuées.

Le quatrième chapitre sera consacré à la présentation des résultats obtenus des analyses physiques et chimiques avec présentation sur des tableaux, diagrammes et carte de surfer et leurs interprétations

Le tout complété par une conclusion générale qui intègre l'essentiel des résultats obtenus dans le cadre de cette recherche.

1. Généralités sur l'eau

L'eau est une substance incolore, inodore, insipide qui couvre trois quart de la surface terrestre et qui joue un rôle primordial pour tout ce qui a trait à la vie (Nicolas, 1994).

Par contre une eau est dite potable quand elle satisfait à un certain nombre des caractéristiques (eau potable doit être limpide, incolore, fraîche (10° - 12° C), inodore et de saveur agréable, son pH est de 7. Elle ne peut contenir de substances toxiques minérales ou organiques et elle doit être exempte de germes pathogènes) (OMS, 2014). La nature et la forme des normes s'appliquant à l'eau de boisson peuvent varier d'un pays ou d'une région à l'autre. Il n'existe pas d'approche unique, universellement applicable. Lors du développement et de la mise en œuvre des normes, il est essentiel de prendre en compte la législation actuelle et en préparation concernant l'eau, la santé et l'administration locale et d'évaluer la capacité du pays à établir des réglementations et à les faire appliquer. Des démarches susceptibles de fonctionner dans un pays ou une région ne sont pas nécessairement transposables à d'autres pays ou Régions. Il importe que chaque pays fasse le bilan de ses besoins et de ses capacités pour la mise au point d'un cadre réglementaire.

Les standards de référence dans ce domaine diffèrent selon les époques et les pays (et selon l'autorité en charge de cette définition dans certains pays). Le concept de « potabilité » varie à travers le monde, fruit d'un contexte historique, scientifique et culturel local. Il détermine la question de l'accès à l'eau, puisqu'une eau de bonne qualité est essentielle au développement économique et humain. Selon l'arrêté du 11 janvier 2007 du ministère de la Santé une eau potable dit répondre à une série des critères :

- ❖ **paramètres organoleptiques** : coloration, odeur, turbidité, saveur.
- ❖ **paramètres physico-chimiques**. en relation avec la structure naturelle des eaux (température, PH, chlorures, sulfates).
- ❖ **paramètres chimiques** : substances indésirables, toxiques.
- ❖ **paramètres microbiologiques**.
- ❖ **paramètres micropolluants** L'eau potable fait l'objet de contrôles sanitaires au point de captage, en production et en cours de distribution. Ces analyses sont effectuées par les agences régionales de santé (ARS) (Volk et Joret, 1994).

1.1. Composition chimique de l'eau

Elle contient aussi, sous forme dissoute ou en suspension, des substances minérales et organiques. Si les substances minérales sont limitées à une centaine de composés, les substances organiques sont innombrables et leur identification individuelle très difficile.

1.1.1. Les matières minérales

L'eau contient beaucoup d'ions dissous dont les principaux sont les ions calcium (Ca^{2+}), magnésium (Mg^{2+}), sodium (Na^+), potassium (K^+), carbonate (CO_3^{2-}), hydrogénocarbonate aussi appelé bicarbonate (HCO_3^-), sulfate (SO_4^{2-}), chlorure (Cl^-) et nitrate (NO_3^-). Ils proviennent pour l'essentiel du lessivage des sols par les eaux de pluie. Aussi, leur teneur dépend-elle directement de la nature des roches du bassin versant. Elle peut varier du milligramme par litre au gramme par litre pour les eaux les plus salées. En moins grande concentration (du microgramme au milligramme par litre), l'eau contient aussi des éléments nutritifs, ou nutriments, que sont l'azote (contenu dans l'ammoniac, les nitrites et les nitrates), le phosphore (contenu dans les phosphates) et la silice, mais aussi le fer et le manganèse. D'autres éléments ne sont présents qu'à l'état de trace (de 0,1 à 100 microgrammes par litre), comme l'arsenic, le cuivre, le cadmium, le manganèse, le fer, le zinc, le cobalt, le plomb... Ils proviennent des roches mais aussi parfois des activités industrielles et domestiques. L'eau contient aussi des matières minérales en suspension (matériaux argileux, limons, etc.).

1.1.2. Les matières organiques

Les matières organiques peuvent être présentées sous forme dissoute (carbohydrates, acides humiques, pigments et composés d'origine artificielle comme les hydrocarbures, les solvants chlorés, ou les pesticides), ou en suspension (déchets végétaux, plancton...). Elles proviennent pour l'essentiel de la dégradation de la matière organique présente dans le milieu ou dans les sols lessivés par les pluies (décomposition des plantes et des animaux), mais aussi de composés issus de l'activité humaine. Leur concentration, infime dans les eaux profondes, peut atteindre quelques dizaines de milligrammes par litre dans les eaux de surface (André, 2014).

1.2. Les caractéristiques de pollution des eaux

Les caractéristiques des eaux usées et résiduaires peuvent altérer le milieu récepteur dans lequel elles se déversent, ces altérations sont déverses, selon les paramètres engagés, parmi les principales caractéristiques, on peut citer:

1.2.1. Les paramètres organoleptiques

1.2.2. La turbidité:

La turbidité est la mesure de l'aspect trouble de l'eau. C'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matières non dissoutes. Elle est causée, dans les eaux, par la présence de matières en suspension (MES), Une faible part de la turbidité peut être due également à la présence de matières colloïdales d'origine organique ou minérale (Rodier, 1996).

1.2.2.1. La couleur:

Les eaux usées prennent une certaine couleur à cause des matières dissoutes en suspension et colloïdales (Grabsi, 2002). Les eaux naturelles sont toujours plus ou moins colorées. Leur couleur varie du jaune paille à peine perceptible au brun rougeâtre, selon la nature et la concentration des matières colorantes. Ces matières sont le plus souvent d'origine naturelle et proviennent de la dégradation de matières végétales (Ronald, 2003).

1.1.1.1. Odeur et saveur

L'odeur d'une eau est généralement un signe de pollution ou de la présence de matières organiques en décomposition en quantité souvent si minime qu'elles ne peuvent être mises en évidence par les méthodes d'analyse. Le sens olfactif peut seul, dans une certaine mesure, les déceler. Toute eau possède une certaine saveur qui lui est propre et qui est due aux sels et aux gaz dissous.

Si elle renferme une trop grande quantité de chlore, l'eau aura une saveur saumâtre, si elle contient de forte quantité de sels de magnésium, l'eau aura un goût amer

1.2. Paramètres microbiologiques

La surveillance de la qualité microbiologique des eaux destinées à la consommation humaine, repose sur la recherche des bactéries indicatrices de contamination fécale comme : les coliformes, entérocoques, les clostridiums sulfite-réducteurs ... etc. Ces bactéries constituent les paramètres microbiologiques impératifs rattachés à la limite de la qualité de ces eaux fixée par la réglementation (Haslay et Leclerc, 1993).

1.3. Pollution d'eau

1.3.1. Définition de pollution d'eau

L'eau est indispensable à la vie. Pour les besoins de l'Homme et de l'environnement, l'eau doit être de bonne qualité. Si la qualité de l'eau est altérée, c'est tout un équilibre qui est menacé.

L'Europe définit une eau de bonne qualité par son bon état écologique et chimique. Le bon état écologique correspond à un bon fonctionnement du milieu et il s'évalue au travers de la diversité aquatique (faune et flore). Le bon état chimique, quant à lui prend en compte les paramètres de pollution par les substances toxiques.

On distingue trois principaux types de pollution de l'eau

1. **La pollution bactériologique** : il s'agit de bactéries qui proviennent principalement des rejets d'eaux usées (non traitées) contenant de la matière fécale et des *déchets organiques*.
2. **La pollution chimique** : provient généralement des rejets d'eaux usées contenant des produits d'entretien, des hydrocarbures et des métaux lourds.
3. **La pollution par les déchets aquatiques** : elle est définie comme « Tout matériau ou objet fabriqué utilisé au profit de l'humanité qui est directement ou indirectement jeté ou abandonné dans les milieux aquatiques. »

1.3.2. La pollution domestique

Elle est généralement liée aux **rejets d'eaux usées**, qui peuvent être de deux types :

- Les eaux usées issues de l'utilisation d'eau au quotidien (toilettes, cuisine, douche...) contiennent des déchets organiques ou de la matière fécale. Les habitations mal ou non

raccordées au réseau d'assainissement collectif, peuvent ainsi engendrer une **pollution bactériologique** de l'eau.

- Les **produits ménagers** que nous utilisons sont chargés de polluants chimiques nocifs pour l'environnement. Mélangés à l'eau, ils terminent dans nos canalisations ou dans la nature et engendrent une **pollution chimique**. Difficilement traités par les réseaux d'assainissement, les résidus de ces produits viennent enrichir les cours d'eau en substances chimiques.



Figure 01 : Pollution domestique

1.3.3. La pollution industriel

L'industrie génère des pollutions différentes selon le secteur d'activité. Les usines de papier, par exemple, utilisent de grands volumes de produits chimiques dans leurs processus de fabrication. Malgré les réglementations imposant le traitement de leurs eaux usées, certaines substances restent difficiles à éliminer et se retrouvent dans l'environnement. Les activités agroalimentaires (conserveries, coopératives...) traitent de gros volumes de matière organique, qui vient enrichir le milieu en nutriments* et contribue au phénomène d'eutrophisation*.

1.3.4. La pollution agricole

Les pesticides et les engrais engendrent une pollution chimique. L'utilisation massive d'engrais d'origine naturelle, tel que le fumier*, peut constituer une source de pollution bactériologique. Ces substances, par le biais du cycle de l'eau, s'infiltrent ou ruissellent polluant les milieux aquatiques.

1.3.5. La pollution liée aux transports maritimes

Le transport maritime peut être à l'origine de pollutions chimiques. Elles sont souvent causées par des rejets d'hydrocarbures, volontaires ou non, directement dans l'océan. Les marées noires en sont l'exemple le plus frappant.

1.3.6. La pollution par matières organique

1.3.6.1. Matières organiques (MO)

Ce sont les substances composées de chaînes d'atomes de carbone qui constituent les êtres vivants. Le carbone (C) et l'oxygène (O) constituent 95% de la matière organique; azote (N), phosphore (P), soufre (S) et hydrogène (H) environ 5%; les autres éléments sont en quantités infimes. Devenir et effets de la matière organique dans les milieux aquatiques: la matière organique est plus ou moins facilement biodégradable. Les lignines¹ et certains lipides² comme les hydrocarbures sont dégradés très lentement. Au contraire, glucides³ et acides aminés⁴ se dégradent rapidement. Mais cette dégradation par des bactéries engendre une surconsommation d'oxygène et donc une baisse très importante de la quantité d'oxygène dissous dans l'eau et, si la quantité de MO rejetée est trop importante, l'asphyxie du milieu. En dessous de 3mg/l d'oxygène dissous, la plupart des espèces animales disparaissent excepté certains organismes très résistants (e.a.: sangsues, larves de diptères, vers de vase,...). Par ailleurs, la décomposition de MO riche en azote peut par exemple donner naissance à des composés tels que l'ammoniaque (NH₃) et les nitrites (NO₂), qui sont des poisons violents pour les êtres vivants (y compris les bactéries, l'ammoniaque étant d'ailleurs utilisée comme désinfectant 'industriel'). En présence d'oxygène, ces composés sont rapidement oxydés et transformés en nitrates (NO₃), mais si il y a trop de pollution organique, l'oxygène disparaît et ces poisons subsistent dans le milieu.

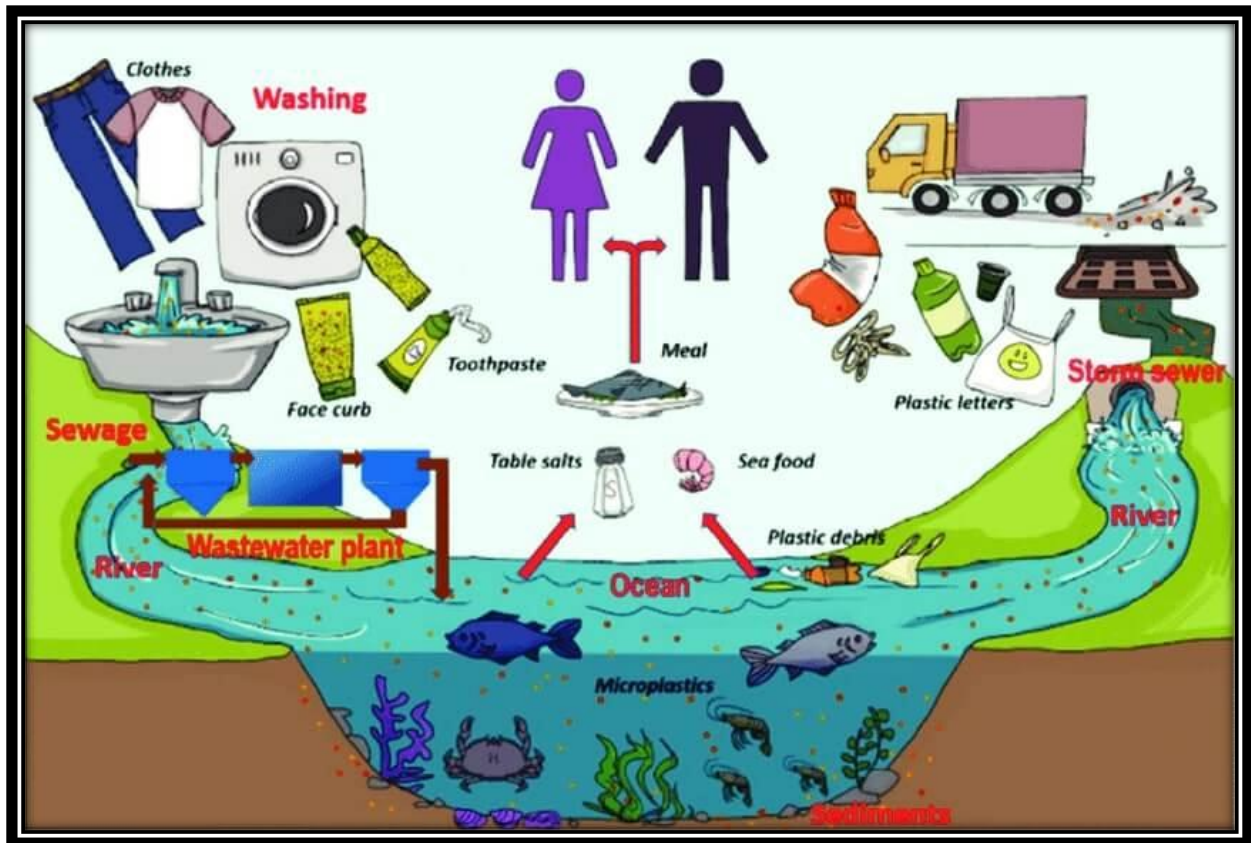


Figure 02 : Pollution par matière organique

1.4. Eutrophisation

L'eutrophisation est un enrichissement du milieu aquatique en nutriments (sels minéraux nutritifs), principalement azotés et phosphatés. Ces rejets se font soit sous leur forme chimique tels qu'engrais et lessives, soit sous une forme organique tels que fumiers, lisiers ou matières organiques, dont la décomposition forme notamment des nitrates et des phosphates.

Devenir et effets des sels minéraux: Les nutriments favorisent la prolifération végétale (algues et plantes aquatiques). Comme nous, les plantes respirent, jour et nuit, une certaine quantité d'oxygène. De plus, les plantes font la photosynthèse pendant la journée: par ce processus, elles puisent le dioxyde de carbone (CO_2) et produisent de l'oxygène (O_2). Tant que le soleil brille et que les plantes peuvent faire la photosynthèse, il n'y a pas de problèmes. Mais la nuit, la photosynthèse s'arrête, et les plantes consomment l'oxygène par respiration; le milieu risque l'asphyxie. Il en va de même en fin de cycle végétatif (à l'automne), lorsqu'une grande partie des végétaux meurent entraînant ainsi une forte pollution organique.



Figure 03 : Phénomène de l'eutrophisation

1. Généralités sur les zones humides

la convention relative aux zones humides d'importance internationale le plus connue sous le nom convention ramsar, du nom de la ville où elle fut adoptée en 1971 en iran de la volonté de pouvoir la convention des zones humides ainsi que leur utilisation et leur gestion rationnelle .c'est le premier traite intergouvernementale mondial sur la convention et l'utilisation rationnelle des ressources naturelles. la convention sert de cadre à la coopération internationale et a vu le jour parce que des voix se sont élevées, dans les années 60, pour mettre en garde contre le déclin grave des populations d'oiseaux d'eau. elle est entrée en vigueur en 1975 et compte actuellement 104 parties contractantes.

2. Définition des zones humides

Définition de la convention de RAMSAR 1971: «Les zones humides sont des étendues de marais, defagnes, de tourbières ou d'eaux naturelles ou artificielles, permanentes ou temporaires, où l'eau est stagnante ou courante, douce, saumâtre ou salée, y compris des étendues d'eau marine dont la profondeur à marée basse n'excède pas six mètres».

2.2. Description générale de la wilaya de khenchela et de ses zones humides

- **Description générale de la wilaya de khenchela**

Située à l'Est du pays, au contrefort des monts des Aurès, dans l'aire géographique comprise entre 6° 32' et 7° 34' de longitude Est et entre 35° 7' et 35° 38' de longitude Nord, la wilaya de Khenchla est limitée (Carte 01) :

- au Nord, par la wilaya d'Oum El Bouaghi ;
- au Nord-ouest par la wilaya de Batna ;
- au Sud-ouest, par la wilaya de Biskra ;
- au Sud, par la wilaya d'El Oued ;
- à l'Est, par la wilaya de Tébessa.

Son étendue territoriale couvre une superficie totale de 9 715 Km².

2.2.1. Sur le plan géographique

la région de Khenchela appartient à l'ensemble naturel des Hauts Plateaux, un ensemble occupant la partie médiane du territoire national et bien individualisé géographiquement par les deux chaînes montagneuses de l'Atlas : l'Atlas tellien au Nord et l'Atlas saharien au Sud. De par ses spécificités physiques, liées à ses caractéristiques géographiques, cette wilaya présente une particularité, qui fait d'elle, avec la wilaya de Batna, l'une des wilayas uniques dans son genre. En effet, la surrection des Aurès au quaternaire donne à cette partie de l'Atlas saharien une physionomie très proche des espaces montagneux du nord, et de ce fait la région se distingue par ses milieux physiques et naturels très diversifiés et à facettes multiples, alliant entre :

- Paysages telliens (zones de haute montagne, bien arrosées et bien boisées à paysages (verdoyants) : Monts des Aurès occupant la partie ouest de la wilaya ;
- Paysages de hautes plaines (hautes plaines céréalières semi-arides) pour la partie nord de la wilaya ;
- Paysages steppiques et sahariens composés : de monts totalement dénudés et érodés (monts des Néménchas à l'est), d'oasis (Siar, Khirane et El Ouldja) et de basses plaines (El Meita). Sur le plan démographique, la région de Khenchela abrite une population évaluée au RGPH 2008 à 384 146 habitants, ce qui correspond à une densité de peuplement de 40 habitants au Km².

2.3. Situation générale de la zone humide sebkhet el mahmel

La zone humide de Sebkhet El Mahmel constitue par sa typologie l'unique plan d'eau naturel dans tout le territoire de la wilaya de Khenchela, située dans la partie steppique sud de la wilaya. Le secteur de Sebkha appartient au complexe des zones humides continentales du haut plateau du Sud constantinois qui couvre les wilayas de Batna, Oum El Bouaghi, Khenchela et Tébessa, Phase II délimitation générale et caractérisation écologique et socio-économique de la zone humide de Sebkhet El Mahmel.

