



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

Université ABBES LAGHROUR -KHENCHELA

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département : Écologie et Environnement

MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du diplôme de MASTER

Filière: Écologie et Environnement

Option: Ecologie fondamentale et appliquée

Thème

Etude De La Salinité Et Détermination De La Contamination de
La Nappe De La Sebkha
D'El Mahmel

Présenté et soutenu par :

➤ **BENABBES Radja**

Jury d'évaluation :

Président : Mme OUANES. M MAA Université Abbes Laghrou

Examineur : Mr BADIS .Z MAA Université Abbes Laghrou

Encadreur : Mr SEDRATI .A MCB Université Abbes Laghrou

Promotion : 2018-2019

REMERCIEMENTS

En tout premier lieu, je remercie le bon Dieu, tout puissant, de m'avoir donné la force pour survivre, ainsi que le courage pour dépasser toutes les difficultés et d'achever ce modeste travail.

Ce mémoire n'aurait pu avoir le jour sans le soutien et la participation laborieuse de plusieurs personnes, dont j'exprime toute ma reconnaissance à tous ceux et celles qui ont contribué du près ou de loin.

Mes vifs remerciements vont vers :

A mon encadreur Mr Sedrati Abdenour, pour avoir accepté de diriger ce travail, pour votre patience, votre disponibilité et surtout vos judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter ma réflexion, Veuillez trouver ici mon profond respect et ma reconnaissance.

A Mme Ouannes, Présidente du jury, Pour m'avoir fait l'honneur d'accepter de présider ce jury, Veuillez trouver ici mes plus profonds remerciements.

A Mr Badis, examinateur du jury, qui a accepté d'examiner ce travail, Trouve ici mes plus profonds remerciements.

Je désire aussi remercier tous les professeurs qui m'ont donné cours durant ces cinq années et qui m'ont fourni les outils nécessaires à la réussite de mes études universitaires.

A mes parents, que je remercie de m'avoir soutenue tout au long de mon cursus, A mon frère, mes sœurs, qui me soutiennent quelques soient mes choix,

A ma famille, Je vous dédie ce travail signe de mon affection.

A mes collègues, A toute l'équipe de biologie et tous ceux que j'oublie..., Que j'ai pu rencontrer au cours de mes cinq années d'études.

A mes amis, Connus tout au long de ma scolarité, que ce soit au lycée, ou à la fac, Je vous remercie pour votre présence et votre soutien, Et pour tous ces bons moments passés ensemble et les futurs à venir! Je remercie les quelques proches qui, grâce à un petit sms, un mail ou une parole m'ont apporté soutien et force.

A mon relecteur, Qui se reconnaîtra,

Un grand merci pour ton soutien et tes encouragements durant la fin de ce travail.

« Le monde devrait remercier cette étonnante cohorte de gens qui font toujours preuve d'une insolente et illogique gentillesse ». (Hélène Thomas)

Dédicace

*Au nom du dieu le clément et le miséricordieux louange à ALLAH le
tout puissant.*

*Je dédie ce modeste travail en signe de respect, reconnaissance et de
remerciement*

A mes chers parents,

A mon cher frère

A mes chères sœurs

A la mémoire de mes grands parents

A toutes mes chères amies

A toute ma famille, qui porte le nom BENABBES

*A tout ceux qui ont participé à l'élaboration de ce modeste travail et
tous ceux qui nous sont chers.*

Radja

Table des matières

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des cartes

Liste des photos

Introduction Générale..... 1

Chapitre I : Encrage bibliographique

I.1. Définition des Sebkhas.....	4
I.2. Classification des Sebkhas.....	5
I.2.1. Classification selon le bilan hydraulique.....	5
I.2.1.1. Les lacs éphémères de type (A).....	5
I.2.1.2. Les lacs éternels, de longue durée, de type (B).....	5
I.2.1.3. Les lacs éternels à très grande durée, de type (C).....	5
I.2.2. Classification selon le milieu de formation	6
I.2.2.1. Sebkha fluvio-lacustre.....	6
I.2.2.2. Sebkhas inter-dunaires.....	7
I.2.2.3. Sebkha marine ou côtière.....	8
I.3. Définition de la pollution de l'eau.....	9
I.4. Différents types de pollution de l'eau.....	11
I.4.1. Pollution physique	11
I.4.2. Pollution chimique.....	12
I.4.3. Pollution biologique.....	12
I.4.4. Pollution bactérienne	12
I.5 Les principales sources de la pollution de l'eau.....	12
I.5.1. La pollution d'origine domestique et urbaine.....	12
I.5.2. La pollution d'origine agricole.....	13
I.5.3. La pollution d'origine industrielle.....	13
I.6. Les caractéristiques de pollution des eaux.....	13

I .6.1. Les paramètres organoleptiques.....	14
I .6 .1.1. La turbidité.....	14
I .6.1.2. La couleur.....	14
I .6.2. Les paramètres physicochimiques.....	14
I .6.2.1. La température.....	14
I .6.2.2. Le pH.....	14
I .6.3. Les paramètres de pollution organique.....	14
I .6.3.1. Les matières en suspension (MES)	14
I .6.3.2. Demande chimique en oxygène (DCO)	14
I 6.3.3. Demande biochimique en oxygène (DBO).....	15
I .6.4. Paramètre de pollution azotée	15
I .6.4.1. L'azote ammoniacal NH ₄	15
I .6.4.2. Les nitrites (NO ₂ -)	15
I .6.4.3. Les nitrates (NO ₃ -).....	16
I .6.5. Les paramètres de pollution phosphorée	16
I .6.5.1. Le Phosphore PO ₄	16
I .7. Impact de la pollution des eaux usée sur l'environnement.....	16
I .7.1. Effet des rejets sur le milieu récepteur	16
I .7.1.1. Le rejet dans le sol.....	16
I .7.1.2. Les rejets dans les eaux douces superficielles.....	16
I .8. La pollution des eaux en Algérie.....	16
I .9. Généralités sur les zones humides.....	19
I .9.1. Notion de zone humide.....	19
I .9.2. Définition des zones humides	19
I .9.3. La convention Ramsar.....	20
I .9.4. Critères d'identification des zones humides d'importance internationale (convention ramsar)	21
I .9.5. Fonction des zones humides.....	22

Chapitre II: Présentation de la zone d'étude

II .1.Situation générale (Géographie et Démographie).....	25
II .1.1.Sur le plan géographique.....	25

II .1.2.Sur le plan administratif.....	26
II .1.3.Sur le plan démographique.....	28
II .2. Situation géologique.....	28
II .2.1. Les unités morphologiques.....	28
II .2.2. Les plaines.....	29
II .2.3. Les montagnes.....	29
II .2.4. Les pentes.....	30
II .2.5. Les sols salins	32
II .3.Situation Hydrologique.....	32
II .3.1. Fonctionnement des sebkhas	32
II .3.2. Les potentialités hydrologiques.....	33
II .3.3. Les ressources en eau.....	34
II .4. Situation agricole.....	35
II .4.1. Répartition des terres de la commune.....	35
II .4.2. Répartition des exploitations agricoles et emploi généré.....	35
II .4.3. La production végétale.....	36
II .4.4. L'élevage.....	37
II 5. Cadre hydro-climatique de la zone d'étude.....	38
II .5.1. La pluviométrie.....	39
II .5.2. Les données climatiques.....	40
II .5.2.1. Les précipitations.....	40
II .5.2.2. Les températures.....	41
II .5.2.3. Diagramme ombrothermique.....	42
II .5.2.4. L'humidité.....	43
II .5.2.5. L'évaporation	44
II .5.2.6. Le vent.....	45
II 6. Cadre socio-économique.....	46
II .6.1. Les activités économiques qui existent dans la région et son impact sur l'environnement	46
II .7. Les études ultérieures de la Sebkha d'El-Mahmel (2013 – 2018).....	47
II .7.1. Résultats (2013-2014)	47
II .7.2. Résultats (2014-2015)	48
II .7.3. Résultats (2015-2016)	48

II .7.4. Résultats (2016-2017)	48
II .7.5. Résultats (2017-2018)	49
Conclusion.....	49

Chapitre III : Matériel et Méthodes

III .1. Introduction	51
III .2. Méthodologie	51
III .2.1. Missions de terrains.....	51
III .2.2. Analyses chimiques au laboratoire (Dosage des ions majeurs).....	55
III .2.3. La représentation simplifiée de caractéristique chimique des eaux.....	64

Chapitre IV : Résultats et Discussion

IV .1. Caractéristiques physico-chimiques des eaux.....	68
IV .2. Etude des paramètres chimiques.....	73
IV .2.1. Les cations.....	74
IV .2.2. Les anions.....	79
IV .3. La représentation simplifiée de caractéristique chimique des eaux.....	85
IV .3.1. Diagramme de piper.....	85
IV .3.2. Diagramme de Schoëller et Berkloff.....	86
Conclusion générale	89

Références bibliographiques

Résumé

La liste des figures

La figure	le titre	la page
Figure 01:	Classification des Sebkhass selon le bilan hydrologique.....	6
Figure 02:	Profil transversal dans le littoral d'Abou Dhabi.....	8
Figure 03:	Séquence évaporitique dans la Sebkhass marine d'Abou Dhabi.....	9
Figure 04:	principaux unités morphologique de la region d'El Mahmel.....	29
Figure 05:	Profil topographique (N-S) à travers la commune d'El Mahmel.....	30
Figure 06:	Carte des pentes de la commune d'El Mahmel.....	31
Figure 08:	L'élevage dans la zone d'Sebkhass.....	38
Figure 09:	Précipitation moyenne mensuelle de Khenchela (1998-2018).....	40
Figure 10:	Précipitation moyenne annuelle de Khenchela (1998-2018).....	41
Figure 11:	Courbe de variation des températures mensuelles moyennes (1998-2018)..	41
Figure 12:	Température moyenne annuelle de khenchela (1998-2018).....	42
Figure 13:	Diagramme ombrothermique de Gausson (Station d'El Hamma 1998-2018)	43
Figure 14:	Diagramme des moyennes mensuelles d'humidité de la période (1998-2018).....	44
Figure 15:	Diagramme des moyennes mensuelles de l'évaporation de la période (1998-2018).....	45
Figure 16:	Diagramme des moyennes des vitesses des vents de la période (1998-2018).....	45
Figure 17:	filtration des échantillons.....	56
Figure 18:	Le spectrophotomètre UV-Visible.....	57
Figure 19:	les étalons mesurés par le spectromètre ont flamme.....	61
Figure 20:	La spectrophotométrie à Flamme.....	61
Figure 21:	Le dosage titrimétrique.....	62
Figure 22:	Diagramme de Piper.....	65
Figure 23:	Diagramme de Schoëller et Berkloff.....	66
Figure 24:	Histogrammes de variation de température des eaux de Sebkhass (Avril, 2019).....	68
Figure 25:	Histogramme de variation de PH des eaux de Sebkhass (Avril, 2019).....	70
Figure 26:	Histogramme de variation de la turbidité des eaux de Sebkhass (Avril,	

2019).....	71
Figure 27: Histogramme de variation de la conductivité électrique des eaux de Sebka (Avril 2019).....	72
Figure 28: Histogramme de variation de salinité des eaux de Sebka (Avril, 2019)....	73
Figure 29: la teneur en calcium Ca^{2+}	75
Figure 30: la teneur en Magnésium Mg^{2+}	76
Figure 31: la teneur en potassium K^{+}	77
Figure 32: la teneur en sodium Na^{+}	78
Figure 33: la teneur en Ammonium NH_4^{+}	79
Figure 34: la teneur en chlorures Cl^{-}	80
Figure 35: la teneur en bicarbonates HCO_3^{-}	81
Figure 36: la teneur en sulfate SO_4^{2-}	82
Figure 37: la teneur en nitrates NO_3^{-}	83
Figure 38: la teneur en nitrites NO_2^{-}	84
Figure 39: Représentation sur diagramme de Piper des compositions en éléments majeurs des eaux de la zone d'étude.....	85
Figure 40: Représentation sur diagramme de Schoëller Berkalov des compositions en éléments majeurs des eaux de la zone d'étude.....	86

La liste des cartes

La carte	Le titre	page
Carte 2:	la situation géographique de chott Sbikha [Geographical location of Sbikha Chott]	26
Carte 1:	Carte de situation géographique et administrative de la zone d'étude.....	27
Carte 3:	la position géographique des points.....	52

La liste des tableaux

Le tableau	le titre	la page
Tableau 01:	Normes DBO5 pour la classification des eaux.....	15
Tableau 02:	La répartition de la population résidente au RGPH DE 2018 d'El Mahmel....	28
Tableau 03:	Evolution de la population au cours des quatre derniers recensements.....	28
Tableau 04:	Répartition générale des terres en (ha) dans la commune d'El Mahmel	35
Tableau 05:	Répartition des exploitations agricoles dans le secteur d'étude Sebka	36
Tableau 06:	la production végétale dans la commune d'El Mahmel.....	36
Tableau 07:	Effectifs des animaux gros bétails dans la commune d'El Mahmel	37
Tableau 08:	Produits d'élevage dans la commune d'El Mahmel	37
Tableau 09:	Production de viande et abatage dans la commune d'El Mahmel.....	37
Tableau 10:	Les produits d'animaux de dans la commune d'El Mahmel.....	38
Tableau 11:	les coordonnées des points de prélèvements.....	52
Tableau 12:	Valeurs de la température mesurée	68
Tableau 13:	Valeurs de Ph mesurée	69
Tableau 14:	Valeurs de la turbidité mesurée en NTU	70
Tableau 15:	Valeurs de conductivité mesurée en $\mu\text{S}/\text{cm}$	71
Tableau 16:	Valeurs de la salinité mesurée	72
Tableau 17:	Résultats des analyses chimiques en élément majeurs (mg/l)	74

La liste des photos

La photo	le titre	la page
Photo 01:	Sebkha fluvio-lacustre. Région de Ghinayin.....	7
Photo 02:	Sebkha inter-dunaire dans le champ de dune de Liwa (UAE)	7
Photo 03:	Formation d'évaporites. Ici, un mélange de sel et de gypse Région de Liwa (UAE).....	8
Photo 04:	Photo de pollution de Sebkhet El Mahmel.....	11



INTRODUCTION GENERAL



Introduction Générale

Malgré une opinion forte répandue, les pollutions ne constituent en aucun cas un problème récent ou un phénomène épisodique. Leurs origines remontent aux époques protohistoriques lorsque se constituèrent les premières cités souillées par les ruisseaux d'écoulement des eaux usées domestiques et par l'entassement dans les rues des ordures ménagères et autres résidus. Depuis ces temps reculés, la pollution urbaine a toujours sévi de façon chronique.

Pendant des millénaires, les causes de pollution furent peu nombreuses et d'importance limitée, résultant surtout de la contamination localisée des eaux superficielles et des nappes phréatiques par des bactéries pathogènes et des substances fermentescibles introduites dans les réseaux hydrologiques par les déchets domestiques, problème toujours aigu dans les pays en développement où ces pollutions restent une cause de morbidité grave : salmonelloses, hépatites virales ou choléra en sont des exemples.

Au cours du XIX^e siècle, la mutation industrielle a exacerbé les besoins énergétiques, faisant d'abord appel pour les couvrir au charbon puis au pétrole, de sorte que les combustibles fossiles devinrent la source d'innombrables pollutions de l'air, de l'eau et des sols, depuis le stade de leur extraction jusqu'à celui de leur utilisation.

Avec le développement de la civilisation technologique contemporaine se sont ajoutées aux anciennes causes de contamination de l'environnement par les résidus des activités humaines des causes nouvelles liées, par exemple, à la spectaculaire croissance de la chimie organique de synthèse et, depuis les années 1960, à celle de l'énergie nucléaire.

L'objectif du présent travail est d'étudier la caractérisation des paramètres physicochimiques des eaux, 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).

Ce mémoire est constitué de quatre chapitres.

Le premier chapitre de ce travail, est le fruit d'une étude bibliographique soulignant quelques notions fondamentales sur la pollution de l'eau et sur les Sebkhass.

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.



CHAPITRE I: ENCRAGE
BIBLIOGRAPHIQUE



I.1.Définition des Sebkhas

Sebkha, mot en arabe, qui désigne les plaines salines soumises à des inondations périodiques. Dans les milieux désertiques, les dépressions ne sont occupées que temporairement par de l'eau. Une forte évaporation conduit à la formation caractéristique d'une croûte d'évaporites qui tapissent le fond de ces dépressions (**Boutelli, 2012**).

Une Sebkha désigne un bassin occupant le fond d'une dépression à forte salinité et plus ou moins séparé d'un milieu marin, dans des régions arides (milieu supratidal). Néanmoins, il peut être toujours en contact avec le milieu marin par un très faible filet d'eau (bassin d'eau profonde), ou au contraire par des infiltrations (bassins d'eau peu profonde). Dans ce dernier cas, il peut se produire des débordements périodiques d'eau vers le bassin.

Dans les deux cas il va y avoir une augmentation de la salinité, une évaporation importante, l'apparition d'une saumure et la précipitation d'évaporites au fond du bassin si la profondeur est faible, ou à une extrémité si la profondeur est importante. Ils se trouvent principalement en Afrique du Nord (**Sedrati, 2013**).

Selon Stone, 1967 et Coque et al, 1972. Sebkha est assimilée à un lac salé (la mer Morte est même citée en exemple) avant d'être correctement définie comme une cuvette (plus exactement un fond plat de cuvette) à inondation temporaire, sans végétation.

D'après Schulz et al, 2002. Le mot Sebkha est issu de l'arabe, désigne au Sahara, des dépressions fermées en forme de cuvette, périodiquement inondées dans lesquelles se produit une accumulation de sel.

Selon Direy, 1960. Ce mot Sebkha est largement utilisée en Amérique du Nord, en Afrique du Nord, de l'Ouest et au Proche Orient, tandis qu'en Afrique du Sud ils sont appelés aussi Trémies.

Les Sebkhas forment des écosystèmes naturels, et sont utilisées comme indicateurs de l'évolution géochimique naturelle. Les Sebkhas constituent des dépressions peu profondes, renferment de l'eau salée pendant de longues périodes, ne s'assèchent généralement qu'aux plus fortes canicules de l'été. Certaines d'entre elles peuvent même rester humides durant toute l'année (**Boutelli, 2012**).

Une Sebkha est un mot arabe, que l'on trouve en pays désertiques ou presque est une dépression temporairement occupée par un lac, en général salé où se déposent des évaporites qui les proviennent du ruissellement, mais aussi des nappes phréatiques (**Foucault et al, 2001**).

Une autre définition selon Foucault et al, 2001. C'est une région plate ou cuvette généralement inondable, quelques fois située en dessous du niveau moyen de la mer, couverte d'une croûte saline qui interdit l'installation de la végétation.

Les Sebkhass sont appelés aussi localement des garâas (Sebkhass de climats plus humides) par l'uniformité de leurs surfaces planes, elles s'en différencient nettement par leur régime hydrologique et leur géométrie d'ensemble. Leur trait caractéristique est l'extraordinaire abondance de sels solubles : Chlorures et sulfates concentrés à la surface. Ils y interdisent toute végétation (Ben Amour et al, 2014).

I.2. Classification des Sebkhass

I.2.1. Classification selon le bilan hydrologique

D'après une étude faite par Yan, 2001. Sur les grands lacs du monde a classé les lacs salés en 3 types selon leurs bilans hydrologiques (Boutelli, 2012).

I.2.1.1. Les lacs éphémères de type (A) : ce sont les lacs saisonniers, pouvant devenir secs dans un intervalle de temps très court, cela est dû au taux d'évaporation très élevé. Il s'agit de bassins fermés et ne reçoivent pratiquement pas de la matière minérale dissoute. Le pH dans ce cas est contrôlé par la réaction des minéraux seulement, parce que les protons libérés par les réactions de ces derniers ne peuvent pas être neutralisés par le flux des bicarbonates. La basse alcalinité des eaux rend le milieu acide.

I.2.1.2. Les lacs éternels, de longue durée, de type (B) : Le volume d'eau dans ce type de lac décroît graduellement dans un grand intervalle de temps. En contre partie, la salinité du lac décroît à cause du flux d'eau qui arrive au lac, provoquant la dilution des eaux. Le pH du lac est souvent maintenu pendant longtemps à un niveau élevé.

I.2.1.3. Les lacs éternels à très grande durée, de type (C) : Leur volume d'eau reste constant pendant de très longues périodes. L'augmentation de la salinité est continue dans le temps à cause du flux de la matière dissoute, déversée dans le lac. Le pH reste élevé et dépend de la minérale dissoute.

Types de lacs fermés			
	A	B	C
Schémas			
Type du lac	Lacs éphémères (courte durée)	Lacs éternels (moyenne durée)	Large lacs éternels (très grande durée)
Bilans hydrique	$Q_{in} \ll (E_i - P_i) A_i$ Décroissance de volume V_i	$Q_{in} < (E_i - P_i) A_i$ Décroissance de volume V_i	$Q_{in} = (E_i - P_i) A_i$ Décroissance de volume V_i
Mécanisme de concentration	Evaporation	Evaporation et dissolution du flux de la matière	dissolution du flux de la matière

Q_{in} : infiltration ; E_i : Evaporation ; P_i : Précipitations ; A_i : Surface du lac

Source: Boutelli, 2012.

Figure 01: Classification des Sebkhass selon le bilan hydrologique.

I.2.2. Classification selon le milieu de formation

Les différents types de Sebkhass dépendent de leur milieu de formation. Mais toutes les Sebkhass ont un point commun; il s'agit de zone proche de la nappe phréatique. La déflation joue jusqu'à ce que soit atteint le niveau hydrostatique. Par capillarité, l'eau de la nappe subit une aspiration due à sa propre évaporation en surface. Se faisant, elle dépose successivement des sels dissous de carbonate de calcium ($CaCO_3$), de gypse ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$), d'anhydrite ($CaSO_4$) et de chlorure de sodium ($NaCl$), qui précipitent pour donner une croûte imperméable et parfois très épaisse d'évaporites.

On distingue trois types de Sebkhass, associés à des conditions de formation spécifiques :

I.2.2.1. Sebkhass fluvio-lacustre

Les eaux souterraines d'infiltration dans des bassins hydrographiques peu profonds et l'évaporation par capillarité qui en découle, expliquent la formation de telles structures, (Photo 01).



Source: Erwan, 2014.

Photo 01: Sebkhia fluvio-lacustre. Région de Ghinayin.
(Sultanat d'Oman)

I.2.2.2. Sebkhias inter-dunaires

Comme leur nom l'indique, elles correspondent aux lacunes laissées dans les champs de dunes par déflation, (Photo 02). Dans les plaines salines où elles se forment, la nappe phréatique est superficielle et permet la formation des séries évaporitiques et notamment le gypse, (Photo 03).



Source: Erwan, 2014.

Photo 02: Sebkhia inter-dunaire dans le champ de dune de Liwa (UAE).

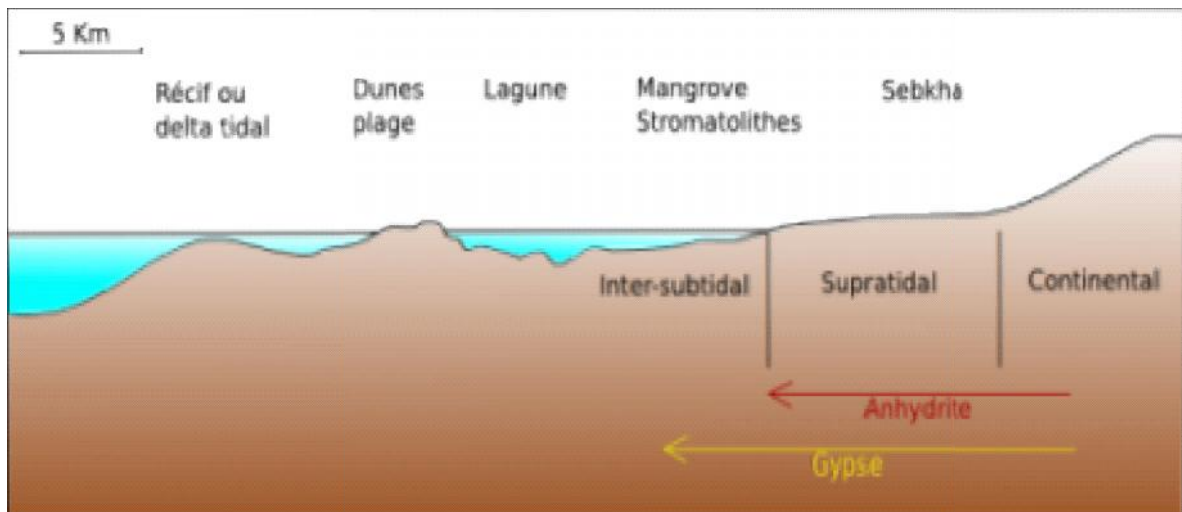


Source: Erwan, 2014.