Qui se situent entre 750 et 1200 m d'altitude, ils constituent un long boulevard bordé au Nord par l'atlastellien et par l'Atlas saharien au sud. Leur relief est très compartimenté, et ils sont, par ailleurs, traversés en écharpes par de petits chaînons calcaires, de style atlasiques,

allongés SW-NE, et qui correspondent généralement à des anticlinaux failles ou asymétriques. Cette topographie se conjugue avec l'aridité pour entraver le drainage.

Au Nord existe un drainage exoréique constitué de petits cours d'eau qui serpentent les hautes Plaines avant de se lancer dans la traversée du Tell. Le centre et le Sud sont le domaine du drainage endoréique vers les sebkhas Notant que malgré l'importance écologique nationale et internationale qu'elle représente cette zone humide elle n'a été jamais sujet d'une étude de classement comme zone humide d'importance.

2.3.1. Sur plan régional

le secteur d'Sebket El Mahmel se situe entre: la commune d'El Mahmel avec Plus de 80% et le reste dans la commune de Ain Touila, qui se localise dans le prolongement Est et Nord-est des monts des Aurès-Nemamcha, à la limite Est de la wilaya de Khenchela, dans l'aire géographiquecompris entre :

- Longitude: (7° 15' 33.88" et 7° 22' 47.28") Est ;
- Latitude: (35° 20' 26.63" et 35° 24' 24.97") Nord;
- L'altitude moyenne: 1070m;
- Superficie du plan est d'environ 612 ha en haute eau divisé en trois compartiments:
- Chott ouledBouali-Lakhlefna 75 ha,
- Chott Oled Amara 370 ha
- Chott OuledMbarek 182 ha,

Tendis que la superficie totale de la zone humide de la Sebka est d'environ 2800 ha, que nousavons estimé pour la première fois lors de la présente étude en utilisant le logiciel ArcGis Version 9.1(voir la carte)

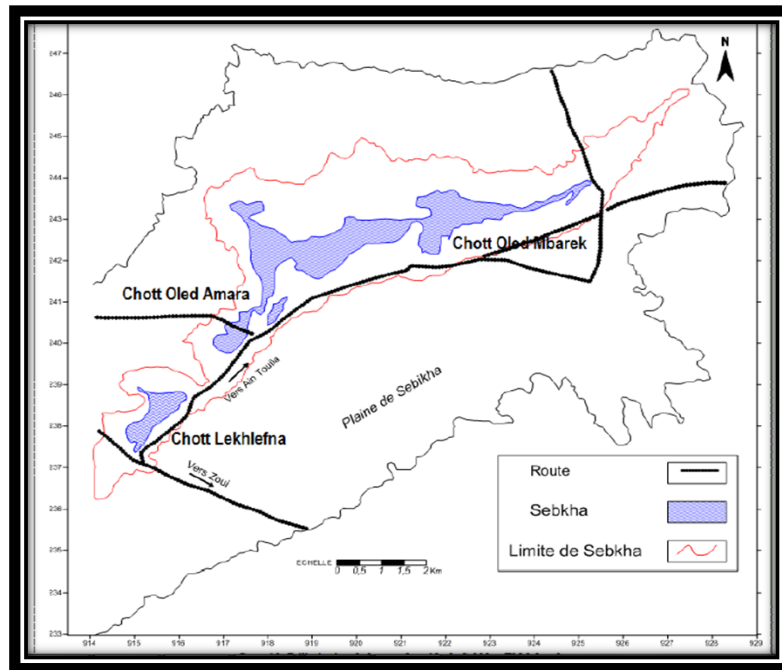


Figure 4: carte de délimitation de la zone humide de sebkhet el mahmel

2.3.2. Sur le plan administratif

La commune était d'origine rurale, elle est limitée par :

- la commune d'AINTOUILA au Nord.
- la commune de N'SIGHA au Nord-Ouest.
- la commune de BABAR à l'Ouest et Sud-ouest.
- la wilaya de TEBESSA au Sud
- la commune de BIDJEN et OULED RECHACHE à l'Est.

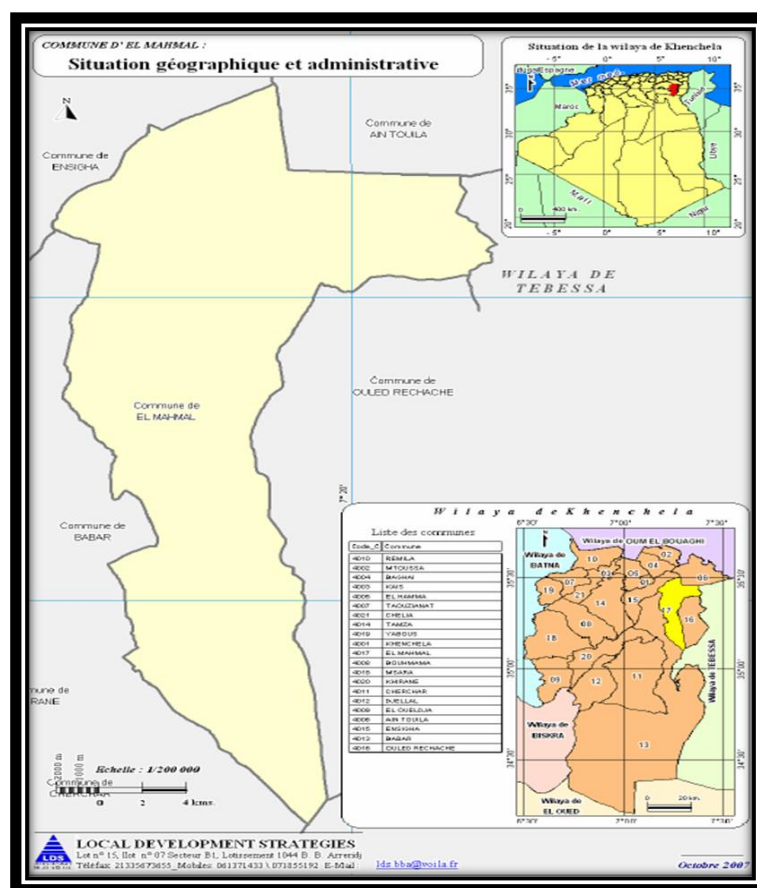


Figure 5 carte de situation géographique et administrative de la zone d'étude

2.3.3. Sur le plan démographique

Au recensement général de la population et de l'habitat de l'année 2008, la commune d'El Mahmel comptait 38706 habitants. Durant l'année 2018, la population a augmenté de 8654 Habitants atteignant 47360 habitants, soit un taux d'accroissement annuel moyen de 2,21%.

Tableau 1 La répartition de la population résidente au RGPH DE 2019 d'El Mahmel

	Agglomération Chef Lieu (ACL)	Agglomérations Secondaires (AS)	Zone Eparsé (ZE)	Total
El Mahmel	34 521	2 593	10 246	47 360
Source	:		DPSB,	2019.

Tableau 02 : Evolution de la population au cours des quatre derniers recensements

Commune	R.G.P.H 1977	R.G.P.H 1987	R.G.P.H 1998	R.G.P.H 2008	Estimation 2018
El Mahmel	14.900	19.889	30.484	38.706	47.360

Source : Office Nationale des Statistiques, 2019.

2.4. Description du milieu physique de la zone humide de sebkhet el mahmel

2.4.1. Les unités morphologiques

La caractérisation physique de la région d'El Mahmel ne peut se faire qu'à travers l'analyse détaillée des reliefs, la géomorphologie, l'organisation des structures et la connaissance des éléments bio-climatologiques. Ce diagnostic doit aboutir, aussi, à la compréhension des processus et des mécanismes d'évolution de la zone, à partir des liens et des interactions entre le milieu et l'homme.

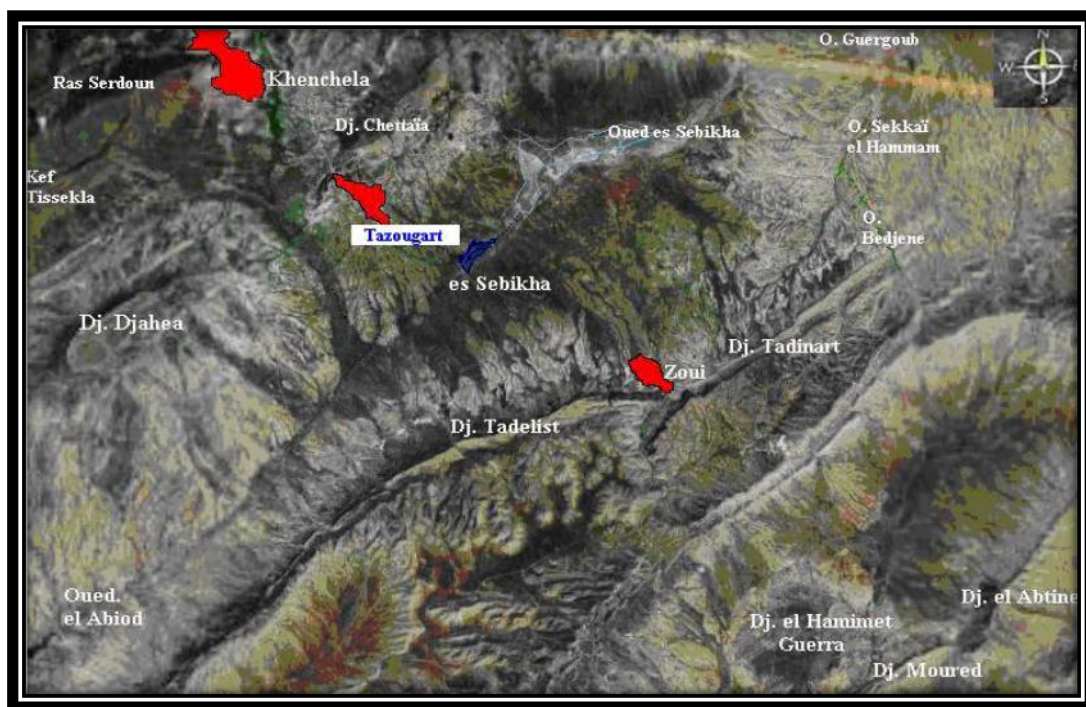


Figure 6: principaux unités morphologiques de la région d'el Mahmel (Direction de l'hydraulique)

A) Les plaines

Le territoire de la commune est dominé, dans sa majeure partie, par la plaine Atlasique Intramontagnarde. Cette dernière est représentée par le bassin de Bahiret Sebkha (1066m) qui correspond à un vaste couloir intra-montagneux orienté suivant la direction NE-SW, ce périmètre représente une vaste plaine dans laquelle se développent certains sols salés autour de la Sebkha. C'est une plaine intramontagnarde assez vaste, avec une largeur variable allant de 5 à 8 Kms, elle est empruntée par plusieurs oueds à direction divergente à partir du méridien de l'agglomération de Tazouguert, chef lieu de la commune, avec des oueds orientés vers le NE, ex de l'oued Sebkha et des oueds dirigés vers le SW, ex de l'oued El Hatiba, principal affluent de l'oued El Abiod.

B) Les montagnes

La région montagneuse située au Nord, et au Sud de la zone est constituée par quelques Djebels qui atteignent parfois 1650 m, elles sont constituées par :

- Djebel Chattaia au Nord de 1505 m d'altitude.
- Djebel Tafrennt au Nord-est de 1406 m.
- Djebel Tokhma et Djebel fedjidjet de 1291 m sont situés au l'est de la zone.
- Djebel Tadinart de 1408 m et Djebel Tadelist de 1410 m qui sont situés au Sud de la zone.

C) Les pentes

1. Les pentes faibles (de 0 à 05%) : Elles concernent 75% des terrains de la commune soit 278km², elles se situent dans la partie Nord et un couloir dans la partie centrale ainsi que toute la partie Sud.

2. Les pentes moyennes (de 06 à 10%) : Elles couvrent 05% du territoire communal et concernent les hauts glacis et les versants des différents reliefs.

3. Les pentes fortes (de 11 à 16%) : Elles concernent les versants assez raides, ces terrains sont caractérisés par la rareté de la construction et de l'habitat.

4. Les pentes très fortes (17% et plus) : Ce sont les hautes collines et les versants abrupts de l'ensemble montagneux de Tadelist. Ces terrains sont défavorables à la construction et à la culture. (POS, 2010) **(Figure 05)**

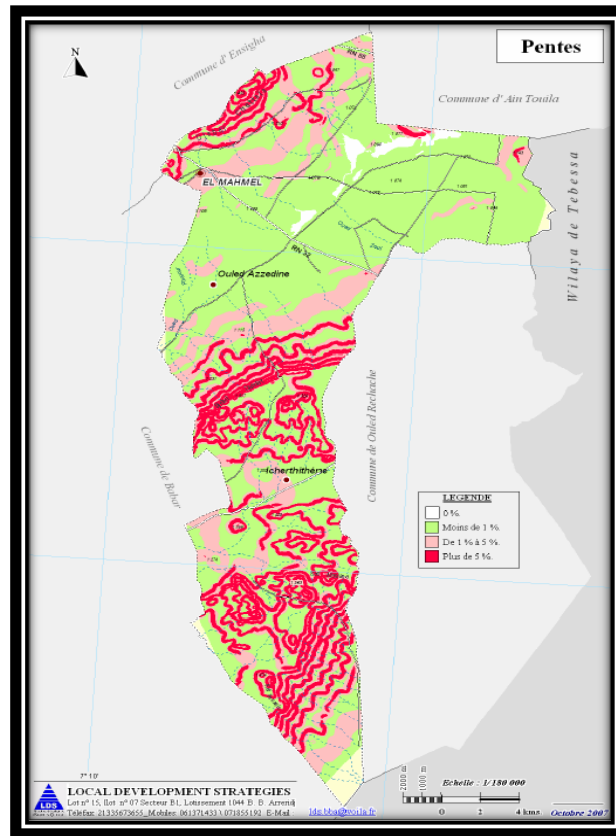


Figure 7: carte des pentes de la comune d'EL Mahmel (Direction de l'hydraulique)

D) Les sols salins

Les sols salins se rencontrent principalement dans la région d'Sebkha, Il se développe au-dessus de roches riches en sodium. Il peut s'agir de roches naturellement riches en sodium ou de roches secondairement enrichies en sodium en provenance d'une nappe salée d'origine continentale.

L'enrichissement secondaire résulte de mauvaises pratiques culturales, au cours desquelles des remontées d'eau chargées en sel finissent par stériliser les sols. Les causes de ces remontées de sel sont multiples. L'irrigation, associée à une forte évapotranspiration, est une des causes la plus souvent avancée.

Les sols salins se caractérisent par un profil simple avec un seul horizon, assez épais, constitué de matières organiques et minérales encroûtées de dépôts de sel précipité



Figure 8: les sols salés de la région de sebkha

Climatologie de la zone d'étude

La région de Khenchela se spécifie par un climat continental, chaud et sec en été froid et pluvieux en hiver. La moyenne de la pluviométrie se situe entre 400 et 600 mm/an. Les régions montagneuses sont couvertes de neige en hiver.

Il se dégage cinq sous-étages bioclimatiques.

-Semi-aride inférieur : de 350 mm à 450 mm, est composé d'une zone naturelle au nord-ouest montagneux.

- Aride supérieur : à partir de 250 mm à 350 mm, représentés par les hautes plaines du nord de fèves habituellement occupé avec un faible rendement, avec des inclinais d'adaptation des systèmes de production.

-Aride moyen : de 200 mm à 300 mm dans la région montagneuse, représentée par centrale (monts des Nementcha), a vocation steppique.

-Aride inférieur : de 100 mm à 200 mm est composé de la région présaharienne ou dominant les parcours présahariens.

-Aride supérieur : moins de 100 mm et est compose d'une partie de l'Atlas saharien, qui représente la pierre angulaire de la remise en état des terres désertiques de la région.

Pour étudier le climat de la zone d'étude, nous avons exploité des données recueillies au niveau de la station météorologique d'El Hamma gérée par l'office national de la météorologie, et dont la période d'observation de 2010 à 2021 pour la station d'El Hamma, a

servi pour l'évaluation des facteurs du bilan. Cette station est située selon les coordonnées suivantes :

2.5. Les précipitations

La répartition spatiale des pluies obéit à deux paramètres, la répartition hypsométrique et la disposition du relief, Selon la carte des précipitations annuelles moyennes de l'Est algérien établie par l'i A.N.R.H (1993), l a été constaté que la région l'Ouest de Khenchela apparaît à un secteur sec dont les précipitations moyennes annuelles oscillent entre 250 et 400 (mm) selon un gradient Nord-Sud .

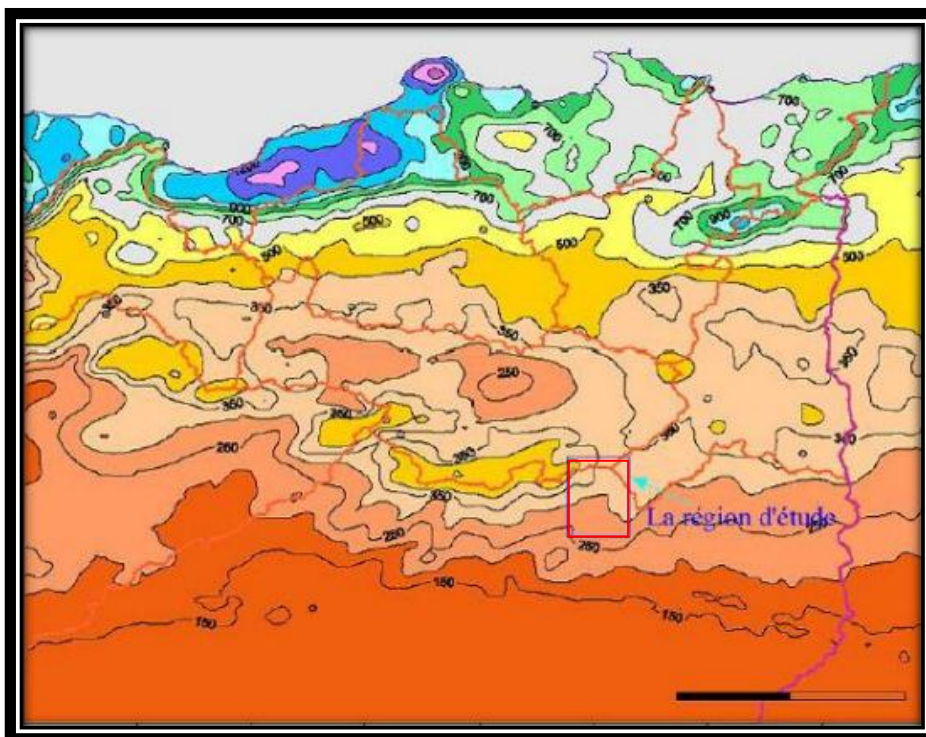


Figure 9: carte des précipitation annuelles moyennes de l'Est Algérien(A.N.R.H, 1993

Les précipitations constituent la principale « entrée » des principaux systèmes hydrologiques continentaux que sont les bassins versants. 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.