Photo 03: Formation d'évaporites. Ici, un mélange de sel et de gypse.
Région de Liwa (UAE).

I.2.2.3. Sebkhha marine ou côtière

Situé dans la zone supratidale, c'est-à-dire au-delà de la limite de haute mer, (Figure 02). Elle est caractérisée par des inondations liées aux tempêtes ou aux grandes marées d'équinoxe. Cette influence marine est également identifiable par la présence de tapis d'algue et stromatolithes.

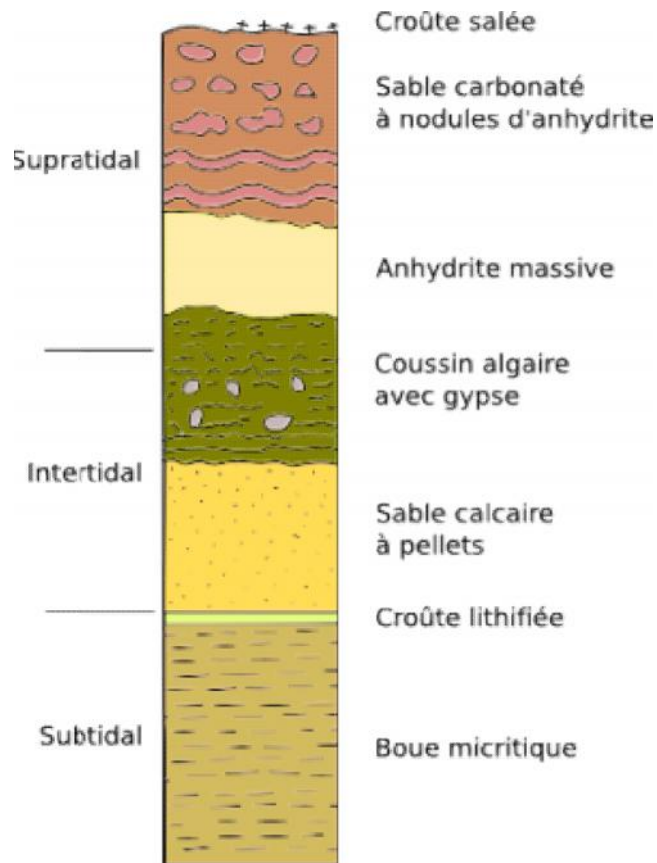


Source: Erwan, 2014.

Figure 02: Profil transversal dans le littoral d'Abou Dhabi.

La couche transversale présente une séquence caractéristique d'un coussin algaire de stromatolithe à nodules de gypse, sous une couche d'anhydrite et de sable carbonaté, le tout est parfois surmonté de sel.

Remarque: Dans une coupe faite dans la Sebka, on voit que les niveaux supra tidaux à gypse et anhydrite recouvrent les couches déposées en milieu inter- et sup-tidal: le processus tout en s'élevant provoque une pro gradation du littoral vers la mer.



Source: Erwan, 2014.

Figure 03: Séquence évaporitique dans la Sebka marine d'Abou Dhabi.

(L'épaisseur totale des terrains traversés est de 2 m environ).

I.3. Définition de la pollution de l'eau

L'eau est une substance unique, parce qu'elle peut se renouveler et se nettoyer d'elle-même naturellement, permettant à des polluants de se précipiter (par le processus de sédimentation) ou se décomposer, ou par la dilution des polluants au point où ils ne sont pas présents dans les

concentrations dangereuses. Mais, ce processus naturel prend du temps, et c'est difficile quand des quantités excessives de contaminants dangereux sont ajoutées à l'eau.

Et les humains sont en train d'utiliser plus et encore plus de matériels qui polluent les sources de l'eau de lesquels nous buvons (**Gaujous, 1995**).

La pollution de l'eau est l'introduction de n'importe quelle substance n'étant pas présente naturellement dans une rivière, un cours d'eau, un lac, ou dans l'océan qui altère les ressources naturelles de cet environnement.

Il s'agit parfois d'objets fabriqués par l'homme comme des sacs en plastique, des capsules de limonade, du fil de pêche, des balles ou mêmes des chaussures, Mais le plus souvent, la pollution de l'eau n'est pas visible. Des produits agricoles fertilisants ou des produits chimiques industriels sont des sources de pollution de l'eau difficile à voir. Nos activités quotidiennes comme la chasse des toilettes, le lavage des aliments, le nettoyage des voitures sont aussi une cause de pollution de l'eau.

La pollution de l'eau est actuellement placée en tête des problèmes de l'environnement, car l'eau est l'interface entre l'air et le sol, subit donc les dégradations de ces deux milieux (**Bouziati, 2000**).

L'eau compte tenue de ses propriétés physico-chimiques est trop souvent utilisée par l'homme comme un vecteur d'évacuation de la majorité de ses déchets, ainsi polluée, elle devienne un vecteur de pollution (**Emilian, 2004**). La pollution de l'eau est peut être observée à différents niveaux dont on cite:

- Les nappes ou les sources d'eaux par suite d'infiltration d'eaux usées (Fosses, latrines).
- Les eaux de surfaces: les fleuves; les rivières et les oueds qui sont rouilles par les déversements des eaux non traités.
- Les canalisations et les réseaux d'alimentations en eau (**Bouziati, 2000**).



Photo 04: Photo de pollution de Sebkhel El Mahmel.

La pollution de l'eau c'est le résultat de l'action de salir ou de souiller, de rendre malsain et dangereux. Le terme de pollution a été long temps synonyme de profanation. Aujourd'hui, il est un peu repris dans ce sens, car beaucoup de pollutions profanent l'espace naturel et l'environnement humain. Il existe de très nombreuses pollutions qui peuvent être classées soit selon leur origine (organiques, chimiques, radioactives, ...), soit selon le milieu qu'elles atteignent (pollution de l'eau, l'air.) (Grabsi, 2002).

I.4. Différents types de pollution de l'eau

I.4.1. Pollution physique

IL s'agit d'une pollution qui se traduit par la présence des particules de taille et de matières très variés dans l'eau; qui lui confèrent un caractère trouble. On distingue aussi les matières décantées (plus lourds que l'eau elle-même), les matières flottables (plus légères que l'eau elle-même) et les matières non séparables (de même densité que l'eau) (Bouziati, 2000).

La pollution physique désigne autre type de pollution; telle que la pollution thermique due au température élevée qui cause une diminution de la teneur en oxygène dissous ainsi qu'une

réduction de la solubilité des gaz (Boudjelal et al, 2003), et la pollution radioactive où la radioactivité des eaux naturelles est peut être d'origine naturelle ou artificielle (énergie nucléaire) (Bouziari, 2000).

I.4.2. Pollution chimique

La pollution chimique des eaux résulte de la libération de certaines substances minérales toxiques dans les cours d'eaux, par exemple: les nitrates, les phosphates, l'ammoniac et autres sels, ainsi que des ions métalliques. Ces substances exercent un effet toxique sur les matières organiques et les rendent plus dangereuses. (Boudjelal et al, 2003). Les polluants chimiques sont classés à l'heure actuelle en cinq catégories: Les substances chimiques dites indésirables, les pesticides, les produits apparentés, les détergents et les colorants et autres éléments toxiques (Bouziari, 2000).

I.4.3. Pollution biologique

Un grand nombre de micro-organismes peut proliférer dans l'eau qui sert l'habitat naturel ou comme une simple moyenne de transport pour ces microorganismes. L'importance de la pollution de l'eau dépend également des conditions d'hygiène, des populations, mais aussi des caractéristiques écologiques et épidémiologiques.

Les principaux organismes pathogènes qui se multiplient dans l'eau sont: les bactéries, les virus, les parasites et les champignons, on parle ainsi de la pollution bactérienne (Bennana, 2013).

I.4.4. Pollution bactérienne

L'eau polluée peut contenir de très nombreuses colonies de bactéries pathogènes qui transmettent plusieurs types d'affections dites des maladies à transmission hydrique (MTH). La plupart de ces pathogènes sont d'origine fécal car ils sont plus connus et faciles à rechercher et à dénombrer, et leur transmission dite oro-fécale (Bennana, 2013).

I.5. Les principales sources de la pollution de l'eau

On peut classer les différentes sources de pollution en trois grandes catégories: les pollutions domestiques et urbaines, les pollutions agricoles et les pollutions industrielles.

I.5.1. La pollution d'origine domestique et urbaine

Elle englobe les rejets (eau usées domestiques et urbaines), les eaux pluviales qui lessivent les rues et les grandes voies de communication, et les eaux utilisées pour la climatisation des

immeubles. Les rejets solides des décharges publiques en majorité non contrôlées et sauvages contribuent à la pollution de l'environnement urbain d'une manière générale et à la pollution des eaux superficielles et des nappes phréatiques.

La matière organique se décompose (la matière inorganique est parfois insoluble), percole et s'infiltré pour atteindre les nappes phréatiques. Enfin les eaux usées qu'elles soient urbaines, domestiques ou des rejets industriels, sont directement évacuées dans les Oueds sans aucun traitement préalable (**Debièche, 2002**).

I.5.2. La pollution d'origine agricole

Le secteur d'étude est une région à vocation agricole, la pollution liée à l'agriculture est causée par l'utilisation anarchique d'engrais, de pesticides qui contiennent de l'azote et du phosphore. Quand ces produits sont déversés dans les lacs lors de l'écoulement ils peuvent créer de graves problèmes à ceux-ci comme le développement d'algues.

Les pratiques agricoles sont la cause principale de pollution par dépôt de sédiment. Beaucoup de pays sont susceptibles à cette pollution due à leur grande quantité d'érosion. L'érosion cause des problèmes autant aux sources d'eaux et aux terres cultivables (**Attoucheik, 2006**).

Les alternances des cultures sur une même parcelle exposent les sols à un appauvrissement en agrégats fins et en sels minéraux tandis que l'excès de fertilisants à des périodes mal choisies provoque un déficit en humus (**Grabsi, 2002**).

I.5.3. La pollution d'origine industrielle

La pollution industrielle peut prendre plusieurs formes. Plusieurs règlements fédéraux existent par rapport aux quantités de polluants qui peuvent être émis par les industries. Dans certains pays, les sociétés peuvent, lorsqu'ils atteignent les quantités maximales de polluants, acheter des (crédits de pollution).

La pollution thermique est généralement causée par les industries, mais beaucoup de régions ont imposées une législation concernant les centrales électriques et leur système de refroidissement de l'eau. La construction, les mines et les opérations d'extraction peuvent polluer un grand nombre de lacs et cours d'eau dû aux dépôts de sédiments.

I.6. 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:

I.6.1. Les paramètres organoleptiques

I.6.1.1. 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**).

I.6.1.2. 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**).

I.6.2. Les paramètres physicochimiques

I.6.2.1. La température: La température est, avec la salinité, un des descripteurs de base pour la connaissance du milieu. Elle influe sur l'activité biologique dont dépend la production totale, et sur la répartition des espèces.

La mesure de la température est indispensable pour l'interprétation ou le traitement d'autres paramètres (**Aminot et al, 2004**).

I.6.2.2. Le pH: C'est la mesure du caractère acide ($1 < \text{pH} < 7$) ou basique ($7 < \text{pH} < 14$) des eaux usées. En général, l'activité biologique se situe entre 6.5 et 8 unités de pH. En dehors de cet intervalle, le pH affecte la vie aquatique et par conséquent influence l'autoépuration du milieu naturel (**Kosmala, 1998**).

I.6.3. Les paramètre de pollution organique

I.6.3.1. Les matières en suspension (MES) : C'est la quantité de pollution organique et minérale non dissoute dans l'eau (Gomella et al, 1978). Les MES sont responsables de baisse de

pénétration de la lumière dans l'eau, ce qui entraîne une diminution l'activité photosynthétique et une chute de la du phytoplancton.