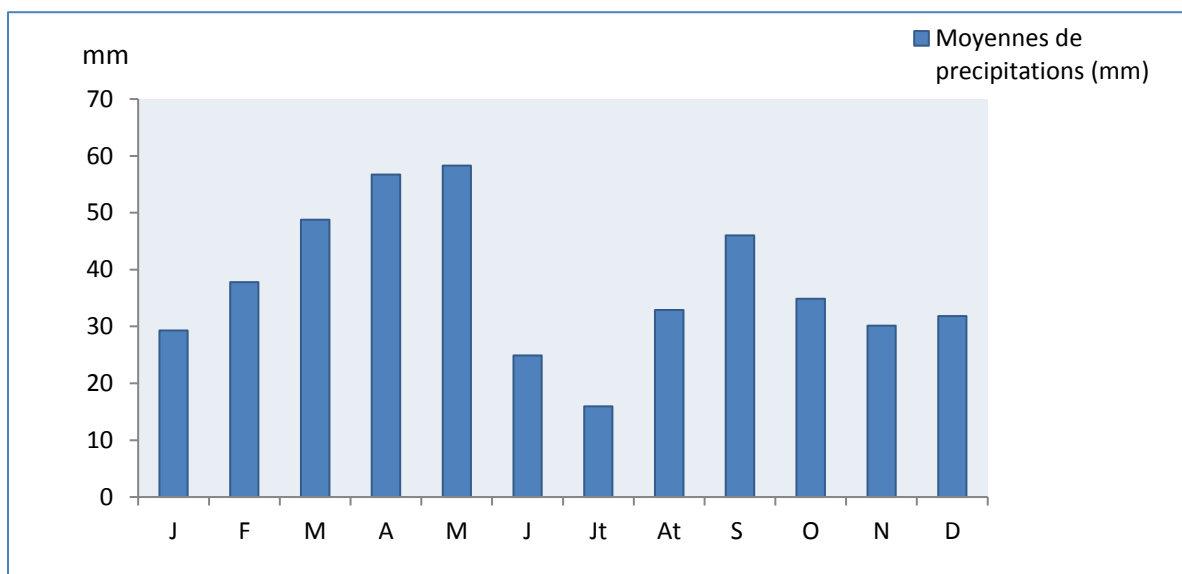


Figure 10 : digramme des précipitations moyennes mensuelles de la période (2010-2021)

Le diagramme montre que les précipitations moyennes mensuelles de la période (2010/2021) sont de 447,48 mm. Le mois le plus pluvieux est le mois de Mai avec une moyenne de 58.30mm .par contre le mois le plus sec est celui de juillet avec une moyenne mensuelle de 15,93mm.

2.6. Le régime saisonnier

Le régime saisonnier est la somme des précipitations par saison en classant ces dernières par ordre de pluviosité croissante.

2.6.1. Régime saisonnier de précipitations

Tableau 2APHE : la valeur maximal de chaque par ordre croissant la plus grande valeur jusqu'au la plus moindre valeur de chaque saison

Période	Régime saisonnier				Type de Régime
	Eté	Automne	Hiver	Printemps	
(2010-2021)	24.57 mm	36.99 mm	32.97 mm	54.60 mm	APHE

La saison la plus pluvieuse est le printemps avec une moyenne de 54.60 mm , alors que l'été est la saison la plus sèche avec une moyenne de 24.57 mm

2.6.2. Les températures

La température est un paramètre intéressant dans l'étude des eaux elle joue un rôle très important dans la solubilité des minéraux.

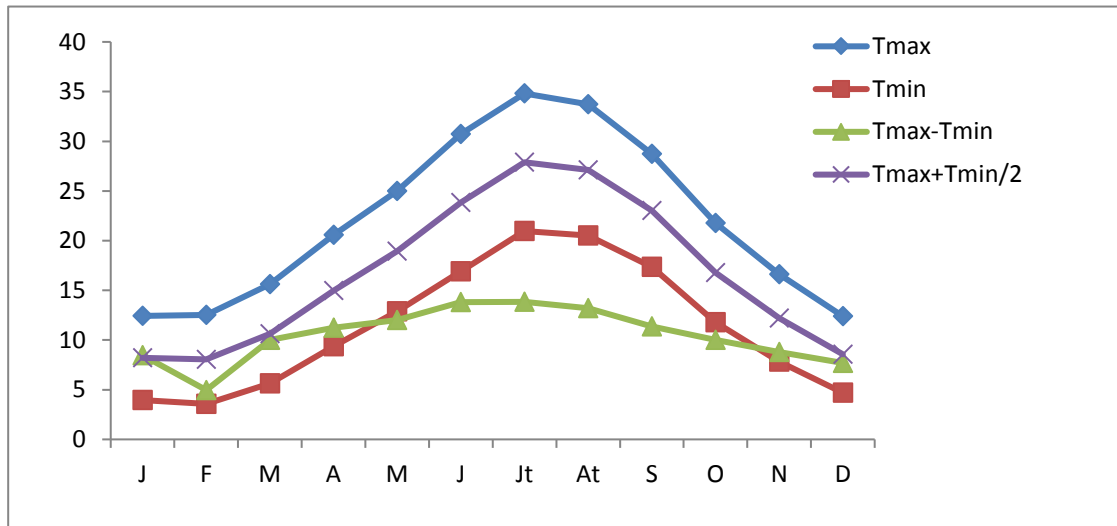


Figure 11 : diagramme des températures moyennes mensuelles de la période (2010-2021)

En analysant les données de la période (2010-2021) , nous constatons que Décembre est le mois le plus froid avec une température moyenne minimale de 3.5°C, alors que juillet est le mois le plus chaud avec une température moyenne maximale de 34.80°C.

2.6.3. Le vent

Le vent est un facteur important du climat, la connaissance de sa direction, son intensité et sa fréquence sont nécessaire pour la mise en valeur agricole d'une région notamment l'orientation des brises vents. Le vent assure le remplacement de l'air plus ou moins saturé au contact de la surface évaporant par des nouvelles couches ayant une température et une humidité généralement plus faibles. Il favorise donc l'évaporation, d'autant plus que sa vitesse et sa turbulence sont grandes.

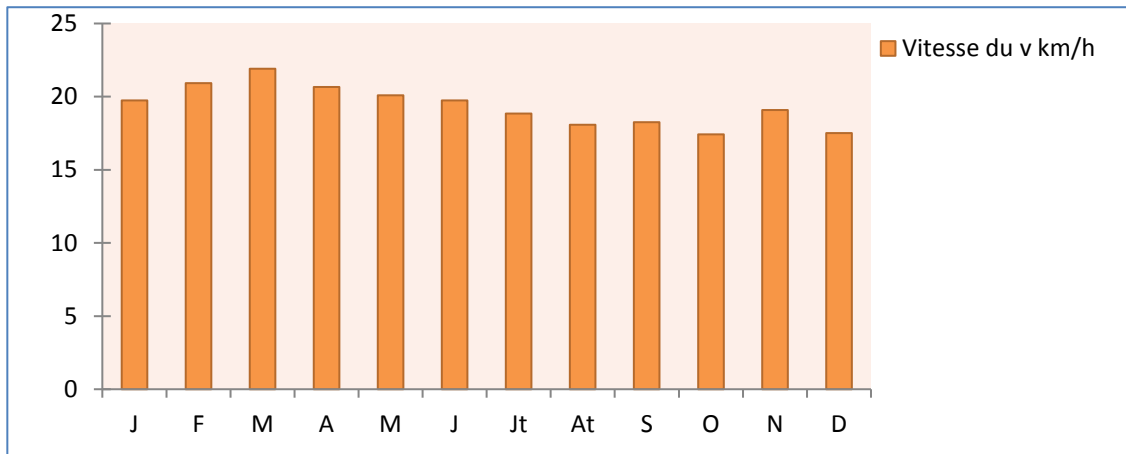


Figure 12 : Diagramme des moyennes des vitesses maximales instantanées des vents de la période (2010-2021)

Le diagramme montre que la vitesse maximale du vent est observé au mois de mars avec une moyenne de vitesse de 21.91 km/h , et un minimum au mois d'octobre avec une moyenne de vitesse de 17.4 km/h . (Figure 0).

2.6.4. L'évapotranspiration

C'est le passage de la phase liquide à la phase vapeur (Sublimation : passage direct de l'eau sous forme solide en vapeur). L'évaporation est une composante fondamentale du cycle hydrologique et son étude est essentielle pour connaître le potentiel hydrique d'une région ou d'un bassin versant.

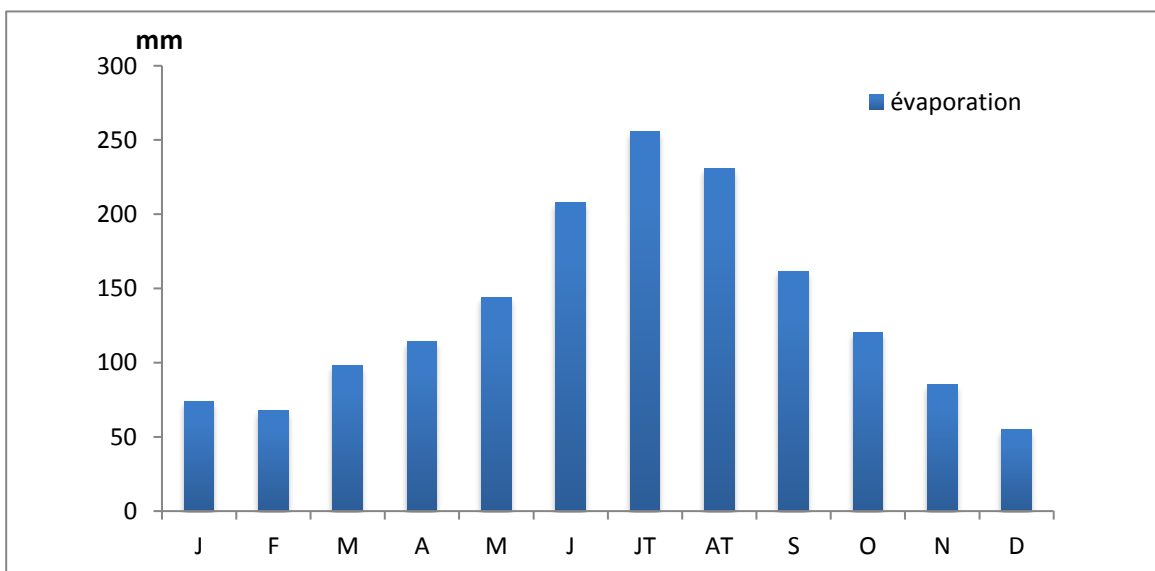


Figure 13 : Diagramme des moyennes mensuelles de l'évaporation de la période (2009-2017)

L'évaporation moyenne variée d'un mois à l'autre. La valeur maximale est enregistrée en juillet avec une moyenne de 255.9 mm et la valeur minimale est enregistrée en décembre avec une moyenne de 55.26 mm comme indique la figure (13)

2.6.5. L'ensoleillement

Aussi appelé insolation, est la mesure du rayonnement solaire que reçoit une surface au cours d'une période donnée.



Figure 14 : Diagramme des moyennes des durées totales d'ensoleillement de la période (2009-2017)

La répartition des moyennes mensuelles d'insolation nous permet de constater que la brillance du soleil est maximum au cours du mois d'août avec une moyenne de 302.33 heures, et le minimum est enregistré pendant le mois de décembre avec une moyenne de 137.41 heures.

Les durées d'insolation enregistrées sont plus longues en saison sèche qu'en saison pluvieuse. Les allures moyennes mensuelles de la figure présentent les mois de mai, juin, juillet et août comme étant les plus ensoleillés avec une moyenne de 283.1 h.

2.6.6. La Neige

La neige aussi est un facteur écologique de toute première importance dans les milieux subpolaires et montagnards. Elle exerce des actions biologiques variées, de nature thermique et mécanique. La couverture neigeuse, par ses propriétés isolantes, protège efficacement du

froid la végétation et les animaux (rongeurs par exemple), enfouis sous cette dernière. (Ramade, 2003).

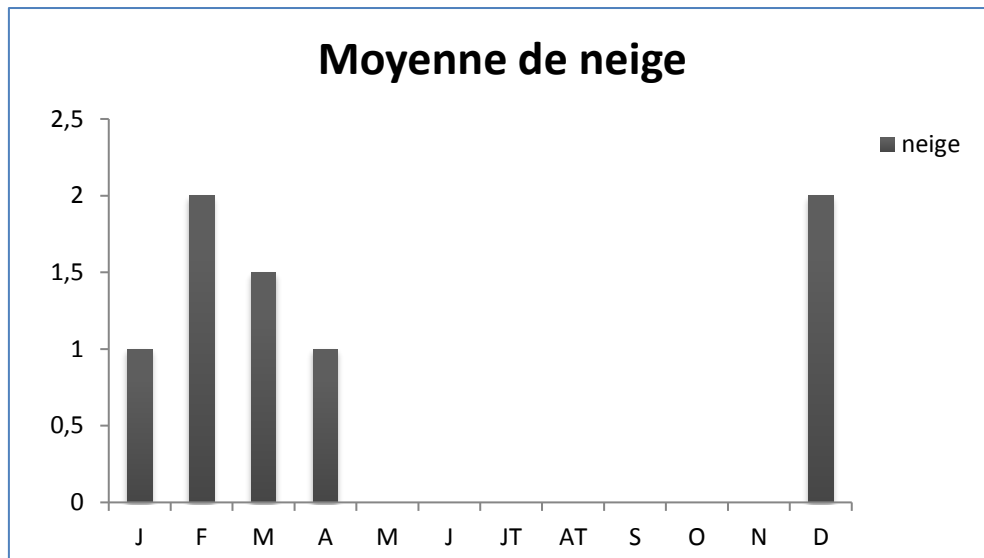


Figure 15 : Diagramme des moyennes des nombres de jours de neige de la période (2010-2021)

A partir de la figure on constate que l'enneigement s'étale sur une durée de 5 mois du Décembre jusqu'au mois d'Avril donc la plus grande partie de la neige tombe durant la période hivernal, le maximum étant au mois de mars avec une moyenne de 17 jours de neige. L'enneigement consiste une réserve d'eau cédée progressivement du sol .

2.7. Synthèse climatique

2.7.1. Indice d'aridité

En 1925 Emmanuel De Martonne a proposé une formule climatologique permettant le calcul d'un indice dit indice d'aridité (I_a). Cet indice est en fonction de la température (T en °C) et des précipitations (P en mm) et permet de déterminer le type de climat qui caractérise la zone d'étude (Gaagai, 2009).

Ce paramètre se calcule selon la formule suivante:

$$I_a = P / (T + 10)$$

Avec:

I_a : 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:

Quand:

- $I_a < 5$ le climat est hyperaride.
- $5 < I_a < 7.5$ le climat est désertique.
- $7.5 < I_a < 10$ le climat est steppique.
- $10 < I_a < 20$ le climat est semi-aride.
- $20 < I_a < 30$ le climat est tempéré.
- $I_a > 30$ le climat est humide.

Pour le cas de notre zone d'étude, $P = 447.48\text{mm}$ et la $T = 16.68^\circ\text{C}$ donc cet indice est égal à :

$$I_a = 447.48 / 16.68 + 10$$

$$I_a = 16.77$$

Ce qui permet de dire que le climat est semi-aride avec un écoulement temporaire.

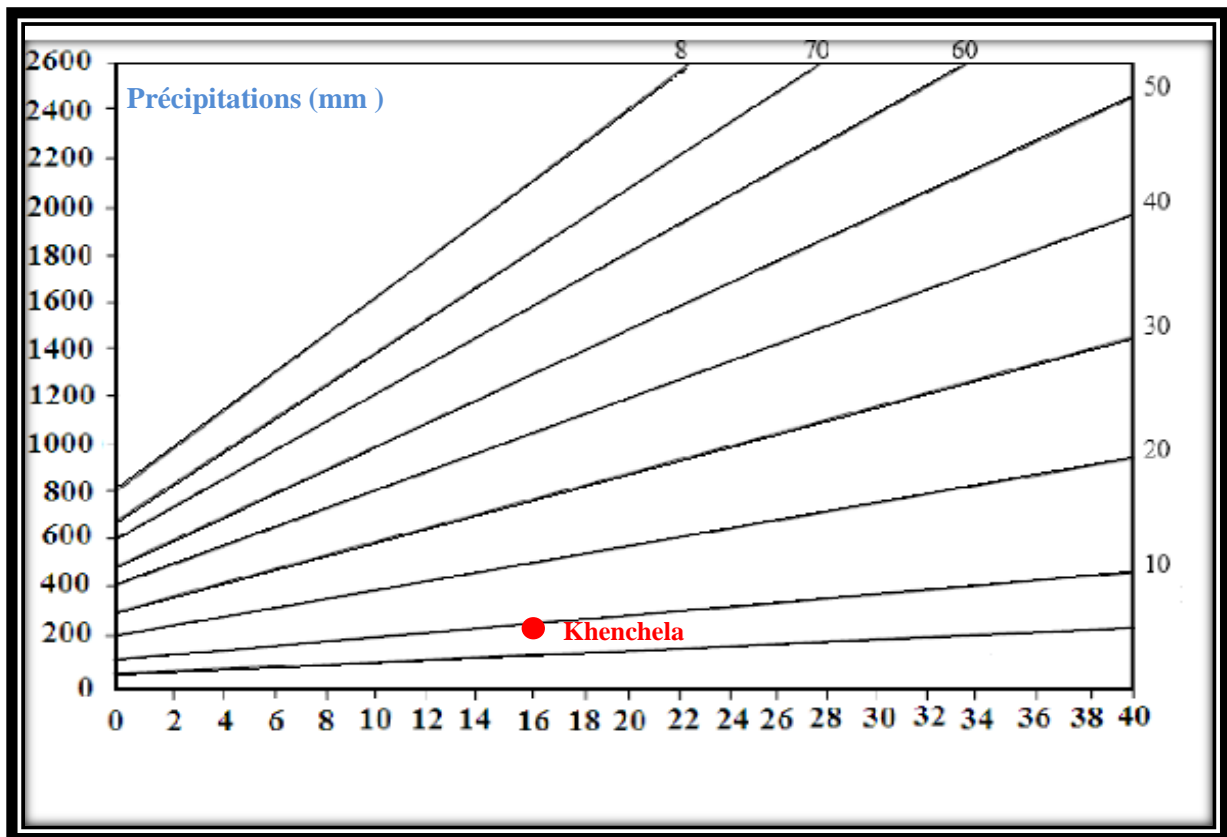


Figure 16: Indice d'aridité de Martonne

1.2.1. Diagramme pluviothermique de Gausсен

La combinaison des deux principaux facteurs climatiques, la température et les précipitations est intéressante dans la mesure où elle permet de déterminer les mois véritablement secs. Cette relation permet d'établir un graphe dit pluviothermique (Gaagai, 2009).

D'après Gausсен (1953), sur ce graphe les températures sont portées à l'échelle double des précipitations considère comme mois sec celui où le total mensuel des précipitations (P) exprimé en millimètres, est égal ou inférieur au double de la température moyenne mensuelle (T) exprimée en degrés Celsius.

$$P < 2T \text{ (indice de Gausсен)}$$

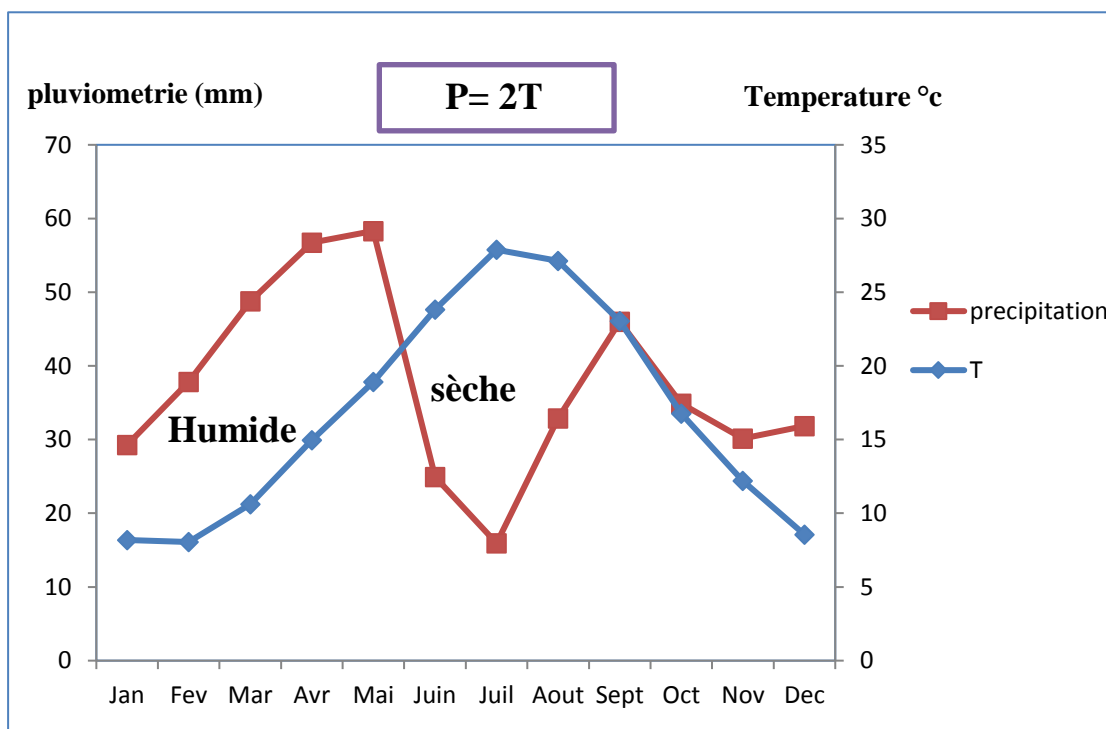


Figure 17 : Diagramme ombrothermique de gausсен et de bagnouls(station d'el hamma 2010-2021)

D'après le diagramme Ombrothermique de Gausсен de la station d'El-Hamma nous constatons que la période sèche dure environ 107 jours de juin jusqu'à la mi-septembre. La

détermination de cette période est d'une grande importance pour l'hydrologie à fin de pouvoir estimer les besoins en eau .

1.2.2. Le diagramme de Quotient pluviothermique d'Emberger

Pour préciser le climat de la région, nous employons le Climagramme d'Emberger (figure 14) sur lequel nous avons reporté les données relatives à la station d'El Hamma où les valeurs de la moyenne de la température minimale (m) figurent en abscisse, et les valeurs Q2 en ordonnée selon la formule suivante:

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

Ce quotient est par la suite simplifié par Stewart (1969) comme suit :

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

Où :

Q2 : quotient pluviothermique annuel en (mm) .

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 notre zone d'étude :

P = 447.48 ; M = 34.80°C ; m = 3.5°C Donc

$$Q2 = 3.42 [447.48 / (34.80 - 3.5)] \longrightarrow Q2 = 48.87.$$

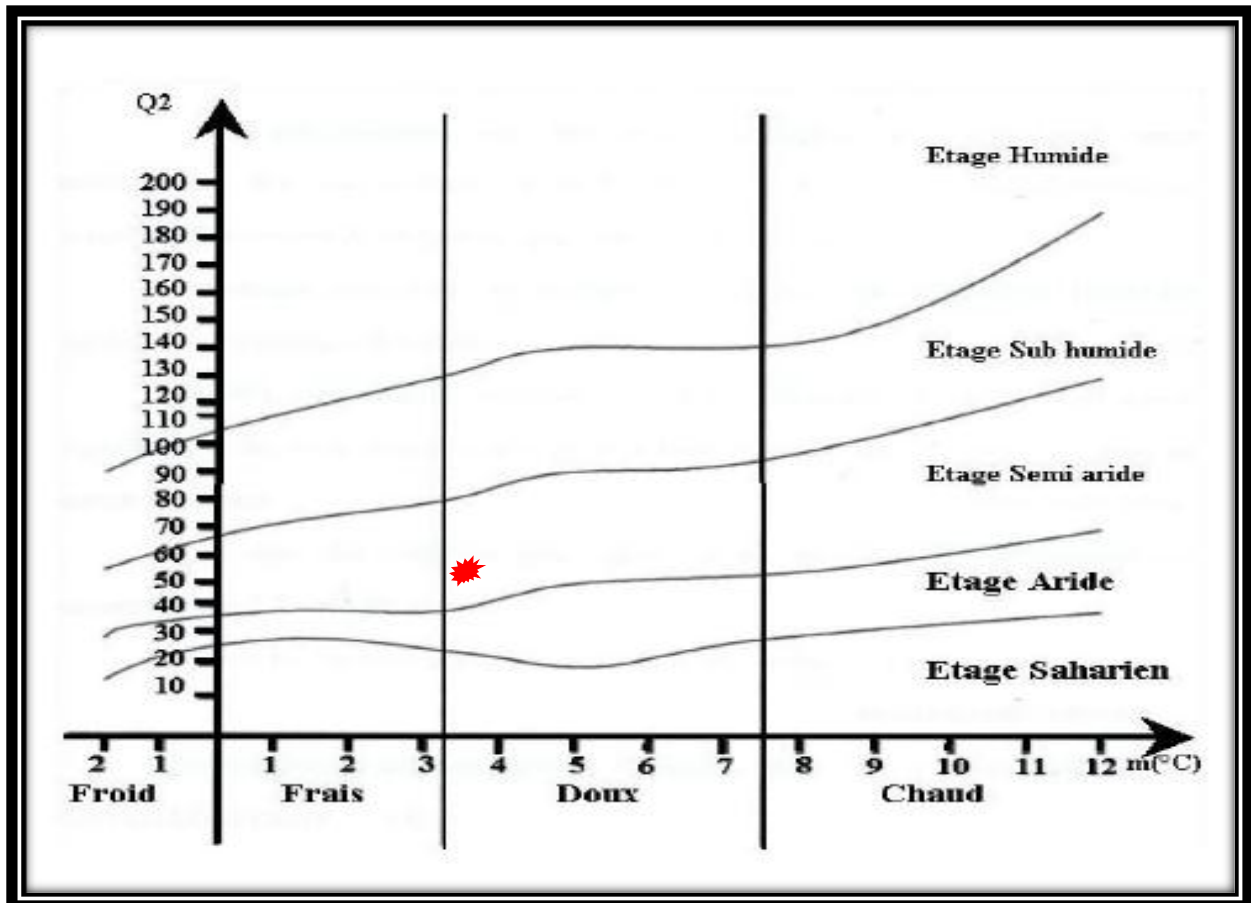


Figure 18 :Climagramme d'emberger de la zone d'étude.

En utilisant ce climagramme avec la valeur obtenue ($Q_2=48.87$, $m= 3.5^{\circ}\text{C}$), on trouve que la région d'étude est classée dans l'étage bioclimatique semi-aride à hiver doux.

Conclusion

La région d'étude est soumise à un climat semi-aride (environ de quatre mois secs), elle est caractérisée par un hiver froid et pluvieux et un été chaud et sec.

Cette zone est caractérisée par l'irrégularité et la forte de ses précipitations. Les précipitations moyennes annuelles pour la période 2010-2021 sont de 447.48 mm.

La température moyenne est de $27.12. ^{\circ}\text{C}$ pour la période (2010-2021), avec un maximum de $34.80. ^{\circ}\text{C}$ au mois de juillet et un minimum au mois de Février 3.5°C .

2. Les caractéristiques biologiques et écologiques**- La flore**

Le Patrimoine floristique de la wilaya de Khenchela compte une richesse importante surtout en essences forestières qui deviennent à leur tête le Cèdre de l'Atlas qu'est une espèce protégée au niveau international, les superficies forestières sont réparties comme suit:

Le pin d'Alep.....97 746 ha

Le chêne vert.....13 451 ha

Le cèdre.....11646 ha

Autres.....6 655 ha

La végétation varie selon les différentes régions naturelles; au niveau des hautes plaines du Nord, on rencontre essentiellement des types de végétation basse ; Armoise ou « Chih » (*Artemisia helba alba*), Guetaf (*Atriplex*), Salsola, Jujubier (*Zizyphus*). La zone centrale peut être divisée en deux (02) parties : la partie Ouest boisée et la partie Est (Monts des Nememcha) à forêt dégradée.

Parmi les espèces rencontrées, en plus de la strate d'arbre (Pin d'Alep, Genévrier de phénicie, ...), on rencontre également l'Alfa, l'Armoise Blanche, Jujubier, R'tem, Accacia, Dans la région Sud, formée par les parcours steppiques et sahariens, les principales espèces rencontrées sont :

Tarfa (*Tamarix*).

R'tem (*Retama*).

Accacia, Salsola.

Guetaf (*Atriplex*) et Sparte.

- La faune

Le patrimoine faunistique de la wilaya est assez remarquable par plusieurs espèces en voie de distinction et qui sont protégés à l'échelle mondiale que:

- Le Cerf de Barbarie

Où il s'agit d'une sous-espèce de cerf d'Europe, le dernier du cervidé africains qui vit actuellement dans l'extrême nord algérien notamment au forêt de l'Aurès classé au tableau" de l'UICN (espèce en voie d'extinction) a subi les affres de la guerre, de la chasse et incendie de forêt.

- Gazelle

Gazella dorcas appartient à la tribu des Antilopini, sous-famille des Antilopinae, famille des Bovidae, qui comprend une vingtaine d'espèces, réparties dans les genres Gazella, qui nécessite un plan d'action pour sa protection en lui créant une réserve dans la région Sud de la wilaya Comme on trouve aussi le:

- l'Henné
- Chacal.
- Sanglier
- Chardonneret
- Autres espèces.

A cette richesse faunistique s'ajoute une richesse aviaire, représentée par les oiseaux migrateurs, que renferme la zone humide de Sebket El Mahmel où nous avons recensé 20.

Espaces repartaient en 10 Familles, qui sont regroupées en 06 ordres, dont quelques espèces sont protégées.

3. Cadre socio-économique

3.2. Les activités économiques qui existent dans la région et son impact sur l'environnement

3.2.1. Pollution par les rejets solides et liquides

Avant, les rejets sans traitement, les ordures ménagères et les eaux usées domestiques ont été déversés directement dans le périmètre des sebkhas, ces eaux usées viennent se concentrer dans le plan d'eau et contribuent à la surcharge de polluants chimiques et microbiologique du plan d'eau de la sebkha, maintenant les agriculteurs ont coupés la canalisation à 500m pour l'irrigation de leurs terres par ses eaux usées.

3.2.2. La chasse et le braconnage

La chasse et le braconnage pratiqués par la population locale ne nuit pas ou peu sur les oiseaux d'eau, par contre, l'intrusion des chasseurs non résidents dans la commune présente de nombreux inconvénients tels la chasse non réglementaire, le prélèvement supérieur à leurs besoins. Un braconnage pratiqué dans les endroits fréquentés par des espèces menacées d'extinction a été constaté. De plus, la chasse du Flamant rose *Phoenicopterus roseus* est une espèce appréciée pour les chasseurs de la région. Cette espèce est chassée durant toute l'année dans ce site et dans d'autres zones humides des Hautes plaines de l'Est algérien. De plus, les enfants des riverains qui trouvent dans la sebkha un lieu de jeu, ont pris l'habitude de prendre les œufs des nids, non pas pour les consommer mais tout simplement pour jouer avec, menaçant ainsi la nidification des espèces d'oiseaux d'eau (l'Avocette élégante *Recurvirostra avosetta*, l'Echasse blanche *Himantopus himantopus*, la Canard colvert *Anas platyrhynchos*...). Le même sort touche les œufs qui arrivent à éclore car les poussins finiront d'une manière ou d'une autre dans les mains de ces enfants.

3.2.3. Exploitation croissante des ressources hydriques

L'exploitation croissante des ressources hydriques (superficielles et souterraines) pour les besoins de l'agriculture et d'eau potable risque d'entraîner, avec l'utilisation des cultures irriguées, une baisse du niveau des nappes sous-jacentes et une augmentation de la salinité de Sebkhet El Mahmel.

3.2.4. Activités agricoles

Les activités agricoles ainsi que l'élevage pratiqué dans le secteur engendrent les effets néfastes suivants :

- Une extension des cultures aux dépens des habitats naturels, réduisent ainsi les superficies des zones humides.
- Une pollution par les fertilisants et pesticides qui portent préjudice, en particulier, aux herbiers aquatiques dont dépendent les oiseaux.
- Le surpâturage qui contribue à la dégradation du couvert végétal naturel entourant Sebkhet El-Mahmel (khabthan.A).

1. Introduction :

L'étude hydro chimique des eaux a pour but d'identifier les faciès chimiques des eaux, leur qualité de potabilité. Elle permet de suivre aussi l'évolution spatiale des paramètres physico-chimiques et d'estimer leur origine en les corrélant avec la géologie.

Pour étudier le chott de la Sebkha, nous avons effectué des sorties de reconnaissance du site au cours desquelles nous avons sélectionné les forages et les puits à étudier. six échantillons sont prélevés et analysés afin de comprendre l'origine et l'évolution de la qualité d'eau. Un planning de prélèvement des échantillons a été effectué le mois d'Avril 2022 et il consiste à prélever des échantillons d'eaux et parallèlement aux prélèvements, des mesures physico- chimiques ont été effectuées in situ (la température (T), le pH, la conductivité électrique (CE), l'oxygène dissout, et pour les cations (Ca, Mg, Na, K, NH₄), les anions (Cl, SO₄, HCO₃, NO₂, NO₃), les analyses ont été effectuées au laboratoire de l'ADE .

2. Méthodologie

La méthodologie suivie est l'observation de la zone d'étude le mois d'Avril 2022, elle consiste en missions de terrains, travaux de laboratoires, traitement et analyse des données recueillies avec notamment des logiciels appropriés (Diagramme, Excel).

3. Matériel**4. A. In-situ**

Nous avons besoin de :

Une glacière pour transporter les échantillons a une température de 4°C, cela empêchera toute interaction qui peut modifier la composition chimique ou microbiologique de l'échantillon.

Des flacons de 1 litres en plastique sombre, afin d'éliminer toute interactions entre la matière et l'eau prélevée. Un multi-paramètre pour mesurer les paramètres in-situ.



Figure18 : matériel utiliser in-situ

B-En laboratoire

- Les outils de sécurité (gants, lunettes, tablier, masque, pour éviter les frottements des produits nocives..)
- Verrerie (béchers, Burettes, Erlenmeyer et flacons à différents volumes).
- Bec benzène.
- Pipettes (à différents mesures).
- Multi paramètre
- Spectrophotomètre à flamme
- Flacons pour les réactifs
- Compte-gouttes
- Réactifs

C-Prélèvement de l'eau

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté; il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau (gaz dissous, matières en suspension, etc.). Le mode de prélèvement variera suivant l'origine de l'eau.

- Dans le cas d'une eau souterraine, deux cas très différents peuvent se présenter. S'il s'agit d'un captage ou d'un puits équipé d'une pompe, les prélèvements se situeront normalement

au terme d'une épreuve de pompage ininterrompue d'une durée totale de l'ordre de 30 heures ou, tout au moins à la fin de la dernière journée d'une série de trois journées consécutives de pompage de 10 heures. S'il s'agit d'une source aménagée, effectuer le prélèvement au trop plein, sinon il convient de procéder à un aménagement provisoire.

Pour cela nous avons effectué les prélèvements en profondeur et en utilisant des bouteilles en plastique (1L) afin d'éliminer toute interaction entre la matière et l'échantillon. En ce qui concerne la conservation des échantillons nous avons utilisé une glacière gardant la température à 4°C et les analyses physico-chimiques ont été effectuées dans les premières 24 heures au laboratoire de l'algérienne des eaux et cela pour ne pas altérer l'échantillon.



Figure 19: techniques du prélèvement de l'eau



Figure 20: Multi-paramètre « YSI PRO DSS»

5. Analyses chimiques au laboratoire (Dosage des ions majeurs)

5.1. Les analyses des paramètres chimiques

Des échantillons sont effectuées au niveau du Laboratoire d'Analyse Environnementales et d'Essais Chimiques sur les Matériaux (Ain M'Lila). Les éléments chimiques majeurs concernés par cette étude analytique sont :

* Cations: Na⁺, K⁺, Ca⁺, Mg⁺⁺

* Anions: Cl⁻, SO₄⁻⁻, HCO₃⁻, NO₃⁻, NO₂

- Afin d'obtenir des résultats fiables pour la détermination de la quantité des éléments minéraux majeurs ou mineurs constituant les eaux à étudier, des méthodes conventionnelles sont utilisées :

- La spectrophotométrie à UV et du visible.
- La spectrophotométrie à flamme.
- La méthode titrimétrique

Tableau : Méthodes et laboratoires d'analyse des éléments chimiques.

Méthode d'analyse	Elément chimique	Laboratoire
La spectrophotométrie à UV, visibles.	SO ₄ ⁻² , NO ₃ ⁻ et NO ₂ ⁻ , NH ₄ ⁺	ADE Khenchela
La spectrophotométrie à flamme.	Na ⁺	
La méthode titrimétrique.	Ca ⁺² , Mg ⁺ , HCO ₃ ⁻ et Cl ⁻	

6. Analyses bactériologiques :

6.1. Recherche et dénombrement des Coliformes totaux et fécaux

La colimétrie consiste à dénombrer les germes coliformes et parmi eux Escherichia Coli dont seul l'origine fécale est certaine.

Elle comporte deux temps :

- La recherche présomptive.

-La recherche confirmative.

Le dénombrement est effectué selon le cas par deux méthodes :

-Technique des tubes multiples :

- **Matériel**

-1 flacon de BCPL (bouillon lactose au bromocrésol pourpre) double concentration de 50ml

-5 tubes de BCPL double concentration de 10ml.

-5 tubes de BCPL simple concentration de 10ml.

-Milieu de Schubert muni d'une cloche.

-Réactif de KOVACS.

-Table NPP.

- **Méthodes :**

6.1.1. Recherche de coliformes :

Le dénombrement est effectué en utilisant le bouillon lactosé au pourpre de bromocrésol.

Tous les tubes sont munis de cloches de Durham pour déceler le dégagement éventuel de gaz dans le milieu.

On ensemence :

-1 Flacon de 50 ml de bouillon BCPL à double concentration avec 50 ml d'eau.

-5 tubes de 10 ml de bouillon BCPL à double concentration avec 10 ml d'eau.

-5 tubes de 10 ml de bouillon BCPL à simple concentration avec 1 ml d'eau.

- **Remarque :**

La cloche ne doit pas contenir de gaz au départ

1-Incubation à 37 °C.

2-La lecture se fait après 48h d'incubation. Tous les tubes présentant une culture avec un virage du bouillon au jaune et du gaz dans la cloche sont considérés comme positifs c'est-à-dire contenant des coliformes.

On note le nombre de tubes positifs dans chaque série et on se reporte au **tableau NPP** pour obtenir le nombre de coliformes présents dans 100ml d'eau.

Cette phase de la colimétrie est basée sur la propriété commune aux coliformes de fermenter le lactose en produisant du gaz.

6.1.2. Recherche des coliformes fécaux

A partir de chaque tube de BCPL, positif pour la recherche des coliformes, ensemercer 2 à 3 gouttes dans un tube de Schubert muni d'une cloche de Durham.

Incuber à 44°C.

Après 24h d'incubation, tous les tubes présentant une culture du gaz dans la cloche et une réaction indole positif (anneau rouge en surface après addition de quelques gouttes de réactif de KOVACS sont considérés comme positifs .c'est à dire comme contenant des coliformes fécaux.

-5 tubes de BCPL double concentration de 10ml.

-5 tubes de BCPL simple concentration de 10ml.

-Milieu de Schubert muni d'une cloche.