I.6.3.2. Demende chimique en oxygène (DCO) : DCO est la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder les matières organiques y compris les matières biodégradables et non biodégradables par voie chimique (**Gomella et al, 1978**).

I.6.3.3. Demende biochimique en oxygène (DBO) : C'est la consommation d'oxygène sous l'effet des processus réducteurs se produisant spontanément au sein de l'échantillon examiné et qui sont d'origine biologique elle est généralement mesurée au bout de cinq jours à une température d'incubation de 20°C le test est surtout intéressant pour l'appréciation de la qualité des eaux, Plus la qualité des rejets est mauvaise, plus la demande en oxygène est élevée. Le classement est le suivant:

Tableau 01: Normes DBO5 pour la classification des eaux.

Qualité de l'eau	Bonne qualité	Qualité moyenne	Qualité médiocre	Mauvaise qualité
DBO5	inférieure à 30 mg/l	entre 30 et 40 mg/l	entre 40 et 80 mg/l	supérieure à 80 mg/l.

Source: O.M.S, 2002.

I.6.4. Paramètres de pollution azotée

I.6.4.1. L'azote ammoniacal NH₄ : Pour désigner l'azote ammoniacal, on utilise souvent le terme d'ammoniaque qui correspond au formes ionisées (NH₄⁺) et non ionisées (NH₃) de cette forme d'azote.

L'ammoniaque constitue un des maillons du cycle de l'azote. Dans son état primitif, l'ammoniac (NH₃) est un gaz soluble dans l'eau, mais, suivant les conditions de pH, il se transforme soit en un composé non combiné, soit sous forme ionisée (NH₄⁺) (**Rejsek, 2002**).

I.6.4.2. Les nitrites (NO₂⁻) : Les ions nitrites (NO₂⁻) sont un stade intermédiaire entre l'ammonium (NH₄⁺) et les ions nitrates (NO₃⁻). Les bactéries nitrifiantes (nitrosomonas) transforment l'ammonium en nitrites. Les nitrites proviennent de la réduction bactérienne des nitrates, appelée dénitrification.

Les nitrites constituent un poison dangereux pour les organismes aquatiques, même à de très faibles concentrations. Sa toxicité augmente avec la température. Il en résulte la mort par asphyxie (Sevrin et al, 1995).

I.6.4.3. Les nitrates (NO₃-) : Les nitrates ne sont pas toxiques; mais des teneurs élevées en nitrates provoquent une prolifération qui contribue à l'eutrophisation du milieu. Leur potentiel danger reste néanmoins relatif à leur réduction en nitrates (Sevrin et al, 1995).

I.6.5. Les paramètres de pollution phosphorée

I.6.5.1. Le Phosphore PO₄ : Le phosphore peut exister dans les eaux en solution ou en suspension, à l'état minéral ou organique. Les composés phosphorés qui, sans hydrolyse ou minéralisation, répondent au test spectrophotométrique sont considérés comme étant des orthophosphates. Chaque fraction (phosphore en solution ou en suspension) peut être séparée analytiquement en orthophosphates, phosphore hydrolysable et phosphore organique (Rodier, 2005).

I.7. Impact de la pollution des eaux usées sur l'environnement

I.7.1. Effet des rejets sur le milieu récepteur

Les conséquences immédiates ou différées d'un rejet d'eau usée sur le milieu récepteur sont nombreuses. Elle sont dues à la présence d'éléments polluants contenus dans l'eau sous forme dissoute ou particulières, cependant on peut distinguer trois grandes catégories de rejets.

I.7.1.1. Le rejet dans le sol

La contamination dans ce cas est la conséquence d'un double effet:

- diffusion dans la couche superficielle d'un sol assurant la percolation lente.
- infiltration rapide dans les couches profondes par les gouffres.

I.7.1.2. Les rejets dans les eaux douces superficielles

L'admission des eaux usées dans une rivière provoque une modification des caractéristiques physico-chimiques et biologiques des cours d'eau sur une distance plus ou moins grande en particulier, une augmentation de la DBO, DCO et la turbidité.

I.8. La pollution des eaux en Algérie

Selon les estimations, la population mondiale devrait atteindre 10 milliards d'individus d'ici à 2050. Cette croissance s'accompagne d'une augmentation globale des besoins en ressources et notamment des besoins en eau, ce qui cause de nombreux problèmes environnementaux.

(Waterlogic)

L'eau est devenue aujourd'hui un bien économique naturel, spécifique et une contrainte de développement socio-économique notamment pour les pays arides et semi-arides. Après un choc hydraulique en 2002, où l'Algérie était sur le point d'importer l'eau d'outre-mer, et grâce aux programmes d'investissement publics de grandes envergures favorisés par les ressources financières tirées de la rente pétrolière, l'Algérie s'est vue ses indicateurs de l'eau en amélioration notable. Celles-ci étaient une phase de rattrapage et une sortie d'une rareté économique de l'eau prévalue durant les années 90. Cela dit, l'eau en Algérie souffre encore de deux énormes contraintes : La rareté et la mauvaise gestion. (Kherbache, et all 2014).

- **Disponibilité et demande en eau**

L'Algérie est un pays semi-aride. La croissance démographique et le développement économique et social entraînent de plus grands besoins en eau et une demande plus forte, alors que les ressources en eau sont limitées et de faible qualité. (Ammar Belhimer).

Sources traditionnelles: 19,3 milliards de mètres cubes par an

- Eau de surface: 12,4 milliards de mètres cubes par an. 95% des ressources dans le nord.
- Eaux souterraines: 6,9 milliards de mètres cubes par an. 73% des ressources dans le sud

(METAP; WQM 2002).

- **Qualité de l'eau et sources de pollution**

✓ Les niveaux de salinité des eaux de surface varient entre 0,8 gramme par litre (g / l) et 1,5 g / l avec la majorité des ressources ont une salinité inférieure à 1 g / L. Au nord, la plupart des eaux souterraines ne sont pas salées et ont une salinité inférieure à 1 g / l. Dans le sud, les niveaux de salinité sont variables et certaines sources ont des niveaux de salinité élevés allant jusqu'à 8 g/l.

✓ La plupart des ressources en eau en Algérie sont polluées par des eaux usées municipales non contrôlées et non traitées. 87% de la population urbaine est raccordée à un réseau d'égouts, mais la plupart des usines de traitement des eaux usées sont hors service, de sorte que les eaux usées non traitées sont rejetées dans des plans d'eau naturels.

✓ Les industries rejettent des effluents non traités dans les eaux naturelles en violation des réglementations gouvernementales. Environ 200 millions de mètres cubes d'eaux usées industrielles non traitées par an sont rejetés dans l'environnement.

✓ Des pratiques de lixiviation non contrôlées et mal surveillées ainsi qu'un drainage agricole comprenant des nitrates et du phosphore provenant d'engrais polluent les eaux. Les résidus de pesticides peuvent également être détectés dans certaines eaux de surface.

✓ La lixiviation des déchets solides mal déversés et non traités pollue également l'eau.

(METAP ; WQM 2002).

• **Cadre légal et réglementaire**

Les deux instruments les plus importants dans le cadre juridique et réglementaire sont:

I. Loi n ° 83-03 de 1983 sur la protection de l'environnement. Cette loi mentionne spécifiquement la pollution de l'eau.

II. Loi sur l'eau n ° 83-17 «Le code des eaux» (révisée en 1996 en vertu de la loi n ° 96-13).

Ce code comprend plusieurs articles relatifs aux rejets d'eaux usées, à la réduction de la pollution, à la protection et à la préservation des masses d'eau et à la réutilisation des eaux usées à des fins agricoles et industrielles. (Journal officiel).

• **Stratégies d'amélioration**

✓ Élaborer un plan d'action intégré pour la gestion de la qualité de l'eau, y compris l'identification et la délimitation des responsabilités des organisations et institutions impliquées

✓ Clarifier et hiérarchiser les objectifs de la nouvelle politique du secteur de l'eau.

✓ Améliorer le suivi de la qualité de l'eau, notamment par des enquêtes de reconnaissance sur l'état de la qualité de l'eau et les sources de pollution. identifier les besoins de laboratoire du pays; et élaborer un programme de surveillance durable et rentable.

✓ Examiner le cadre juridique et réglementaire existant et élaborer des textes juridiques supplémentaires. Examiner les normes existantes en matière de force exécutoire.

✓ Publier des décrets d'application du code de l'eau, améliorer les normes de rejet d'effluents industriels et élaborer des normes pour d'autres types d'eau, tels que l'eau potable.

✓ Élaborer et mettre en œuvre un programme de renforcement des capacités nationales globales en matière de gestion de la qualité de l'eau.

✓ Améliorer les capacités de surveillance technique et financière et de contrôle de l'application afin de tester toutes les normes énumérées car, à ce jour, la plupart des activités de surveillance ont été limitées aux industries les plus polluantes et à quelques paramètres de la qualité de l'eau tels que la demande biochimique en oxygène (DBO), la demande chimique en oxygène (DCO) et matières solides en suspension (**METAP ; WQM 2002**).

I.9. Généralités sur les zones humides

I.9.1. Notion de zone humide

Les zones humides sont généralement définies comme des espaces de transition entre terre et eau, elles constituent en effet une catégorie particulière de systèmes écologiques ou écosystèmes qui se différencient par leurs caractéristiques et leurs propriétés des deux autres grandes catégories représentées par les écosystèmes terrestres et les écosystèmes aquatiques. Cette situation d'interface entre la terre et l'eau se rencontre dans de nombreuses situations : bords de lacs, d'étangs, de ruisseaux, rivières, fleuves, deltas ou baies, etc.

Le terme générique « zones humides » désigne donc un ensemble de milieux naturels extrêmement différents mais possédant tous le point commun d'avoir un fonctionnement intimement lié à l'eau. En fonction du référentiel considéré (Ramsar, loi sur l'eau, ...), le terme « zones humides » ne désigne pas exactement les mêmes milieux naturels, certaines définitions étant plus larges que d'autres.

I.9.2. Définitions des zones humides

- **Définition des zones humides d'après la convention de Ramsar**

D'après cette convention internationale ratifiée par l'Etat français en 1986, les zones humides sont « des étendues de marais, de fagnes, 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 ».

Elle prend donc en compte des milieux tels que les récifs coralliens ou les herbiers marins ainsi que les cours d'eau et milieux souterrains, qui sont en revanche exclus de la définition établie par le code de l'environnement (**Ramsar**).

- **Définition des zones humides d'après le code de l'environnement**

Selon le code de l'environnement, les zones humides sont des « terrains, exploités ou non, habituellement inondés ou gorgés d'eau douce, salée ou saumâtre de façon permanente ou temporaire; la végétation, quand elle existe, y est dominée par des plantes hygrophiles pendant au moins une partie de l'année ».

Les zones humides ou milieux humides sont des écosystèmes particuliers : ce sont des intermédiaires entre les écosystèmes terrestres et les écosystèmes aquatiques. Il existe une grande variété de milieux humides sur la planète. L'eau qui les alimente peut être douce, saumâtre ou salée. Les conditions climatiques et géologiques, le pH et les conditions d'hydro morphologie sont très variables (**Barnaud & Fustec, 2007**). Leur sol peut être submergé en permanence ou seulement lorsqu'il subit des battements de nappes ou les cycles de marée. Les zones humides sont plus ou moins reliées entre elles et avec les autres écosystèmes aquatiques.

I.9.3. La Convention Ramsar

La Convention sur les zones humides est un traité intergouvernemental qui a été adopté le 2 février 1971 dans la ville iranienne de Ramsar, celle-ci est plus connue du grand public sous son nom de «Convention de Ramsar». Il s'agit du premier traité intergouvernemental moderne, d'envergure mondiale,

Le nom officiel du traité, Convention sur les zones humides d'importance internationale, particulièrement comme habitats des oiseaux d'eau, traduit l'accent mis, à l'origine, sur la conservation et l'utilisation rationnelle des zones humides avant tout dans leur fonction d'habitats pour les oiseaux d'eau. Avec le temps, toutefois, la Convention a élargi son champ d'application pour couvrir tous les aspects de la conservation et de l'utilisation rationnelle des zones humides, reconnaissant celles-ci comme des écosystèmes extrêmement importants pour la conservation de la biodiversité et le bien-être des sociétés humaines et remplissant ainsi pleinement la mission énoncée dans le texte de la Convention.