-Réactif de KOVACS.

-Table Npp

On note le nombre de tubes positifs dans chaque série et on se reporte au tableau NPP pour obtenir le nombre de coliformes fécaux présents dans 100ml d'eau.

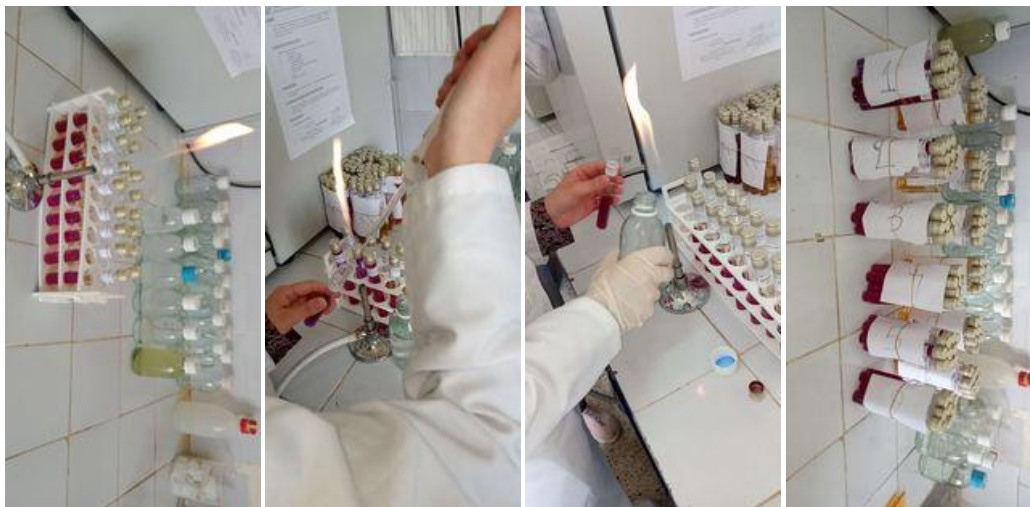


Figure 22: Etapes de la recherche des coliformes fécaux

6.1.3. Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux

Deux techniques peuvent être utilisées pour la recherche des streptocoques fécaux :

- Technique des tubes multiples.
- Technique sr membrane filtrante.
- **Technique des tubes multiples**

Matériels

- Un flacon de 50ml de milieu de rothe (bouillon à l'azote de sodium double concentration).
- 5 tubes de 10ml de milieu de rothe double concentration.
- 5 tubes de 10ml de milieu de rothe simple concentration.
- Tubes de milieu de LITSKY (EVA) (bouillon de l'azote de sodiu et à l'ethyl violet).

Méthodes

- **Le test Présomptif est effectué sur le milieu de Rothe.**
- **Le test confirmatif sr le bouillon de Litsky.**

L'ensemencement du milieu de Rothe se fait selon la méthode du nombre le plus probable.

On ensemence :

- 1 flacon de 50 ml de milieu de Rothe double concentration avec 50 ml d'eau
- 5 tubes de 10 ml de milieu de Rothe double concentration avec 10 ml d'eau.
- 5 tubes de 10 ml de milieu de Rothe simple concentration avec 1 ml d'eau.

Incubation à 37 °C.

- **La lecture** se fait après 48h. Tout les tubes présentant un trouble sont retenus et confirmés.
- **La confirmation** est réalisée sur milieu de Litsky. Quelques gouttes sont prélevées du milieu de Rothe Etensemencées dans le milieu de Litsky, puis incubées à 37°C.

La lecture se fait après 24h. Les tubes présentant un trouble et ou l'apparition d'une pastille violette au fond du tube traduisent la présence de Streptocoques fécaux.

On note le nombre des tubes positifs dans chaque série et on se reporte au tableau NPP pour obtenir le nombre de Streptocoques fécaux présents dans 100ml d'eau.

- Tubes de milieu de LITSKY (EVA) (bouillon de l'azote de sodiu et à l'ethyl violet).

Méthodes

- **Le test Présomptif est effectué sur le milieu de Rothe.**
- **Le test confirmatif sr le bouillon de Litsky.**

L'ensemencement du milieu de Rothe se fait selon la méthode du nombre le plus probable.

On ensemence :

- 1 flacon de 50 ml de milieu de Rothe double concentration avec 50 ml d'eau
- 5 tubes de 10 ml de milieu de Rothe double concentration avec 10 ml d'eau.

- 5 tubes de 10 ml de milieu de Rothe simple concentration avec 1 ml d'eau.

Incubation à 37 °C.

- **La lecture** se fait après 48h. Tout les tubes présentant un trouble sont retenus et confirmés.
- **La confirmation** est réalisée sur milieu de Litsky. Quelques gouttes sont prélevées du milieu de Rothe Etensemencées dans le milieu de Litsky, puis incubées à 37°C.

La lecture se fait après 24h. Les tubes présentant un trouble et ou l'apparition d'une pastille violette au fond du tube traduisent la présence de Streptocoques fécaux.

On note le nombre des tubes positifs dans chaque série et on se reporte au tableau NPP pour obtenir le nombre de Streptocoques fécaux présents dans 100ml d'eau.



Figure 23 : Technique des tubes multiples

Introduction

Ce chapitre décrit deux aspects. L'un est lié à la qualité physico-chimique et l'autre bactériologique, d'un échantillon d'eau souterraine provenant de cinq puits et Sebkhah en des points espacés.

1. Caractéristiques physico-chimiques des eaux

Dans cette partie, nous donnons les valeurs des paramètres physiques (conductivité électrique (CE), température (T), oxygène dissous et le pH des eaux souterraines, ces analyses permettent de suivre les paramètres physicochimiques de la nappe étudiée ainsi que les influences d'apport externe (rejet domestique).

1.2. La Température

La température a été mesurée systématiquement au cours des prélèvements des échantillons, la précision est de l'ordre du dixième du degré Celsius. En effet, d'après (Rodier, 2009), il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision car elle joue un rôle dans la solubilité des sels et des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique, dans la détermination du pH. Les valeurs de la température mesurées des points sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau 09: Valeurs de la température mesurée

Points	P1	P2	P3	P4	P5	La norme
T (°C)	16.2	16.5	19	17.8	17	25

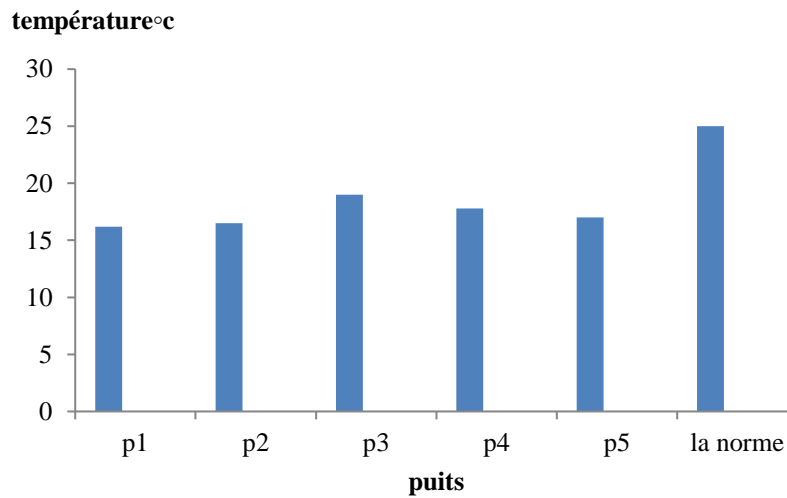


Figure 24 : Diagramme de température

La température des eaux mesurées dans les Cinq échantillons des puits; elle varie entre de 16,2 °C à 19°C, elles ne dépassent pas la norme fixée par l’organisation mondiale de la santé (25°C).(OMS, 2008).

1.2. Le potentiel hydrogène

La valeur de pH nous renseigne sur l’acidité ou l’alcalinité d’une eau. Les valeurs du pH mesurées sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau 10 : Valeurs du pH mesuré

Point	P1	P2	P3	P4	P5	La norme
pH	7.34	6.6	6.95	6.71	6.89	6.5-9.5

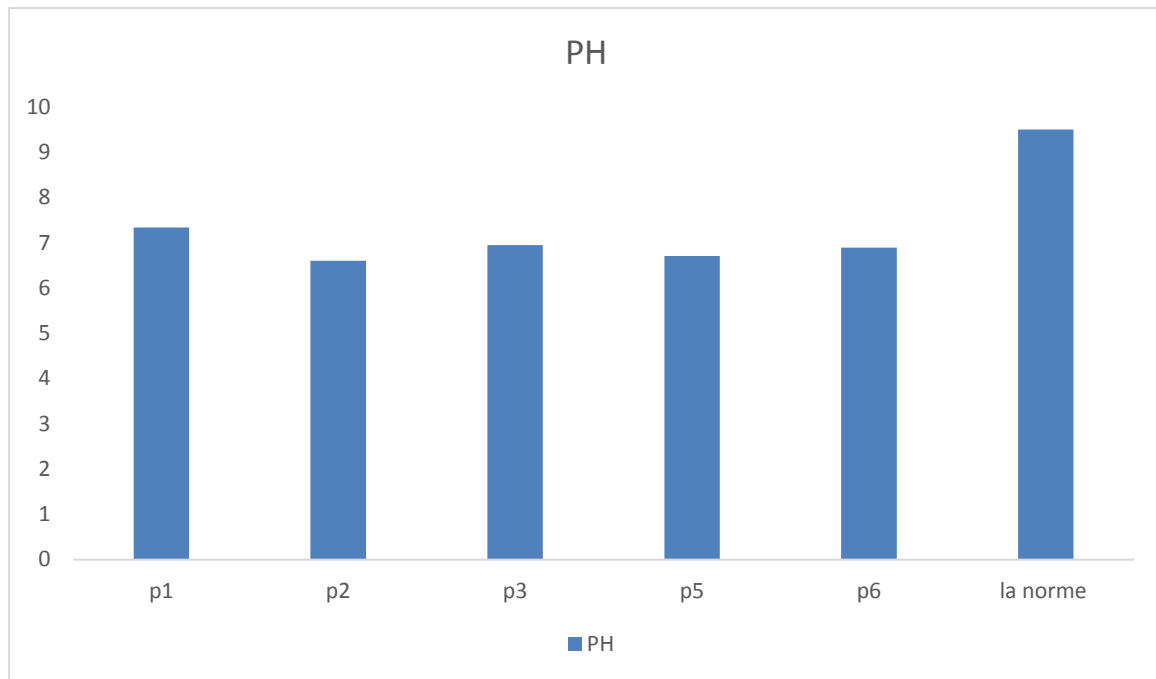


Figure 25: Diagramme de PH

Le pH des eaux analysées varie entre 6.6 et 7.34 ceci explique qu'il n'y a pas de grands influence sur la qualité des eaux. Ces résultats montrent des pH neutres, qui ne dépassent pas ceux exigés par la législation Algérienne et Européenne, qui normalisent le pH entre 6,6 et 7.34

1.3. La conductivité électrique

Les valeurs la conductivité électrique mesurées sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau 11 : Valeurs de la conductivité électrique mesurées

point	P1	P2	P3	P4	P5	La norme
CE ($\mu\text{S}/\text{Cm}$)	1318	19864	3892	2731	1908	2800

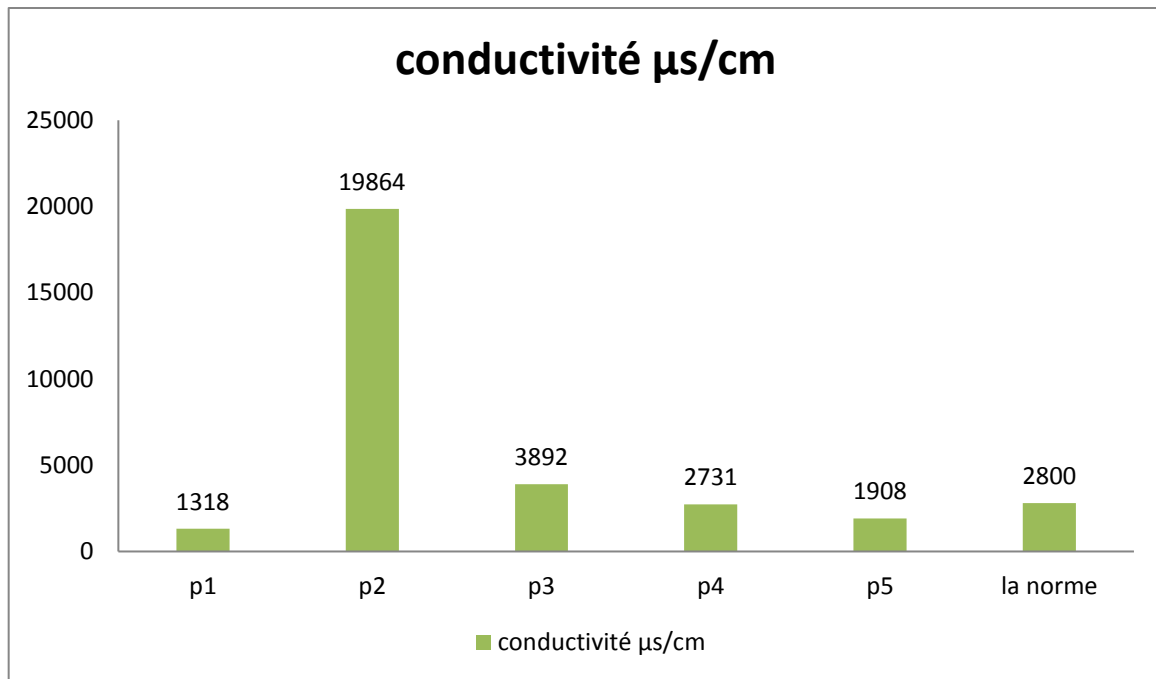


Figure 26 : la conductivité électrique

Les résultats de la Conductivité électrique (CE) obtenus sont représentés dans (figure23).

La conductivité électrique (CE) des eaux analysées est supérieure à la valeur de la norme algérienne de eau surface (JORA, 2012) ($\sigma < 2800 \mu\text{S/cm}$). Les valeurs de la conductivité électrique des eaux sont importantes dans la majorité des eaux de la zone d'étude ; elles varient de $1318 \mu\text{S/cm}$ au SE à $19864 \mu\text{S/cm}$, donc un degré de minéralisation élevé. Cette augmentation est liée à la température (mécanismes de concentration par évaporation) et à la solubilité des sels dans le milieu (riches en sels minéraux), induisant une forte minéralisation de l'eau.

1.4. La Turbidité

Tableau 12 : Valeurs de la turbidité

Point	P1	P2	P3	P4	P5	La norme
Turbidité NTU	0.96	1.47	0.31	0.22	0.33	5

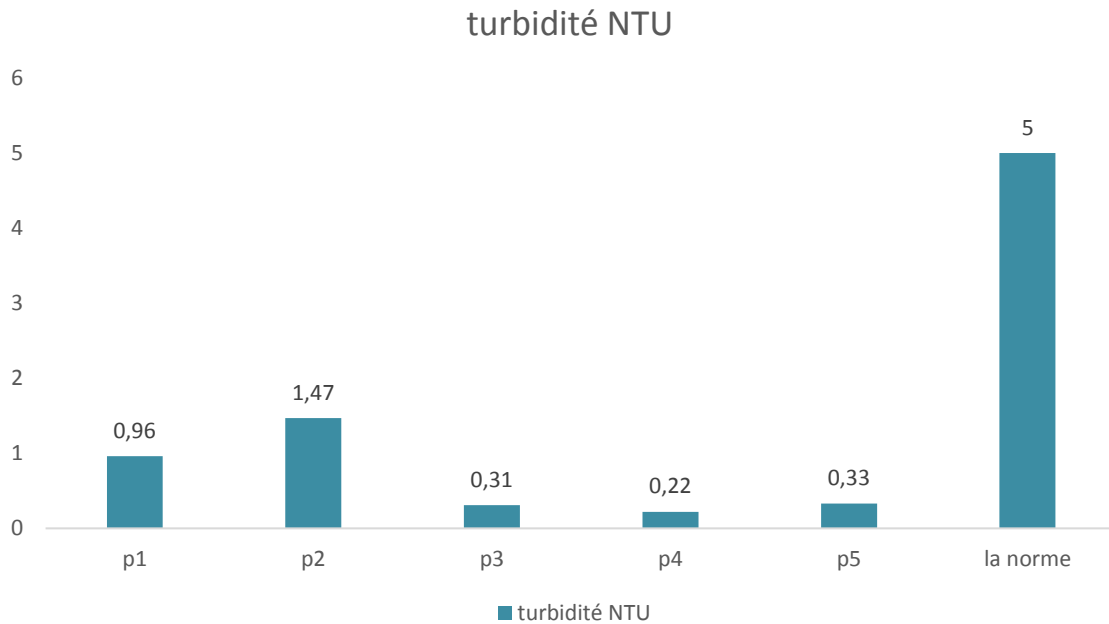


Figure 28 : Diagramme de turbidité

Les résultats des analyses obtenues à l'aide d'un Turbidimètre déterminent une variation entre 0,22 NTU et 1,47 NTU. Elle reste inférieure (5 NTU) à la valeur indicative fixée par la norme Algérienne relative à la qualité de l'eau potable

1. Les paramètres de pollution

2.1 Ammonium (NH₄⁺)

Tableau 13 : Résultats d'Ammonium dans les puits

puits	P1	P2	P3	P4	P5	La norme
NH ₄ ⁺ mg/l	00	0.598	0.020	0.017	0.007	0.5

Les résultats des analyses obtenues à déterminent une variation de Ammonium entre 0mg/L et 0.059 mg/L. Elle reste inférieure (0.5 mg/L) à la valeur indicative fixée par la norme Algérienne. Mais le résultat est supérieur à la norme avec 0.598 mg/L, nous expliquant cette teneur par la susceptibilité d'une fuite dans les canalisations.

La présence d'azote ammoniacal (NH₄⁺) dans une eau traduit un processus de dégradation incomplète de la matière organique. L'ammonium provient de la réaction de

minéraux contenant du fer avec des nitrates. C'est donc un excellent indicateur de la pollution de l'eau par des rejets organiques d'origine agricole, domestique ou industriel.

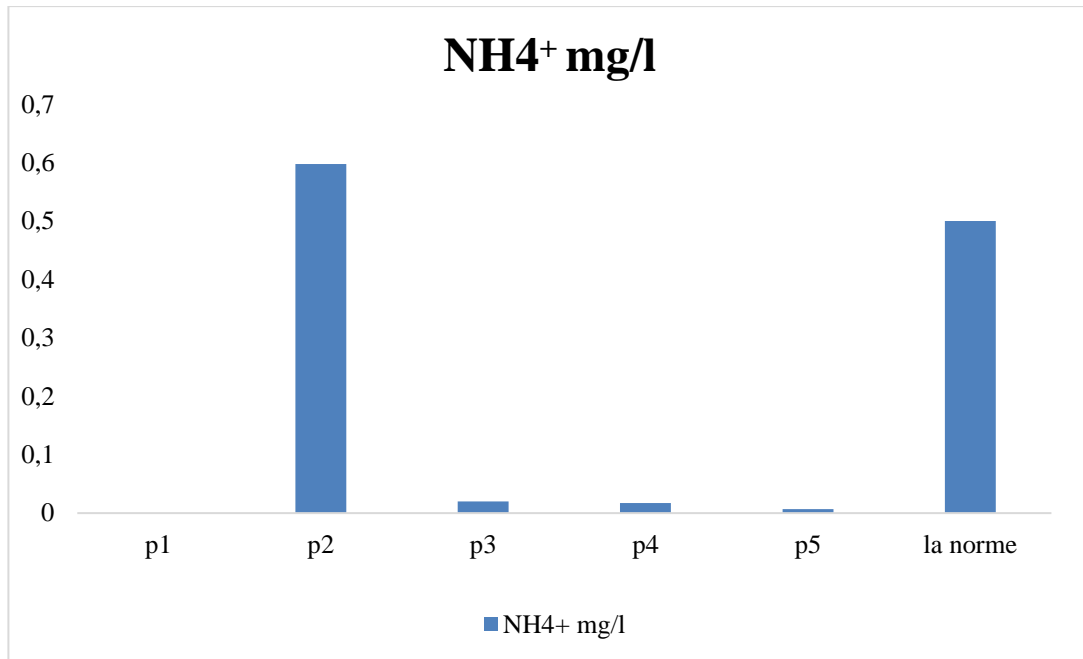


Figure 29 : variation de NH4+ dans les puits

1.2. Nitrites (NO⁻²)

Tableau 14: Résultats des nitrites dans les eaux de puits

puits	P1	P2	P3	P4	P5	La norme
NO ⁻²	00	00	0.006	0.002	0.002	0.2

Les nitrites proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniaque, soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiant.

Les valeurs des nitrites enregistrées dans notre étude varient entre 0 mg/L et 0.006 mg/L (**Figure25**), ces dernières ne dépassent pas la norme de potabilité de l'eau (0.2 mg/L)

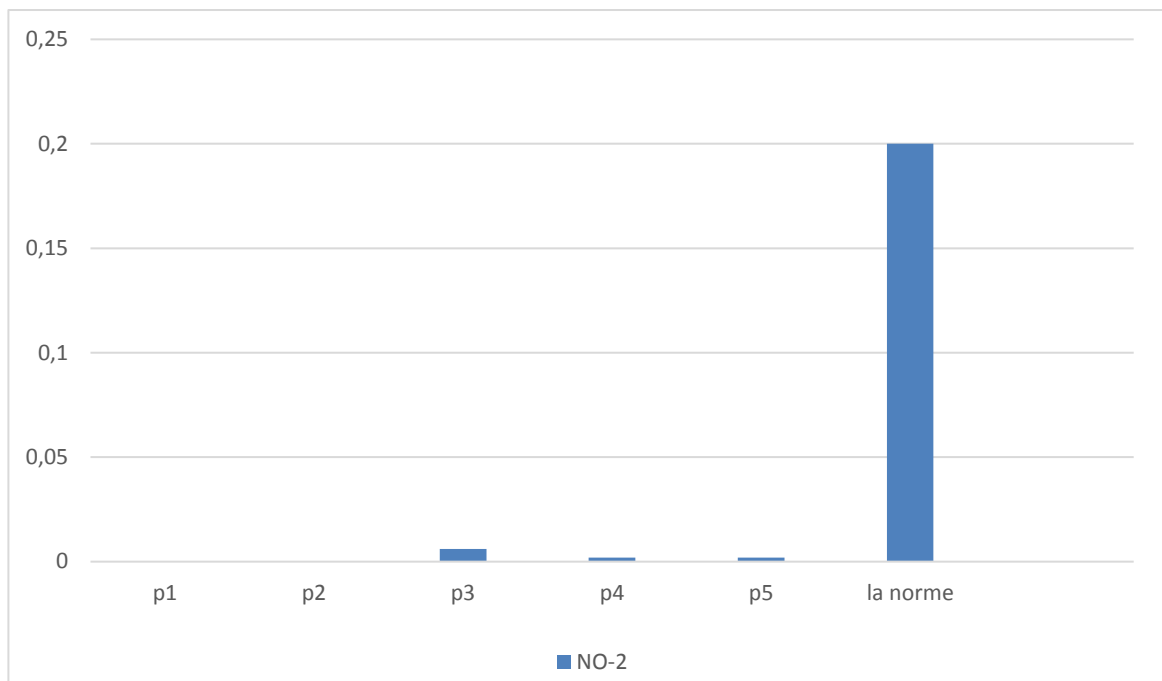


Figure 30: variation des nitrites dans les eaux de puits

1.3. Phosphates (PO_4^{-2}) :

Tableau 15 : résultat de phosphates dans les eaux de puits

les puits	P1	P2	P3	P4	P5	La norme
$\text{PO}_4^{-2}\text{mg/l}$	0	0.001	0.001	00	00	5

Les concentrations de phosphates sont très faibles (0 mg/L à 0.001 mg/L) par rapport à la valeur guide recommandée par les normes algériennes qui est de 5 mg/L

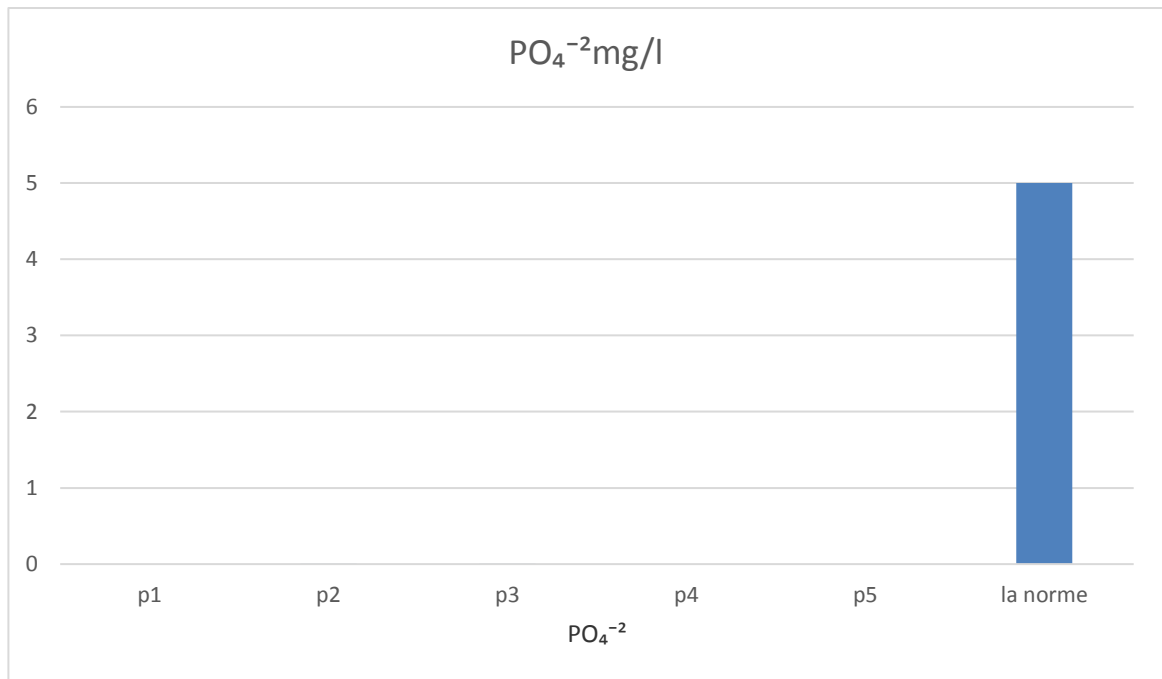


Figure 31 : la variation de la teneur en phosphates des eaux des puits

1.4. Nitrates(NO⁻³)

Tableau 16: Résultat de la teneur en nitrates dans les eaux puits

Les puits	P1	P2	P3	P4	P5	La norme
NO ⁻³ mg/l	20.64	29.787	31.439	30.837	37.34	50

Toutes les formes d'azote sont susceptibles d'être à l'origine des nitrates par un processus d'oxydation biologique.

Les composés carbonés : il existe différents indicateurs de pollution organique. Les composés carbonés peuvent avoir différentes origines liées aux activités humaines, industrielles, agricoles ainsi qu'aux activités naturelles on constate que les valeurs des nitrates de nos échantillons de (20.64 à 37.24 mg/l) ne dépassent pas la norme algérienne de potabilité fixée à 50 mg/l

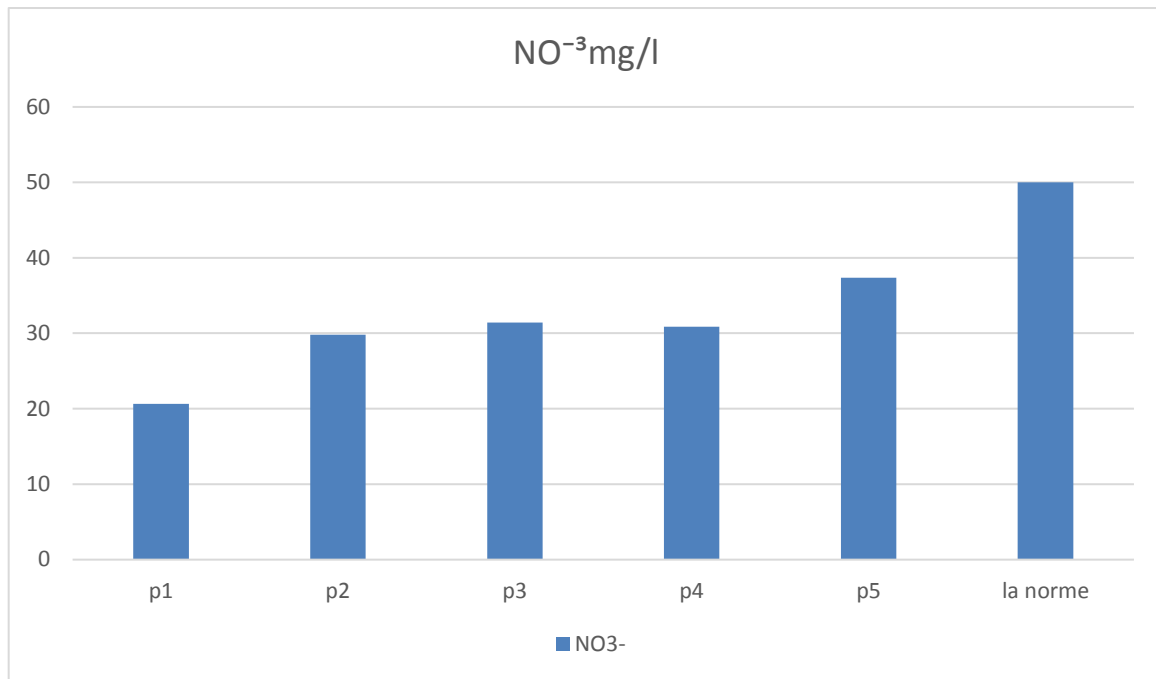


Figure 32 : variation de la teneur en nitrates dans les eaux de puits

2. Caractéristiques chimiques des eaux

Les résultats d'analyses chimiques en éléments majeurs des eaux de points concernées sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 17: Résultats des analyses chimiques en élément majeurs (mg/l)

Les puits	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ^{- -}	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻
P1	126.65	90.36	105	/	306.88	13.304	223.64	20.64	00
P2	2408.01	89.42	3260	/	6049.99	219.604	198.86	29.787	00
P3	259.72	198.288	383	/	1007.71	115.901	247.66	31.439	0.006
P4	254.91	60.264	385	/	360.52	194.448	359.9	30.837	0.002
P5	242.08	10.692	64.8	/	316.34	104.533	242.78	37.34	0.002
La norme	200	/	200	/	500	400	/	50	0.2

2.2. Teneur des cations dans les eaux

2.2.1. Calcium Ca⁺⁺

Cet élément est fréquent dans les roches sédimentaires, il provient essentiellement de la dissolution des roches carbonatées suite à la présence du gaz carbonique. Le calcium

peut provenir également des formations gypsifères (CaSO₄· 2H₂O), qui sont facilement solubles selon l'équation suivante : $\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{Ca}^{+2} + 2\text{HCO}_3^-$.

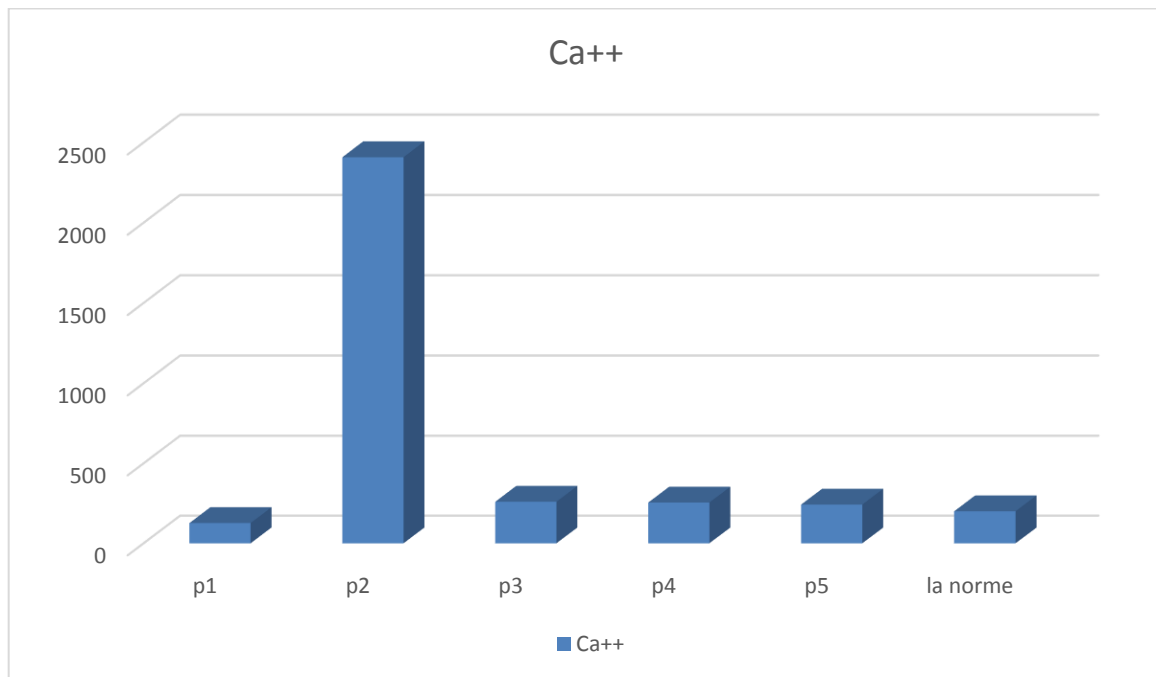


Figure 33: la teneur en calcium (Ca²⁺)

La teneur en calcium dans les puits est variée entre 129.65 et 2408.01 mg/l , les puits 2 et 3 et 4 ont les concentrations les plus élevées (2408.01 et 259.72 254.91 mg/l) mais il reste à noter que tous les échantillons ont dépassés fortement la limite souhaitable du calcium pour l'eau potable (200mg/l) (OMS, 2008) sauf l'échantillon n°01.

2.2.2. Le Magnésium Mg⁺⁺

Le magnésium provient comme pour le calcium de la dissolution des roches carbonatées riches en magnésium (dolomite). Le magnésium constitue un élément significatif de la dureté de l'eau. (Rodier, 2009). Il est présent dans nos échantillons d'eau à des concentrations qui vont de (10.692 à 198.288 mg/l).

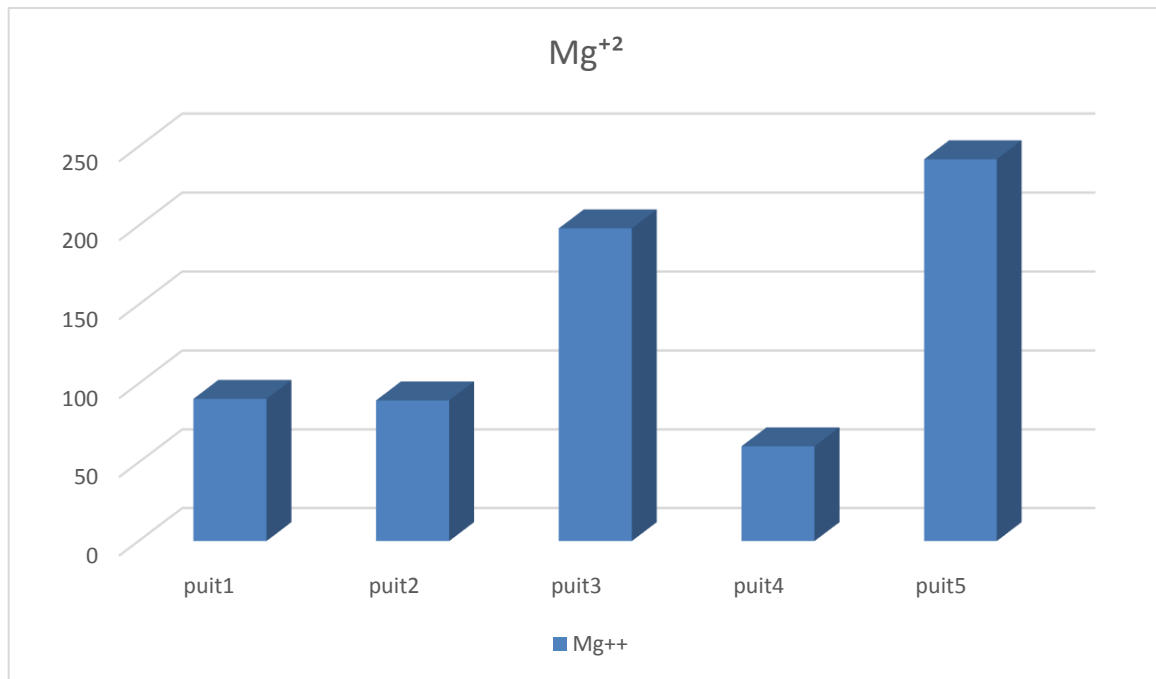


Figure 34: la teneur en Magnésium Mg⁺²

L'interprétation de cette variation des valeurs est que ces concentrations indiquent que la teneur en Magnésium est influencée par le passage des eaux à travers les roches sédimentaires rencontrées qui sont les calcaires dolomitiques et les dolomies du Jurassique ou du Trias.

2.2.3. Le Sodium Na⁺

Le sodium est un élément constant de l'eau, toutefois, les concentrations maximales admissibles peuvent être extrêmement variables allant de quelques dizaines de milligrammes à 500 mg/l et même au-delà.

Indépendamment de la lixiviation des formations géologiques contenant du chlorure de sodium, le sel peut provenir de la décomposition de sels minéraux comme les sulfates de sodium et d'aluminium, des retombées d'origine marine, de l'avenue d'eaux salées dans les nappes aquifères, de son emploi pour faire fondre la neige, des nombreux usages industriels, etc. (Rodier, 2009)

L'origine de cet élément est liée principalement à la dissolution des formations salifères. La plus importante source de sodium se trouve dans les évaporites.

L'existence d'inclusion évaporitiques sous forme de roches salines riches en NaCl et CaSO₄ et Na₂SO₄ (Halite, gypse et mirabolites) peut être aussi à l'origine de cet élément.