La Convention est entrée en vigueur en 1975 et compte en janvier 2013, 163 Parties contractantes, ou États membres, partout dans le monde. Bien que le message central porté par Ramsar soit la nécessité de recourir à l'utilisation durable des zones humides,

l'étendard de la Convention est la Liste des zones humides d'importance internationale (ou Liste de Ramsar). Actuellement, les Parties ont inscrit sur cette Liste plus de 2060 zones humides (ou Sites Ramsar) méritant une protection spéciale: elles couvrent 197 millions d'hectares (1,97 million de kilomètres carrés)

La mission de la Convention de Ramsar, définie par les Parties en 1999 et affinée en 2002, est la suivante: « La conservation et l'utilisation rationnelle des zones humides par des actions locales, régionales et nationales et par la coopération internationale, en tant que contribution à la réalisation du développement durable dans le monde entier » ([Ramsar, 2013](#)).

I.9.4. Critères d'identification des zones humides d'importance internationale (Convention Ramsar)

«Le choix des zones humides à inscrire sur la Liste devrait être fondé sur leur importance internationale au point de vue écologique, botanique, zoologique, limnologique ou hydrologique » et ajoute : « Devraient être inscrites, en premier lieu, les zones humides ayant une importance internationale pour les oiseaux d'eau en toutes saisons» ([Ramsar, 2013](#)).

Groupe A des critères Sites contenant des types de zones humides représentatifs, rares ou uniques

- **Critères tenant compte des espèces ou des communautés écologiques**

Critère 1 : Une zone humide devrait être considérée comme un site d'importance internationale si elle abrite des espèces vulnérables, menacées d'extinction ou gravement menacées d'extinction ou des communautés écologiques menacées.

Critère 2 : Une zone humide devrait être considérée comme un site d'importance internationale si elle abrite des populations d'espèces animales et/ou végétales importantes pour le maintien de la diversité biologique d'une région biogéographique particulière.

Critère 3 : Une zone humide devrait être considérée comme un site d'importance internationale si elle abrite des espèces végétales et/ou animales à un stade critique de leur cycle de vie ou si elle sert de refuge dans des conditions difficiles.

- **Critères spécifiques tenant compte des oiseaux d'eau**

Critère 4 : Une zone humide devrait être considérée comme un site d'importance internationale si elle abrite, habituellement, 20 000 oiseaux d'eau ou plus.

Critère 5 : Une zone humide devrait être considérée comme un site d'importance internationale si elle abrite, habituellement, 1% des individus d'une population d'une espèce ou sous-espèce d'oiseau d'eau.

- **Critères spécifiques tenant compte des poissons**

Critère 6 : Une zone humide devrait être considérée comme un site d'importance internationale si elle abrite une proportion importante de sous-espèces, espèces ou familles de poissons indigènes, d'individus à différents stades du cycle de vie, d'interactions interspécifiques et/ou de populations représentatives des avantages et/ou des valeurs des zones humides et contribue ainsi à la diversité biologique mondiale.

Critère 7 : Une zone humide devrait être considérée comme un site d'importance internationale si elle sert de source d'alimentation importante pour les poissons, de frayère, de zone d'alevinage et/ou de voie de migration dont dépendent des stocks de poissons se trouvant dans la zone humide ou ailleurs.

- **Critères spécifiques tenant compte d'autres taxons**

Critère 8 : Une zone humide devrait être considérée comme un site d'importance internationale si elle abrite régulièrement 1 % des individus d'une population d'une espèce ou sous-espèce animale dépendant des zones humides mais n'appartenant pas à l'avifaune ([Ramsar, 2013](#)).

I.9.5. Fonctions des zones humides

Les milieux humides ont de nombreuses fonctions qui leur donnent un intérêt particulier, et qui permettent de participer à la gestion de la ressource en eau et des milieux aquatiques sur le territoire, ce sont donc des services rendus aux sociétés ([Anonyme, 2007](#)).

- **Fonctions qualitatives**

Les zones humides remplissent des fonctions biogéochimiques par la régulation des pollutions azotées diffuses si les conditions nécessaires sont réunies ([Pinay et al, 2000](#) in [Merot et al, 2000](#)). En effet l'absorption de l'azote par les végétaux et la dénitrification

sont caractéristiques du cycle de l'azote en milieu humide. Cependant ces processus varient dans le temps et l'espace

L'étude menée par **Ciément, 2010** a montré qu'au sein d'une zone humide existaient des différences de performances pour un processus établi comme la dénitrification. Ceci est la résultante de variations existant au sein d'une même zone humide, induites par des types de sols différents. Cette mosaïque d'entités, homogènes en leur sein, est appelée unité hydro géomorphologique (HGMU). Elle permet de caractériser l'efficacité d'une zone humide pour un paramètre donné (**Clement, B. 2010**).

- **Fonctions quantitatives**

Les zones humides constituent, à l'échelle du bassin versant, un outil de régulation du débit d'un cours d'eau (**Durand et al, 2000**). Elles permettent de ralentir l'eau en période de fortes précipitations et ainsi d'éviter les phénomènes de crues trop intenses et rapides. Cet écrêtement permet de protéger les personnes et les biens des potentielles inondations.

Elles contribuent également à la recharge des nappes d'eau souterraines. Lorsque la capacité de stockage de l'eau par la zone humide est dépassée, celle-ci va s'écouler vers l'aval, vers le cours d'eau. Il en va de même en période plus sèche où les zones humides soutiennent les débits d'étiage en restituant l'eau, ce qui présente un avantage pour la faune et la flore, dépendantes de ces milieux, et pour l'agriculture, en permettant une alimentation continue en eau. Les modifications de ces espaces par des pratiques inadéquates ou des aménagements (réseaux de fossés, drainages) impactent les fonctions des zones humides et peuvent avoir des répercussions en aval du bassin versant, notamment en termes de qualité et de quantité d'eau.

- **Fonctions écologiques : Une contribution majeure à la biodiversité**

De plus, les milieux humides sont des réserves de biodiversité importantes. Des macros aux micros habitats, les zones humides sont un lieu privilégié pour les animaux et les plantes, car elles recèlent de nombreuses ressources nutritives et sont le siège d'une production de biomasse importante. Elles représentent des lieux de refuge, d'habitat et de reproduction pour les animaux et les végétaux.



CHAPITRE II: PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE



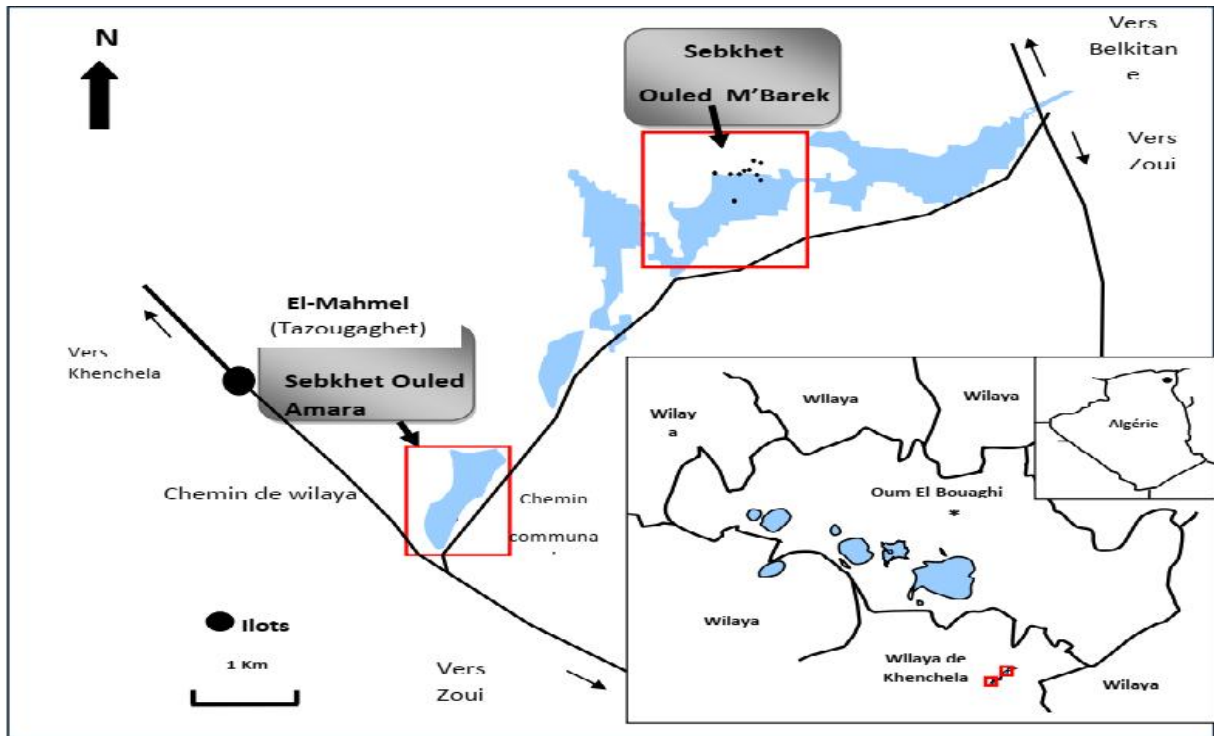
II.1. Situation générale (Géographie et Démographie)

II.1.1. Sur le plan géographique :

La région de Sebkhha est le seul endroit humide dans la wilaya de Khenchela, située dans la partie steppique sud de la wilaya. Le secteur de Sebkhha est localisé dans les Hautes Plaines constantinoises, ces dernières se situées entre 750 et 1100 m d'altitude, elles constituent un long boulevard bordé au Nord par l'atlas tellien et par l'atlas saharien au sud. Leur relief est très compartimenté, et elles sont, par ailleurs, traversées en écharpes par de petits chaînons calcaires, de style atlastiques, 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 (**GOUAIDIA, 2008**). Au plan régional, le secteur d'Sebkhha se situe dans la commune d'El Mahmel 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 géographique compris entre :

- Longitude : (7°,15') Est
- Latitude: (35°, 20') Nord
- L'altitude: 1070m.
- Superficie: 200 ha



Carte 1 : la situation géographique de chott Sbikha [*Geographical location of Sbikha Chott*]

(sahab 2013)

II.1.2. Sur le plan administratif :

Avant le découpage administratif de Février 1985, la commune d'El Mahmel faisait partie du territoire de la wilaya de Tébessa, elle a été, donc rattachée en 1985 à la Wilaya de Khenchela, située à l'Est de la Wilaya, elle s'étend sur une superficie de 371Km². Elle compte deux agglomérations secondaires (**Ouled Azzedine** et **Icherthithéne**).

La commune d'El Mahmel fait partie de la Daïra d'Ouled Rechache (Zoui), située à 9 km du chef-lieu de la Wilaya. Sur l'axe de la RN n°:32 qui traverse l'agglomération d'Est en Ouest la reliant au chef-lieu de Daïra d'Ouled Rechache. Elle occupe un site relativement plat en légère déclivité d'Ouest en Est (**Belaa, Abboud 2015**).

La commune était d'origine rurale, ensuite elle est passé au rang de semi-urbaine du fait de la concentration de sa population au chef-lieu, 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 commune de BIDJEN et OULED RECHACHE à l'Est ;
- ❖ la wilaya de TEBESSA au Sud.



Source : Direction de l'hydraulique, 2019.

Carte 2 : Carte de situation géographique et administrative de la zone d'étude

Historiquement, Sebkhia était essentiellement la propriété de colon français où il pratiquait deux activités essentielles :

- Agriculture et élevage
- Exploitation du sel durant les années de la révolution celui-ci était acheminé vers TiziOuzou et Bejaia pour la préparation des cuirs.

II.1.3. 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 02 : La répartition de la population résidente au RGPH DE 2019 d'El Mahmel

	Agglomération	Agglomérations	Zone Eparse	Total
	Chef Lieu	Secondaires		
	(ACL)	(AS)	(ZE)	
El Mahmel	34 521	2 593	10 246	47 360

Source : DPSB, 2019.