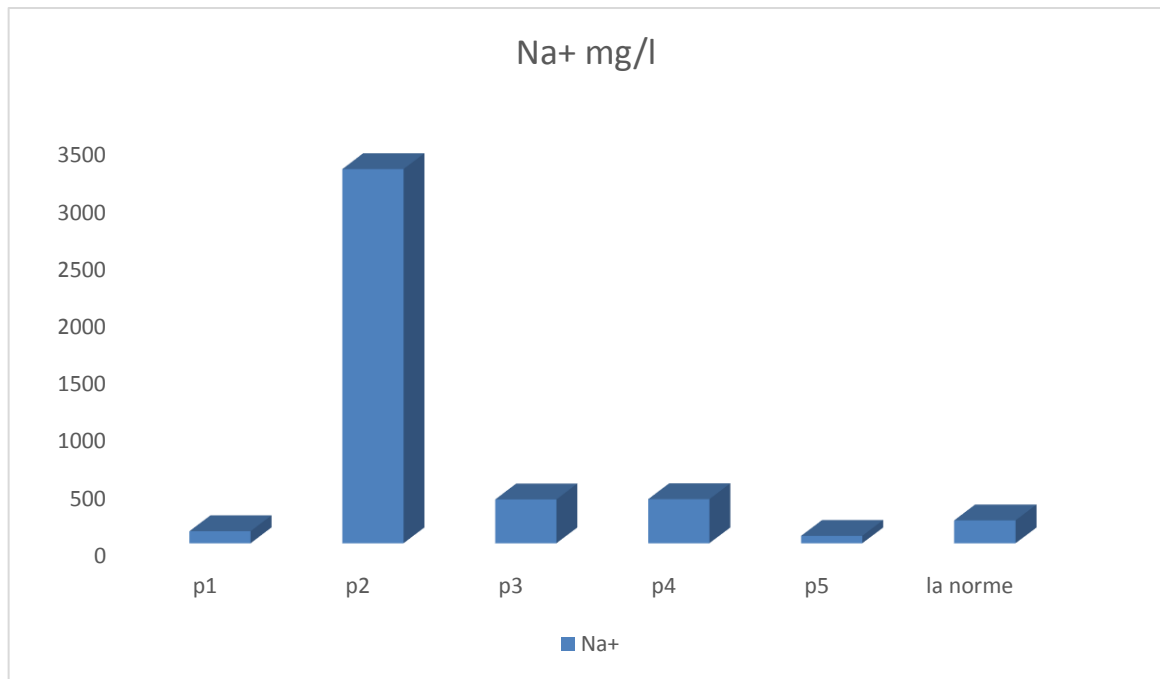


Figure 35 : la teneur en sodium Na+

Les teneurs élevées sont enregistrées au niveau de la majorité des puits (p2, p3, p4) avec (3260-383-385mg/l) ont dépassés fortement la limite souhaitable du sodium pour l'eau potable (200mg/l) (OMS, 2008) ce qui explique que il y'a une contamination des eaux phréatique et imputé à des phénomènes de dilution.

2.3. Les anions :

2.3.1. Les chlorures (Cl⁻) :

Les chlorures peuvent avoir une origine multiple. Ainsi, ils peuvent provenir d'une intrusion d'eau marine, ou suite à l'action humaine à partir du salage des routes ou par contamination par les eaux usées. Ils peuvent provenir également de la dissolution des sels par lessivage des terrains salifères. La dissolution de ces sels est très facile d'où leurs présences en fortes concentrations dans les eaux ayant traversées les formations argilo-sableuses ou argileuses. Les chlorures donnent un goût désagréable et posent le problème de corrosion dans les canalisations et les réservoirs à partir de 50mg/l (OMS, 2008).

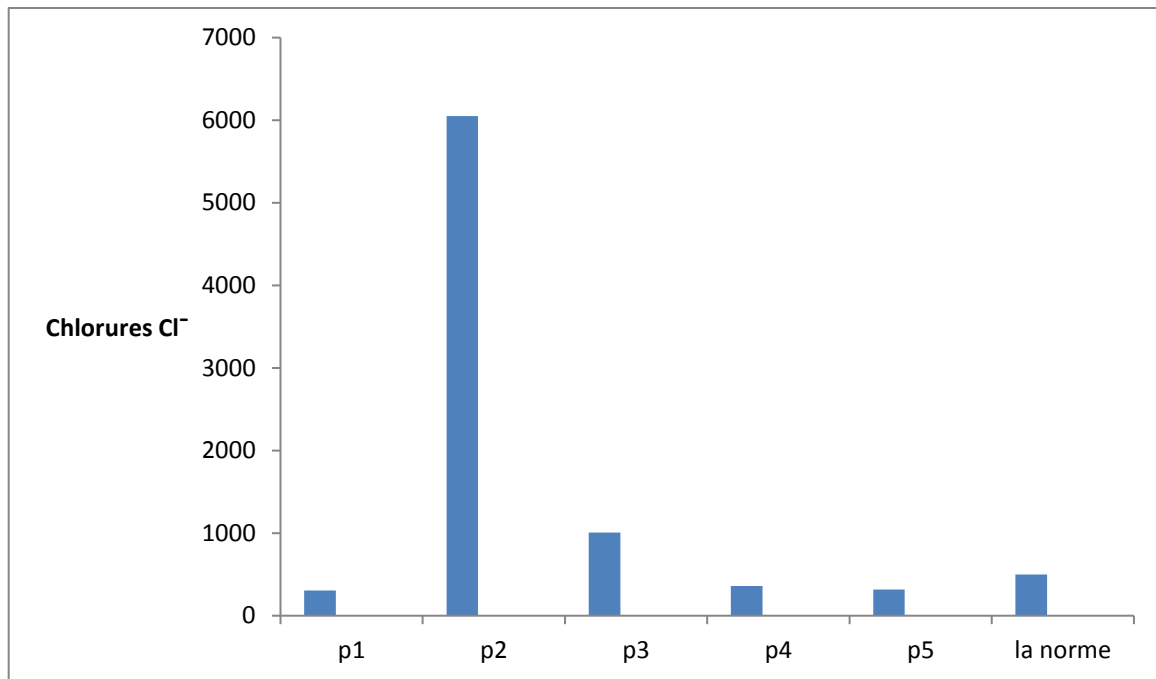


Figure 36 : la teneur en chlorures Cl^-

Des concentrations très élevée en chlorure comprises entre 6049.99 mg/l au niveau de point (p2) et 1007.41 au niveau de point (p3), ces valeurs dépassent la norme de l'OMS pour les eaux souterrain (OMS, 2003).

La variation spatiale de la concentration des chlorures est significative et peut être expliquée par la nature des terrains, où l'action humaine à partir du soulage des routes, ou par contamination par les eaux usées.

2.3.2. Les sulfates (SO_4^{2-}) :

La présence des sulfates dans l'eau peut être d'origine naturelle liée à la dissolution du gypse. La concentration en ions sulfates des eaux naturelles est très variable. Pour l'eau destinée à la consommation humaine, en raison de problèmes particuliers susceptibles d'introduire une gêne pour le consommateur (goût, corrosion, odeur) (Rodier 2009).

- L'oxydation des sulfates d'hydrogène et des oxydes de soufre émis dans l'atmosphère.
- Dans les eaux de pluie les sulfates sont de l'ordre du 1 mg/l. (Athemena, 2006)

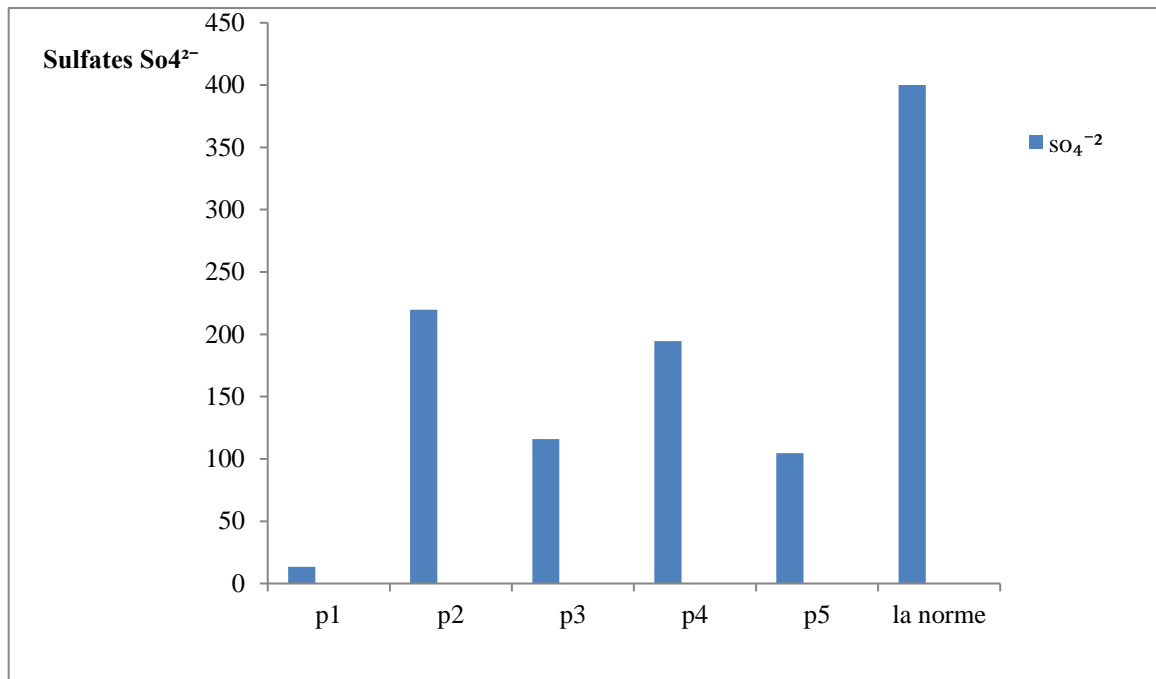


Figure 37 : la teneur en sulfate SO_4^{2-}

La teneur en sulfate varie entre 13.304-219.604 mg/l, la concentrations en sulfate sont au-dessous de la norme de l'OMS (250mg/l). Donc la présence des ions sulfatés dans l'eau est liée à la dissolution des formations gypseuses et la dégradation de la matière organique dans le sol (Rodier, 2009), ainsi qu'à l'apport anthropique (origine agricole)

2.3.3. Bicarbonates (HCO_3^-) :

Les bicarbonates résultent de l'équilibre physico-chimique entre la roche, l'eau et le gaz carbonique d'après l'équation générale suivante : HCO_3^- (roche) + CO_2 + H_2O \leftrightarrow X_2 + 2 + $2HCO_3^-$ (B.R.G.M., 1997)

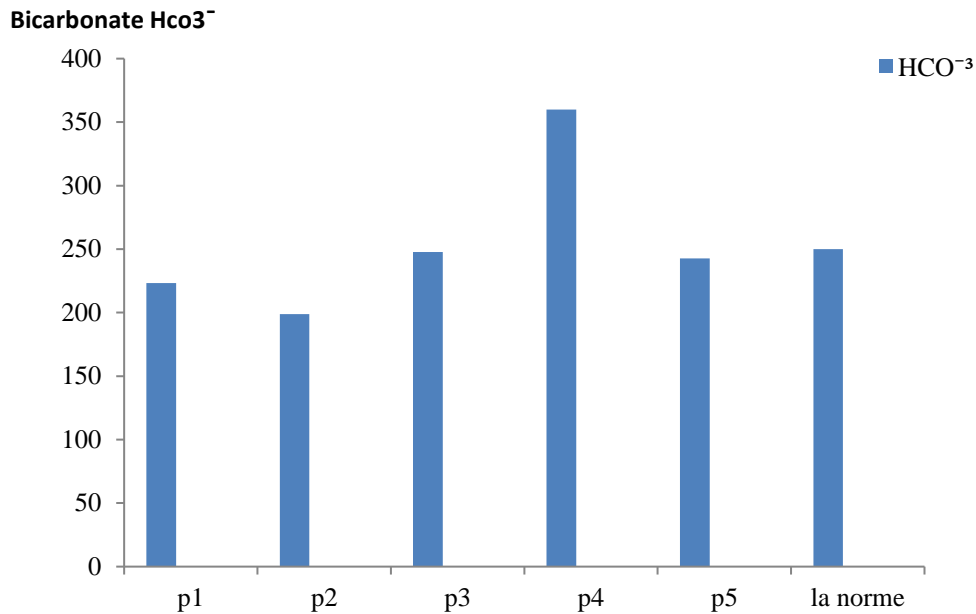


Figure 38 : la teneur en bicarbonates HCO₃⁻

Les bicarbonates sont généralement le résultat de l'équilibre physico- chimique entre trois phases: une phase solide (la roche), une phase liquide (l'eau) et une phase gazeuse (le gaz carbonique CO₂). Les valeurs des bicarbonates dans les eaux analysées varient entre 198.86 et 359.9 mg/l. (figure) nous avons enregistré une concentration importante de la teneur en bicarbonate au point (p4=359.9mg/l), est peut être expliquée par les eaux rejetée dans la Sebkhass est très polluée par les bicarbonates, aussi l'infiltration des produits des engrais des terres agricoles avoisinantes des zones de recharge.

3. Détermination des faciès chimiques

3.2. Diagramme de Piper

Le diagramme de Piper est l'outil le plus utilisé pour la classification des eaux selon leurs faciès chimiques. La figure présente la distribution chimique des 5 puits sur la représentation graphique du Piper. La majorité des cations sont « calcium », deux points d'eau (p1 et p2) se trouvent dans la catégorie « pas de cation dominants » et deux Pour les anions, tous les points se distribuent dans les pôles « chlorurés ». La projection des cations et anions sur le diagramme montre un faciès chimique dominant de type « chloruré et sulfaté calcique et magnésien ».

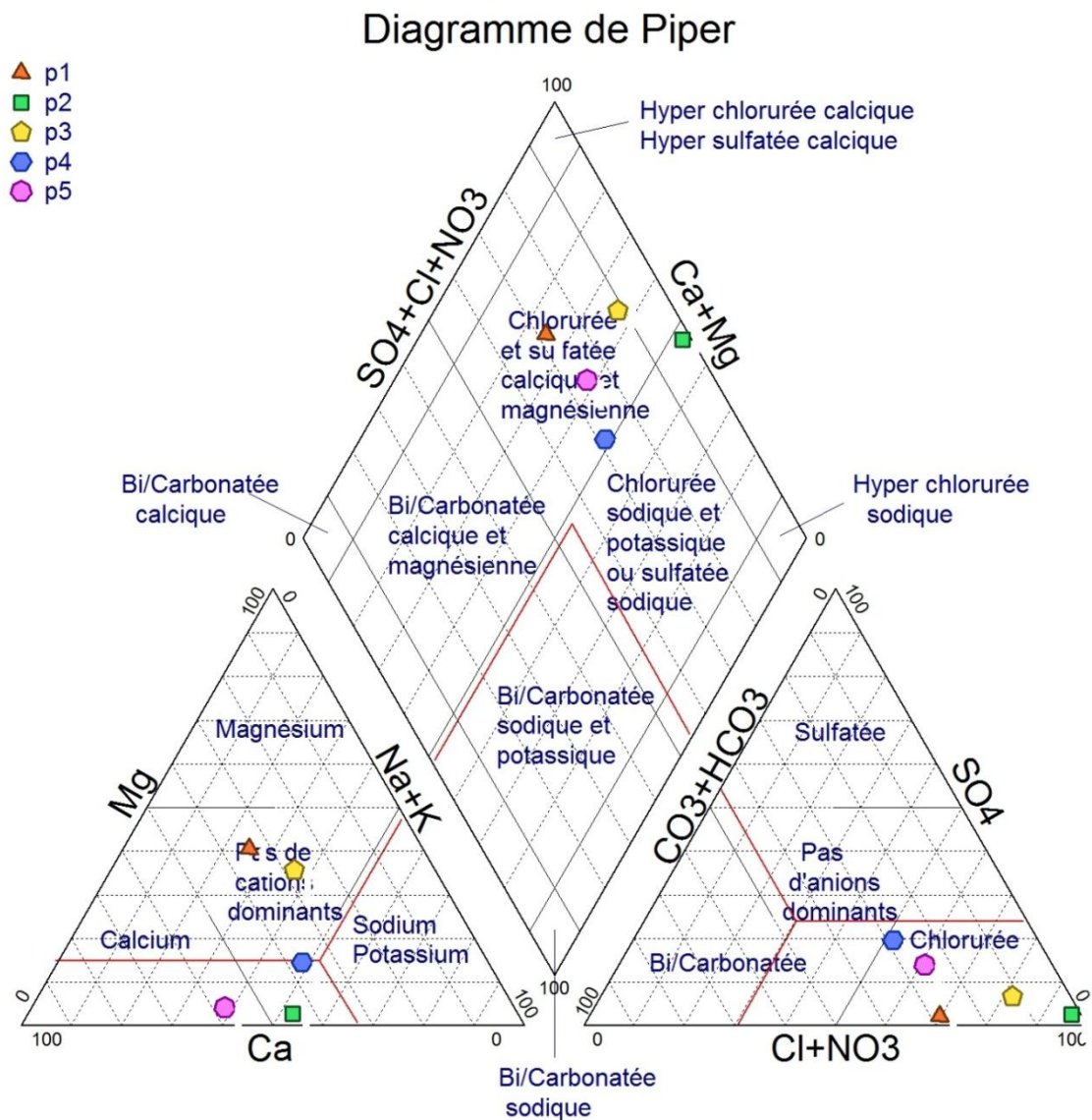


Figure 39 : Détermination des faciès chimiques des eaux selon le diagramme de Piper

3.3. Diagramme de Scholler-Berkaloff

On a même procédé à représenter les résultats sur le diagramme de Scholler-Berkaloff) pour connaître la dominance des éléments majeurs.

la dominance des cations majeurs dans les eaux souterraines est $Na^+ > Ca^{2+} > Mg^{2+}$ et

$Cl^- > HCO_3^- > SO_4^{2-}$ pour les anions majeurs ; une dominance du faciès chloruré sodique

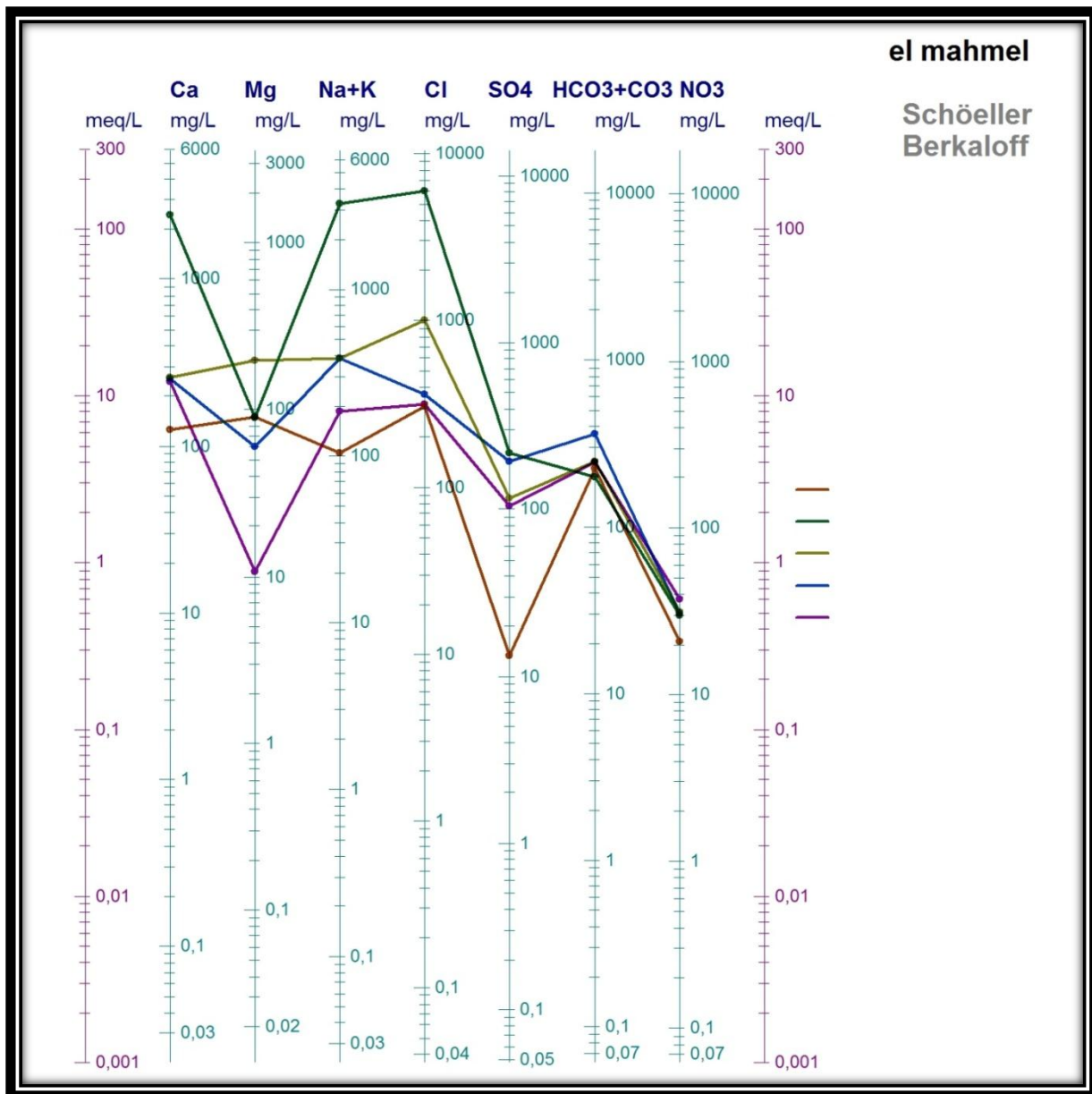


Figure 40 : Diagramme de shoeller berkaloff

3.3. Indicedesaturation

D'après la distribution des IS sur la représentation graphique (figure), les minéraux composant les eaux se présentent selon trois états :

- **Sous-saturés** : les minéraux en état de sous saturation ($IS < 0$) totale pour tous les puits sont, l'anhydrite et le gypse. Pour les autres minéraux qui sont sous saturés, la dolomite est vérifiée au niveau de trois points d'eau (p2, p4, p5), la calcite dans les puits (p4, p5) et l'aragonite dans (p3, p4, p5). Ces minéraux

sont à l'état dissous. La dissolution remarquable de ces minéraux est peut-être le principal mécanisme responsable de la composition de ces eaux

- **Saturés** : les minéraux en état saturés (IS=0) sont considérés en équilibre chimique dans les eaux. Dans les résultats l'aragonite et saturés dans le puit n°1.
- **Sursaturés** : les minéraux sursaturés ont tendance à se précipiter. Dans ces analyses, il est montré que la calcite (p1,p2,p3) et l'aragonite(p1) sont en état sursaturé (IS>0).