Tableau 03 : Evolution de la population au cours des quatre derniers recensements

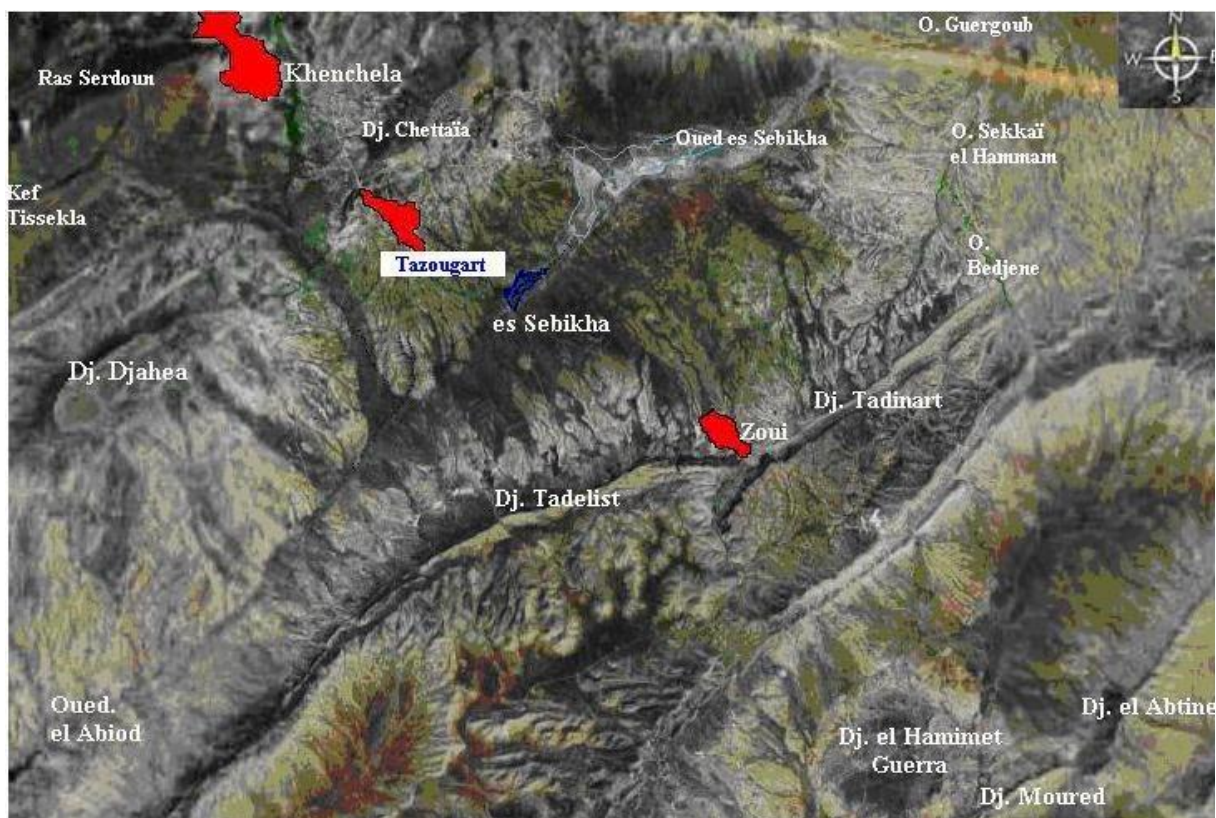
Commune	R.G.P.H 1977	R.G.P.H 1987	R.G.P.H 1998	R.G.P.H 2008	Estimation 2018
El Mahmel	14.900	19.889	30.484	38.706	47.360

Source : Office Nationale des Statistiques, 2019.

II.2. Situation géologique

II.2.1. Les unités morphologiques

La caractérisation physique de la commune ne peut se faire qu'à travers l'analyse détaillée des reliefs, la géomorphologie, l'organisation des structures et la connaissance des éléments bioclimatologiques. 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 physique et l'homme.



Source : Direction de l'hydraulique, 2019.

Figure 04 : Principaux unités morphologiques de la région d'El Mahmel.

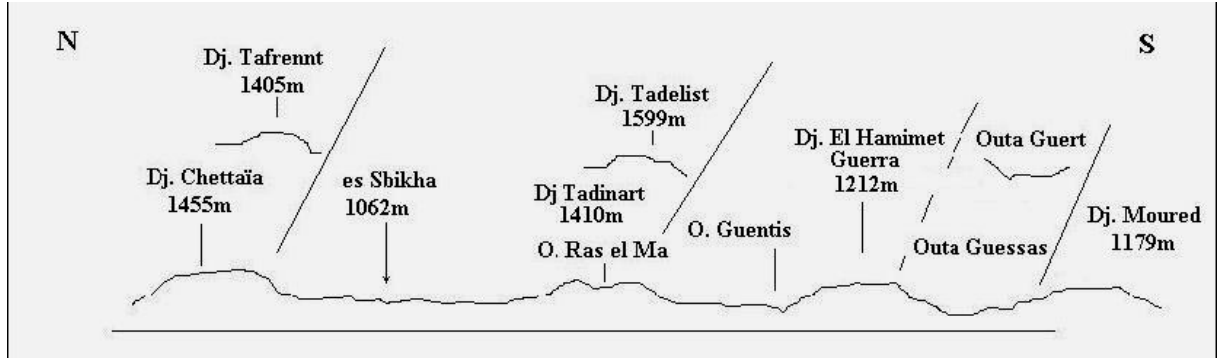
II.2.2 Les plaines

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 Sebikha (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 Sebikha. 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 Tazougert, chef-lieu de la commune, avec des oueds orientés vers le NE, ex de l'oued Sebikha et des oueds dirigés vers le SW, ex de l'oued El Hatiba, principal affluent de l'oued El Abiod.

II.2.3. 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 : (MEBARKI., 2005)
- Djebel Chattaïa au Nord de 1455 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 er Djebel Tadelist de 1410 m qui sont situés au Sud de la zone.



Source : Direction de l'hydraulique, 2019.

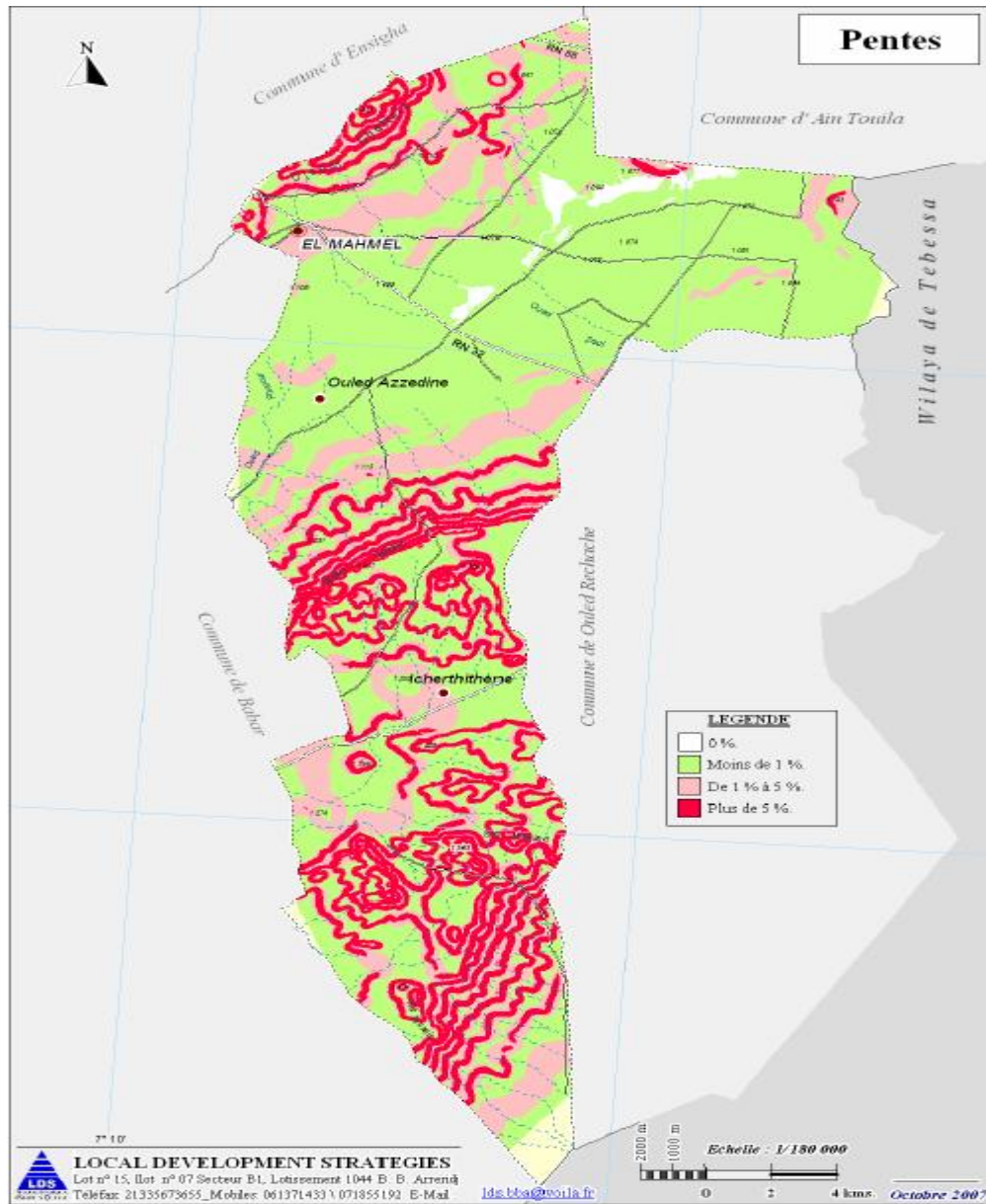
Figure 05: Profil topographique (N-S) à travers la commune d'El Mahmel.

II.2.4. Les pentes

Les pentes dans cette zone sont généralement faibles au niveau des bassins (<2%), moyennes au niveau des piémonts, entre 2 et 10 %, et fortes sur les versants à caractère montagneux avec des pentes supérieures à 10 % et pouvant atteindre des valeurs de plus de 30 % sur les versants escarpés des massifs de Dj. Chattaia, Dj. Tafrennt, Dj. Tadelist, Dj. Aouinet. Carte des classes de pente caractérisant le territoire de la wilaya a été dressée, sur la base de la grille retenue par le MATET (Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Environnement et du Tourisme) pour le classement des zones de montagnes. Cette grille, qui tient compte de l'utilisation souhaitable des terres, préconise 4 classes:

- **Classe 1** : pente comprise entre 0 et 3,5 % : Relativement favorable à l'intensification agricole (mécanisation et irrigation) et à la réalisation d'infrastructures techniques.
- **Classe 2** : pente comprise entre 3 et 12,5 % : elle est favorable au développement d'une agriculture intensive à semi intensive.
- **Classe 3** : pente comprise entre 12,5 et 25 % : Favorable à l'arboriculture fruitière et autres cultures pérennes fixatrices du sol au détriment des cultures annuelles et notamment les grandes cultures.
- **Classe 4** : pente supérieure à 25 % : constituant de ce fait une contrainte majeure pour la pratique des activités agricoles et un handicap pour la réalisation des infrastructures

socioéconomiques. A ce titre, l'occupation du sol au niveau de cette classe doit privilégier la sylviculture (C. F., 2016)



Source : Direction de l'hydraulique, 2019.

Figure 06: Carte des pentes de la commune d'El Mahmel

II.2.5. Les sols salins

Les sols salins se rencontrent principalement dans la région d'Sebkhah, 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 07 : Les sols salés de la région de Sebkhah

II.3. Situation Hydrologique

L'étude des potentialités hydriques, aussi bien en eaux superficielles que souterraines, constitue une étape importante dans la recherche d'une valorisation intégrée du secteur d'Sebkhah.

II.3.1. Fonctionnement des sebkhas

La fréquence des sebkhas à travers les Hautes Plaines constantinoises pourrait conduire à admettre l'existence d'un niveau de base régional. Ce niveau devrait régler les écoulements hydrographiques en fonction d'un certain seuil altitudinal constant, l'ensemble décrivant une nette inclinaison du sud en direction du nord.

L'originalité de la plaine de la Sebkha apparaît avec la présence d'une certaine communication entre les Sebkhas, qui déverse saisonnièrement les eaux de la Sebkha d'ouled Slime vers la Sebkha d'ouled Amara puis vers la Sebkha d'Ouled M'bark. Ce type de communication entre sebkhas fonctionne à la manière de vases communiquant par déversement d'une sebkha dans l'autre.