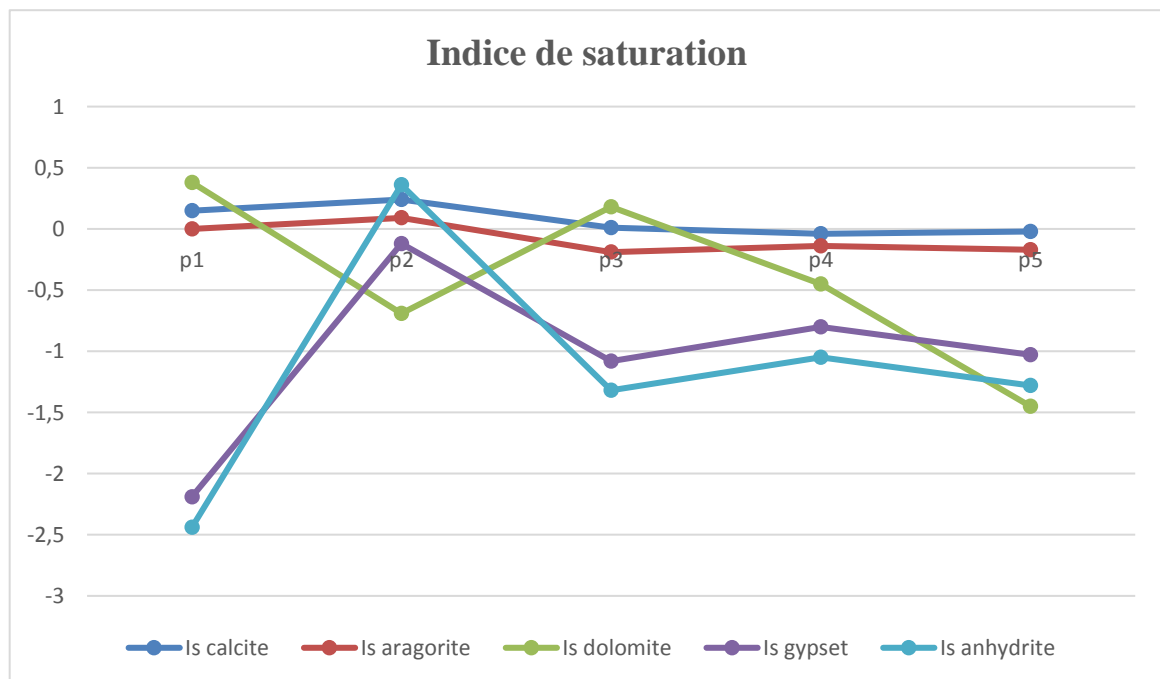


Figure 41 : Indice de saturation

4. Paramètres bactériologiques

L'analyse bactériologique permet de mettre en évidence la pollution fécale de l'eau. Les microorganismes pathogènes sont très nombreux et très variés et ne peuvent donc pas faire l'objet d'une recherche spécifique. De plus leur identification est très difficile voire impossible dans le cas des virus, car leur durée de vie peut être très courte. Pour ces différentes raisons, il est préférable de rechercher les germes qui sont généralement présents en grand nombre dans la matière fécale de l'homme et des animaux à sang chaud. Ces derniers se maintiennent facilement dans le milieu extérieur.

Tableau 18 : Les résultats des analyses bactériologiques des eaux souterrain étudiées

Paramètres Bactériologique	Coliformes totaux n/100ml	Escherichia coli n/100ml	Streptocoques fécaux n/ 100ml
La norme	10	00	00
P1	Absence	Absence	Absence
P2	7	7	Absence
P3	7	7	Absence
P4	Absence	Absence	Absence
P5	Absence	Absence	Absence
Sebkha	1100	28	07

Dans notre étude nous avons recherché des germes les plus présentes . Il s’agit des Coliformes totaux, les Coliformes fécaux (E. coli), les Streptocoques fécaux.

4.2. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et coliformes fécaux.**4.2.1. Résultats des coliformes totaux**

La présence de coliformes totaux dans l'eau d'un puits n'indique généralement pas une contamination d'origine fécale ni un risque sanitaire mais plutôt une dégradation de la qualité bactérienne de l'eau. Cette dégradation peut être attribuée entre autre à une infiltration d'eau de surface dans le puits. La plupart des espèces peuvent se trouver naturellement dans le sol et la végétation.

D'après les résultats présentés dans le Tableau n° on remarque que la charge bactérienne en coliformes totaux varie entre 0 à 1100 UFC/100ml. Les résultats montrent que les échantillons (N° 1,4 et 5) représentent une absence totale de coliformes totaux, l'échantillon (N° 2.3) ne dépasse pas les normes algériennes et celles de l'OMS (1994), qui recommandent des taux en CT inférieurs à 10 UFC/100ml .

4.2.2. Coliformes fécaux

La présence de coliformes fécaux (*Escherichia coli*) et des entérocoques dans l'eau d'un puits met en évidence une pollution d'origine fécale, humaine ou animale, et la présence possible de pathogènes entériques. Toute eau contenant ces bactéries ne doit pas être consommée.

Les résultats de la recherche des coliformes fécaux étaient négatifs pour p1.p4..p5 des échantillons, excepté dans p2.p3.p6 sebka où nous avons enregistré la présence de p2=7.p3=7 et sebka p6=28 CF par 100ml d'eau, ça dépasse la norme fixée à 00 UFC/100ml. et avec la confirmation de la présence d'*E. coli* (apparition d'un anneau rouge, après l'ajout du réactif du Kovacs). Énonce que la présence des Coliformes thermo tolérants, notamment *E. coli*, apporte la preuve incontestable d'une pollution fécale récente.

4.2.3. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux

D'après l'OMS, les streptocoques fécaux sont en grande partie d'origine humaine. Certaines bactéries de ce groupe proviennent également de fèces animales, ou se rencontrent même sur les végétaux. Ils sont néanmoins considérés comme indicateurs d'une pollution fécale, et leur principal intérêt réside dans le fait qu'ils soient résistants. Le nombre de streptocoques fécaux est directement lié à la quantité de matière fécale se trouvant dans l'eau.

Des résultats négatifs pour les cinq échantillons des puits ont été enregistrés pour la recherche des streptocoques fécaux. Ces résultats sont logiques vu la faible charge bactérienne des

échantillons en germes totaux, et reflètent une qualité bactériologique très acceptable pour la majorité des échantillons. Sauf un seul échantillon (p6=07 sebkha) non conforme aux normes.

CONCLUSION GÉNÉRALE

À travers la confection de notre travail, nous soulignons les principaux résultats obtenus qui se résument comme suit :

- Les faciès chimiques dominants sont de types chloruré et sulfaté calcique et magnésienne ; Les minéraux sont diversement sous saturés, saturés ou sursaturés ; La concentration des ions ainsi que le pH sont aux normes établies pour les eaux d'irrigation entre autre la qualité des eaux des forages qui avoisinent la Sebka n'est pas bonne et ne respecte pas les normes de potabilité.
- L'étude bactériologique réalisée à portée principalement sur le dénombrement des bactéries indicatrices de contamination fécale à savoir les coliformes totaux, les coliformes fécaux, les streptocoques fécaux et les germes non spécifiques de contamination fécale qui sont les germes totaux. Et avec la recherche de bactéries pathogènes permet d'évaluer un degré de contamination sérieux surtout au niveau des sebka et puit2 et puit3. Les résultats ont révélés la présence des germes de contamination fécale, (*E. coli*). Aussi nous avons dénombré un taux important des bactéries pathogènes, l'eau est juger non potable et constitue un risque grave pour les consommateurs.

Enfin, nous pouvons conclure que les eaux souterraines de la zone de Sebka sont très polluées. Cette pollution fragilise cet écosystème et y dégrade progressivement malgré son statut de zone humide unique de la région.

RÉFÉRENCES

(A)

ADE, 2011. Norme de qualité d'une eau de boisson .

Atehyd.Y,2012 Rapport Phase 01 El Mahmel, 15p.

ARAB.L ,OUDAFAL .N .2015 ,Evaluation de la qualité Physico-chimique etbactériologique des eaux brutes et traitées du barrage de TAKSEBT de la ville de TIZIOUZOU, Mémoire de fin d'étude ,p 04-22.

AYAD .W ,2017 . Evaluation de la qualité physico-chimique et Bactériologique des eauxsouterraines : cas des Puits de la région .Thèse .Ing . Microbiologie Appliquée. Univ. BADIJIMOKHTAR – ANNABA. P09.

ADDA.M, 2013 Caractérisations Hydrochimique et pollution des eaux souterraines en contexte urbaine cas de l'agglomération Oranaise (Algérien).Thèse de Magistère. université d'Oran, 138p.

AbboudChahraZad ,Belaa Fatma Zohra,2015mimoire fin d'étude, Synthèse hydrochimique des eaux souterraines de la commune d'EL MAHMEL (w de kenchela).p09-p12

(B)

Benamor, N et Arroudj, S,2014. Approche hydrogéochimique à l'étude de a salinité des eaux superficielles et souterraine de la nappe d'EL-Mahmel (sud de kenchela) master génie de l'environnement, université de Abbés laghrourkenchela, **2014.**

Boutelli, M. H.,2012. Salinité des eaux et des sols au niveau de la sebkha de Bamendil, Caractérisation et conséquences sur l'environnement. Mémoire Magister, Institut Hydraulique, université Ouargla Juin 2012. Pp 13 à 16.

BOUMAAZA NADHIRA.,2020 Mémoire fin de étude Ecologie de l'avifaune aquatique dans la zone humide SABKHE EL MAHMEL p22

RÉFÉRENCES

BOUBECHIR F. et NASSAH H., 2014 : Caractérisation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de bassin versant du barrage de Taksebt, université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

BabouLylia ,M'zyene Nacera 2018 Mémoire fin d'étude Suivi des paramètres physico-chimiques et biologiques des eaux brutes et traitées de la STEP Est de Tizi-Ouzou p55

(C)

COX. CHARLES .R ,1967. Techniques et contrôle du traitement des eaux. O.M.S Genève.

(D)

D.P.A.T., 2011. Documentation et données statistiques. Service d'aménagement. Direction de la planification et l'aménagement du territoire de la Wilaya de Khenchela.

(G)

GheribiDalal, Khebbaz Zineb,2021.Mémoire fin d'étude, Etude de la qualité physicochimique et microbiologique des eaux des citernes de distribution, des eaux potable ville de Khenchela.

(H)

Hadef djihad, hasni Malika 2017 Mémoire fin d'étude Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de l'Oued de Boutane région de Khemis-Miliana W.AinDefla, p41

(k)

Khabthan, A. Rapport final, Etude pour l'aménagement et le classement de la zone humide « Sebket El Mahmel » wilaya de Khenchela, Pp 84

Khabthane .A,2010 Inventaire de l'avifaune de la zone humide de sebkha dans la région semiaride de Khenchela, Séminaire. Université KasdiMerbah Ouargla.10p

RÉFÉRENCES

(L)

Laboratoire départemental d'analyses paramètres physico-chimiques p01

(M)

MOUAZ Nasreddine, BENTCHICH Khedidja 2017 Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de l'Oued de Boutane région de Khemis-Miliana W. AinDefla , p07-11

(R)

Rodier, J., BAZIN C., CHAMBON P., BROUTIN J.-P., CHAMPSAUD H., RODI L., 1996. Analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, 9ème édition. Edition DUNOD, Paris. 1579p.

(S)

SEDRATI Abdenour, 2013. mémoire fin d'étude , Etude de la salinité et Détermination de la contamination de la nappe de la Sebka d'El Mahmel. , Institut des sciences de la nature et de la vie, université de Khenchela.

SEDRATI Abdenour, 2018. THESE DOCTORAT L.M.D. Contribution à l'étude hydrogéochimique et isotopique des eaux de la nappe du complexe terminal - zone sud Khenchela – Algérie.

Références webo-graphiques

- Source 1 : <http://www.zones-humides.org/entre-terre-et-eau/une-zone-humide-c-est-quoi>
- Source 2 : https://www.coordinationseenne.be/downloads/CoS-fichesFR-2020/CoS-fiche6_prof_PRINT.pdf
- Source 3 : <https://fr.oceancampus.eu/cours/7Mc/la-pollution-de-leau>
- Source 4 : [Surfrider Foundation Europe, Ocean Report - Qualité de l'eau et santé, 2011](#)

RÉFÉRENCES

- Source 5 : [Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer. Prévention des risques : Directive Cadre sur l'Eau. Janvier 2010](#)
- Source 6 : http://www.lesagencesdeleau.fr/espace-pedagogique-2/espace_pedagogiq

RÉSUMÉS

Abstract

This study is part of research on groundwater pollution by anthropogenic discharges and on the other hand by the migration of the salty bevel from the Sebkha in response to intensive pumping. The physical-chemical characterization of the waters by field and laboratory measurements makes it possible to define the degree of saline contamination of the waters as well as its spatial extent. 05 groundwater samples and 01 sebkha sample were taken to analyse the water quality variables, chemical analysis tools, types of diagrams were used to assess the water quality for the purposes of irrigation, The results obtained show that the high mineralization of groundwater is essentially linked to the geological nature of the surrounding land. The different physical-chemical parameters is not acceptable for most samples. On the other hand the bacteriological study showed contamination by total coliforms :

(07 germs / 100ml) and (10 germs / 100ml) and (1100 germs / 100ml) also Escherichia coli (7 germs / 100ml) and (7 germs / 100ml) and (28 germs/100ml) Finally, we can conclude that the groundwater in the Sebkha area is very polluted. This pollution weakens this ecosystem and gradually degrades it despite its status as a unique wetland in the region.

Keywords: pollution, groundwater, Sebkha, El Mahmel.

ملخص

هذا الدراسة هي جزء من بحث حول تلوث المياه الجوفية عن طريق التصريفات البشرية في مناخية أخرى عن طريق قهجرة الشطبة المالحة من السبخة استجابة للضخ المكثف. إن التوصيف الفيزيائي والكيميائي للمياه عن طريق القياسات الميدانية والمختبرية يجعلنا نحدد درجة تلوث المياه المالحة وكذلك المدد بالمكانية. أما أخذ 05 عينة من المياه الجوفية و 01 عينة من السبخة لتحليل متغير اتجودة المياه، وأدوات التحليل الكيميائي، وأنواع العالر سوما البيانية التي استخدمت لتقييم جودة المياه لأغراض الري، وأظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن نسبة التمعدن العالية للمياه الجوفية مرتبطة بشكل أساسي بالطبيعة الجيولوجية للأرض المحيطة. المعلومات الفيزيائية والكيميائية المختلفة غير مقبولة لمعظم العينات. مناخية أخرى أظهرت أضرار البكتريولوجية لتلوث الكوليفورمالكلي (07 جرثومة / 100 مل) و (10 جرثومة / 100 مل) و (1100 جرثومة / 100 مل) و أيضاً الإشريكية القولونية (7 جرثومة / 100 مل) و (7 جرثومة / 100 مل) و (28 جرثومة / 100 مل). أخيراً، يمكننا أن نستنتج أن تلوث المياه الجوفية في منطقة السبخة ملوث جداً. هذا التلوث يضعف هذا النظام البيئي ويؤدي بالتدريج إلى تدهور هتدر يجرى على الرغم من وضعها كمنطقة فريدة في المنطقة.

الكلمات المفتاحية: تلوث، مياه جوفية، سبخة، المحمل

Bekhouche khouloud, Baaloudj kenza

Spécialité: Ecologie fondamentale et appliquée

Impact des eaux usées déversées dans la Sebkha sur la qualité des eaux souterraines du bassin

El-mahmel Khenchela

Résumé

Cette étude s'inscrit dans le cadre d'une recherche sur la pollution des eaux souterraines par des rejets anthropiques et d'autre part par la migration du biseau salé depuis la Sebkha en réponse à des pompages intensifs. La caractérisation physico-chimiques et bactériologique des eaux par des mesures de terrain et des analyses au laboratoire permet de définir le degré de contamination des eaux ainsi que son étendu spatiale. Les résultats de, 05 échantillons d'eau souterraines et 01 échantillon eau de la sebkha ont été interprété géographiquement et statistiquement à l'aide de certains logiciel pour pourvoir sortir les informations nécessaires vis-à-vis la qualité chimique et bactériologique de cette nappe, Les résultats obtenus montrent que la minéralisation élevée des eaux souterraines est essentiellement liée à la nature géologique des terrains encaissants. Les différents paramètres physico-chimiques dépassent les normes la plupart des échantillons. D'autre part l'étude bactériologique a montré une contamination par les coliformes totaux (07 germes/100ml) et (10 germes / 100ml) et (1100 germes/100ml) aussi Escherichia coli (7 germes /100ml) et (7 germes/100ml) et (28 germes/100ml) Enfin, nous pouvons conclure que les eaux souterraines de la zone de Sebkha sont de mauvaise qualité. Cette pollution fragilise cet écosystème et y dégrade progressivement, des mesures sévères doivent être établies pour limiter l'action anthropique sur ces eaux.

Mots clés : pollution, eau souterraine, anthropique, Sebkha, El Mahmel

DEVANT LE JURY :

Président : Ouanesmiyada

MCB

Université de khenchela

Examineur : Badis Zakaria

MAA

Université de khenchela

Encadreur : Sedrati Abdenour

MCB

Université de khenchela