Il faut noter que les Sebkhas sont alimentées par des venues profondes mal connues mais indéniables (Roger, 1999). En 1999 fait remarquer : « dans toutes les Sebkhas existent, en effet, des nappes d'eau très salées qui imprègnent la totalité de leurs remplissages détritiques. Elles doivent leurs existences à une alimentation par de puissants appareils artésiens sous-jacents. Dans ces conditions, l'hydrologie superficielle dépend fondamentalement du bilan hydrique momentané entre ces arrivées continues et les prélèvements de l'évaporation. En saison froide, la prépondérance des premières déclenche une remontée du toit de la nappe, jusqu'à son recoupement avec la surface, qui assure une submersion plus ou moins totale. Sa régression, due au renversement du bilan au cours de la saison chaude favorable à l'évaporation, entraîne l'assèchement et l'épanouissement des efflorescences salines».

II.3.2. Les potentialités hydrologiques

Il est à noter d'abord qu'il est, malheureusement, difficile d'aborder ou d'estimer les richesses en eaux souterraines, réelles ou potentielles, de ce secteur, car ceci dépendra d'une étude globale et détaillée des structures de l'ensemble de la région. Toutefois, il faut bien souligner que la présence des eaux souterraines dans ce secteur, comme pour l'ensemble des régions tello-atlasiques, est tributaire des conditions hydrogéologiques. Notons d'abord qu'en l'absence d'études des forages réalisés dans cette zone, ce travail ne permet pas d'estimer les réserves potentielles ou réelles (PAW, 2012).

Par ailleurs, les réserves en eau souterraine dépendent des conditions qui relèvent de la nature des terrains « perméabilité et infiltration », de leurs structurations géologiques et des conditions climatiques « pluies, températures et évaporation ». La structuration géologique de cette zone, et plus particulièrement la fracturation des terrains, est en grande partie responsable de la présence ou de l'absence des aquifères. Les meilleures réserves d'eaux souterraines sont, en effet, rencontrées au niveau des bassins et des synclinaux de notre région, particulièrement les synclinaux perchés, très développés au niveau de la région. Ce sont des structures potentiellement favorables à la formation des aquifères, mais qui restent à explorer afin de connaître et estimer les potentialités en eaux de ce secteur et de l'ensemble de la commune d'El Mahmel.

II.3.3. Les ressources en eau

Le territoire de la commune d'El Mahmel est traversé par de nombreux Oueds qui convergent, pour la plupart d'entre eux, vers les zones basses notamment Sebkha située dans la partie Nord de la commune et qui par conséquent constituent une source d'alimentation des nappes. Les secteurs d'El Kraim, Sebkha et Taref constituent l'essentiel des secteurs qui alimentent la commune. Ceci dit, la commune dispose de trois nappes souterraines. La première appelée nappe de Kraim située au Nord de Tazougert dans le secteur de Kraim – Tebrouri. La seconde est dite nappe de Taref, située au Sud de Tazougert et appelée nappe de Taref et la dernière est dite nappe de la Sebkha, elle est située au Nord -est de Tazougert au niveau de notre secteur (PAW, 2012).

A) Les eaux superficielles

Le régime hydrologique des oueds présente deux saisons. Dès le mois de septembre le retour des pluies, après la saison sèche, n'est pas suffisant, car l'augmentation des débits des oueds n'est pas sensible. C'est plutôt vers la fin de la période humide que les crues risquent de se produire avec une augmentation des débits des oueds au mois de mars. La coïncidence entre cette période avec les effets du ruissellement entraîne alors une augmentation de l'efficacité de l'action érosive des oueds aux débouchés des plaines, qui sont soumises à des inondations régulières. Il faut retenir que le réseau hydrographique est particulièrement caractérisé par une fréquence des chevelus d'ordre primaire qui se déversent avec tous les oueds dans les immenses dépressions endoréiques.

Les ressources en eaux superficielles, au niveau de notre secteur sont totalement absentes car la commune ne dispose d'aucune infrastructure de mobilisation des eaux « barrages, retenues collinaire ou Sed de dissipation » de pluies ou celles du ruissellement des flancs des montagnes.

B) Les eaux souterraines

Le territoire de la commune d'El Mahmel est traversé par de nombreux Oueds qui convergent, pour la plupart d'entre eux, vers les zones basses notamment Sebkha située dans la partie Nord de la commune et qui par conséquent constituent une source d'alimentation des nappes (Atehyd, 2012).

Les secteurs d'El Kraim, Sebkha et Taref constituent l'essentiel des secteurs qui alimentent la commune. Ceci dit, la commune dispose de trois nappes souterraines :

- La première appelée nappe de Kraim située au Nord de Tazougert dans le secteur de Kraim – Tebrouri ;

- La seconde est dite nappe de Taref, située au Sud de Tazougeurt ;
- La dernière est dite nappe de Sebkhha, située au Nord-Est de Tazougeurt.

La localité d'El Mahmel est alimentée par des forages et par transfert à partir du barrage Koudiat Medaouar (Batna). Les forages pour l'alimentation d'El Mahmal centre sont TZ1, TR4 qui sera remis en service vers la fin du mois de décembre 2012 pour un temps de pompage de 20h/jour, TZ5, TZ4; La production du TZ8 est également répartie entre Ouled Merah et El Mahmel. Le forage TZ4 a été abandonné depuis Février 2000. (Atehyd Y, 2012). La mobilisation des eaux souterraines dans toute la commune est assurée par sept forages, répartis à travers les trois nappes qui offrent 2890.8 m³/jour (PAW, 2012).

II.4. Situation agricole

II.4.1. Répartition des terres de la commune

La commune d'El mahmel qui s'était sur une superficie totale de 37084 ha, la superficie agricole utile est de 29,500 ha, le reste de surface est partagé entre les parcours et pacages 4,250 ha, les forets 2,454 ha les terres incultes 135 ha et les terrains urbanisés 745 ha.

Tableau 04 : Répartition générale des terres en (ha) dans la commune d'El Mahmel

Communes	S.A.U					Total	Pacage et parcours	Alfa	Forets		Superf Total	
	Sec	Irriguée							Improd	Urb		
		Céréale	Maraichage	plante	Prairie							
		/										
		Fourrage irriguée										
El Mahmel	27657	1367	169	307	0	29500	4250	0	2454	135	745	37084

Source : DSASI, 2019.

II.4.2. Répartition des exploitations agricoles et emploi généré

Les exploitations agricoles au nombre de 141 sont réparties à travers le secteur d'étude et constituent les Mechtas d'Sebkhha. L'emploi généré dans ce secteur est important, on observe que le nombre d'occupés est estimé à 458 personnes dont 229 sont occupés dans l'agriculture soit environ 50% du total des occupés.

Tableau 05 : Répartition des exploitations agricoles dans le secteur d'étude Sebkh

Mechtas	Nombre d'exploitation	Population occupée	Population agricole occupée	SAU
Ouled M'barek	38	132	53	450
Ouled Amara	45	103	72	800
Ouled Slim	40	86	38	600
Ouled Merah	18	137	66	400
Total	141	458	229	2250

Source : DSASI, 2019.

II.4.3. La production végétale

D'une manière globale, les rendements des productions végétales sont faibles à l'exception du maraîchage, cette spéculation enregistre des rendements relativement bons avec une production moyenne de 16,449 Qt/ha. La faiblesse des rendements est due principalement à la faiblesse de la pluviométrie et au faible niveau de la mobilisation des eaux souterraines pour l'irrigation qui caractérisent notre secteur. La superficie consacrée à l'arboriculture est faible vu le taux de sel élevé du secteur.

Malgré que la céréaliculture constitue la spéculation majeure des fellahs du secteur son rendement reste tributaire des aléas climatiques, à vrais dire ce sont des rendements de misère, elle constitue une culture loterie.

Tableau 06: la production végétale dans la commune d'El Mahmel

Communes	Production en Qx							
	Céréales	Légumes Sec	Fourrages	Culture maraichage	pomme	Figues	Olives	Palmier
El Mahmel	40280	0	44795	16449	750	840	480	0

Source: DSASI, 2019.

II.4.4. L'élevage

La pratique de l'élevage au niveau de la commune se base, essentiellement, sur l'élevage de l'espèce ovine qui représente 34925 têtes, en deuxième position vient l'élevage caprin avec 4835 têtes entre chèvres et chevreaux et en troisième position se place l'espèce bovine avec 1092 têtes.

Tableau 07: Effectifs des animaux gros bétails dans la commune d'El Mahmel

	TOTAL CHEPTEL
EFFECTIF BOVIN	1092.00
EFFECTIF OVIN	34925.00
EFFECTIF CAPRIN	4835.00

Source: DSASI, 2019.

Tableau 08: Produits d'élevage dans la commune d'El Mahmel

	DE VACHE	DE CHEVRE	DE CHAMELLE	DE BREBIS	TOTAL
PRODUCTION DE LAIT	3330.53	328.42	-	753.64	4412.59
COLLECTE DE LAIT	634.73	-	-	-	634.73

Source: DSASI, 2019.

Tableau 09 : Production de viande et abatage dans la commune d'El Mahmel

	VIANDE ROUGES (QX)					VIANDES BLANCHES (QX)				
	BOVINS	OVINES	CAPRINE	CAMELINE	EQUINES	TOTAL	POULET	DINDES	AUTRES	TOTAL
PRODUCTION DE VIANDE	1306.0	3270.00	268.00	-	-	4844.0	570.00	-	-	570.0
ABATAGE (CONTROLE ET NON CONTROLE)	0	94.00	1427.00	137.00	-	-	1658.00	-	-	-

Source : DSASI, 2019.

Tableau 10: Les produits d'animaux de dans la commune d'El Mahmel

	ŒUFS(en millier d'unité)	MIEL (kg)	LAINE (kg)	PEAUX ET CUIR (Qx)
TOTAL D'EXPLOITATION	1296.35	3800.00	62000.00	-

Source: DSASI, 2019.

**Figure 08:** L'élevage dans la zone d'Sebkha.

II.5. Cadre hydro-climatique de la zone d'étude

L'hydroclimatologie est une étape très importante pour une étude hydrogéologique. Elle permet de quantifier la part d'eau ruisselé et la part d'eau infiltrée utile à l'alimentation de l'aquifère. Toute étude hydroclimatologique dépend de deux paramètres essentiels:

- Les précipitations qui nous renseignent sur les quantités d'eau utile au renouvellement de réserves et sur le régime pluviométrique.

- Les températures sont nécessaires pour estimer l'évaporation et l'évapotranspiration qui influent sur la part d'eau contenue dans le sol et par conséquent utilisable, ce dernier point est important pour les réserves souterraines en eau que pour la végétation et les cultures agricoles.

L'Algérie est caractérisée par une variabilité climatique liée aux irrégularités topographiques et aux influences opposées de la Méditerranée et du Sahara pour étudier le climat de la zone d'étude, nous avons exploité les données climatiques qui ont été recueillies

au niveau de la station météorologique d'EL-HAMMA (KHENCHELA), située à une altitude de 890 m. Les données s'étalent sur une période de vingt ans depuis 1998 jusqu'à 2018.

II.5.1. La pluviométrie

La pluviosité est définie selon Djebaili en 1984, comme étant le facteur primordial qui permet de déterminer le type du climat Elle conditionne le maintien et la répartition du tapis végétal, et la dégradation du milieu naturel par le phénomène d'érosions d'une part, elle a un rôle social et économique d'autrepart (Djebaili, 1984).

Les précipitations exercent une action prépondérante pour la définition de la sécheresse globale du climat, cela conduit à une irrégularité des précipitations à travers toute la région : augmentation des pluies en altitudes, diminution de leur taux du Nord vers le Sud (Halimi, 1981), Le régime pluviométrique joue un rôle prépondérant dans l'hydrochimie par le lessivage des terrains. Plus la pluviométrie est forte, plus la dilution des sels restant passant en solution est grande. Les régimes des précipitations mensuelles sont à l'origine de l'écoulement saisonnier, des régimes de cours d'eau (Djebaili, 1984).

Les précipitations annuelles n'ont qu'une valeur indicatrice, le plus important c'est leur répartition mensuelle et saisonnière.

L'étude climatologique est une importance non négligeable, car elle permet d'analyser des facteurs importants comme la température et les précipitations qui conditionnent le bilan hydrologique et la recharge des aquifères, l'étude des données climatiques permettant d'analyser les facteurs du climat de cette zone qui nous renseignera sur :

- Le type du climat
- Le comportement hydro climatologique du bassin versant.
- Le bilan hydrologique.

Ces paramètres sont soit mesurés sur le terrain (précipitations, températures, évaporation) soit calculés par des formules (ETP, ETR, R, I).

II.5.2. Les données climatiques

La station pluviométrique d'El Hamma qui a servi pour l'étude des paramètres climatiques Cependant, vu l'étendue du bassin 1800 km², ce nombre s'avère très insuffisant surtout dans la plaine. Il existe d'autres stations surtout pluviométriques, mais elles n'ont pas été retenues en raison de la non disponibilité des données mais aussi de leur qualité. Les données pluviométriques sont de durée et de qualité inégale. Ces données correspondent à des hauteurs mensuelles des pluies qui ont été recueillies par l'office national de météorologie (ONM, 2018).

Les données de température et de précipitation correspondent à des hauteurs mensuelles des pluies et de température qui ont été recueillies à la station de l'office national de météorologie (ONM, 2018) d'El Hamma situées à 890 m d'altitude suivant une période de mesures de 1998 à 2018.

1. Les précipitations :

Pour la plus grande partie du monde, les précipitations représentent la source principale d'eau. Elles sont caractérisées par trois principaux paramètres: leur volume, leur intensité et leur fréquence qui varient selon les lieux, les jours, les mois et aussi les années. Les précipitations connaissent de grandes fluctuations d'un mois à un autre et d'une année à une autre.

Les caractéristiques pluviométriques de la zone d'étude sont tirées d'une chronique de 20 ans (1998 à 2018) d'observation à la station d'EL HAMMA en adoptant le principe de l'année agricole qui commence par le mois de Septembre.

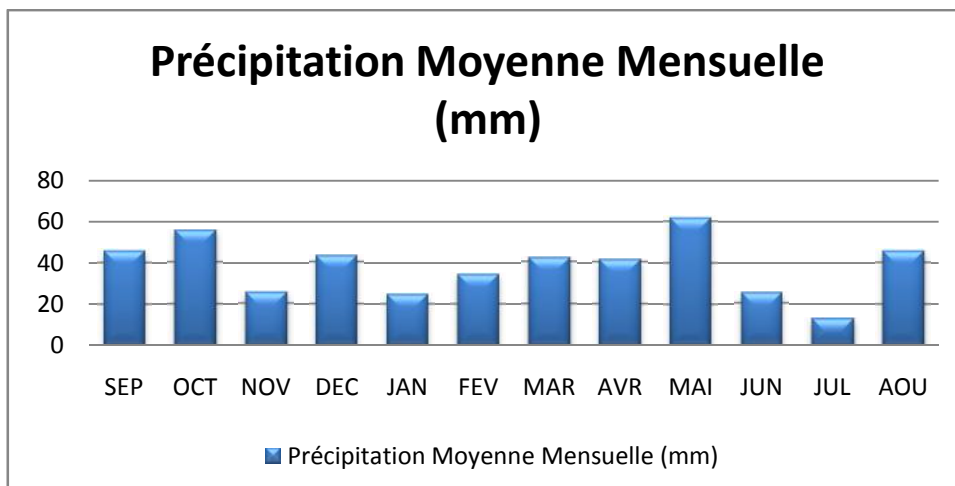


Figure 09: Précipitation moyenne mensuelle de Khenchela (1998-2018)

Le mois le plus pluvieux est mai avec une moyenne mensuelle de 61,86 mm, par contre le mois le plus sec est juillet avec une moyenne mensuelle de 12,42 mm.

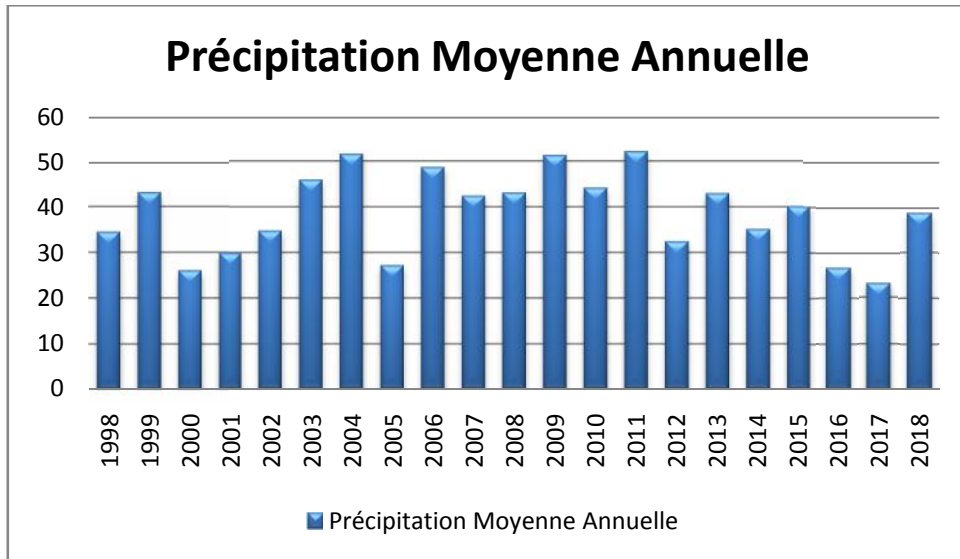


Figure 10: Précipitation moyenne annuelle de Khenchela (1998-2018)

2. Les Températures :

La température représente un facteur limitant de toute première importance, car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de totalité des espèces et de communautés d'être vivant dans la biosphère (Ramade, 2003).

Les températures moyennes mensuelles durant 20 années (1998 à 2018) sont représentées dans le tableau si dessous.

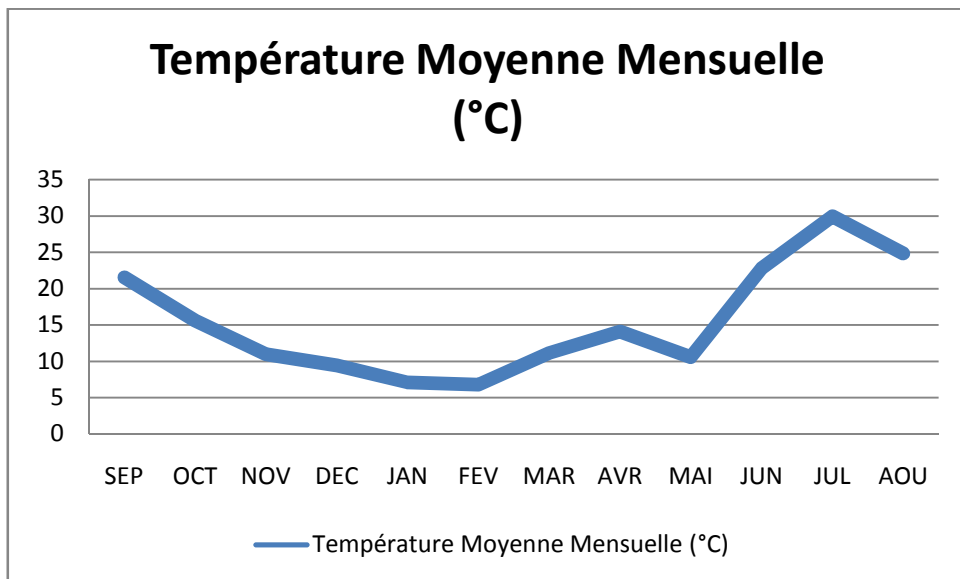


Figure 11: Courbe de variation des températures mensuelles moyennes (1998-2018).

La courbe des variations des températures moyennes mensuelles (Figure.) montre que le mois de Février est le mois le plus froid avec 6,77 °C et le mois de Juillet est le plus chaud avec 29,96 °C.

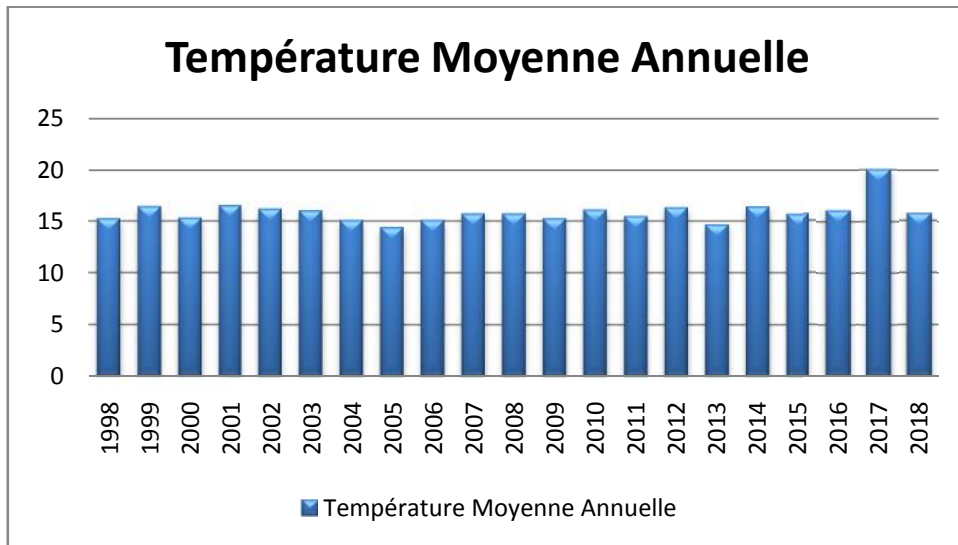


Figure 12: Température moyenne annuelle de kenchela (1998-2018).

3. Diagramme ombrothermique :

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 Ombrothermique (Gaagai, 2009).

D'après Gaussen (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, $P < 2T$ (indice de Gaussen).

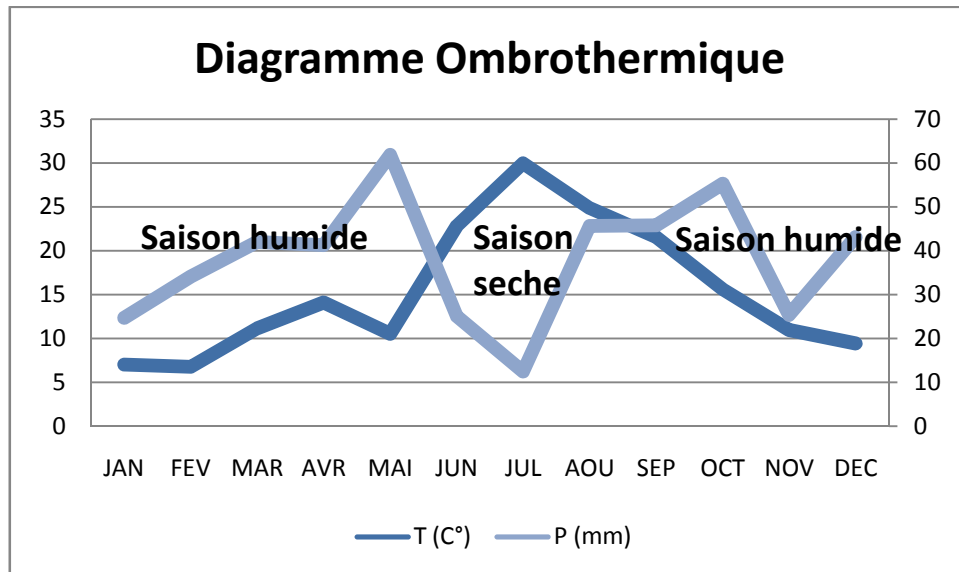


Figure 13: Diagramme ombrothermique de Gaussen (Station d'El Hamma 1998-2018)

D'après le diagramme ombrothermique de Gaussen de la station d'El-Hamma nous constatons que la période sèche dure environ 2 mois de juin jusqu'à juillet. La détermination de cette période est d'une grande importance pour l'hydrologie à fin de pouvoir estimer les besoins en eau.

4. L'Humidité :

L'humidité est un élément important pour la physiologie végétale. C'est le taux de l'humidité de l'air qui détermine l'intensité d'évapotranspiration chez les végétaux. Il est étroitement lié à la température de l'air. Le maximum de l'humidité relative est atteint au minimum de température et inversement (Azzouzi, 2011).

Les valeurs d'hygrométrie de la période 1998-2018 sont indiquées dans la (Figure 14).

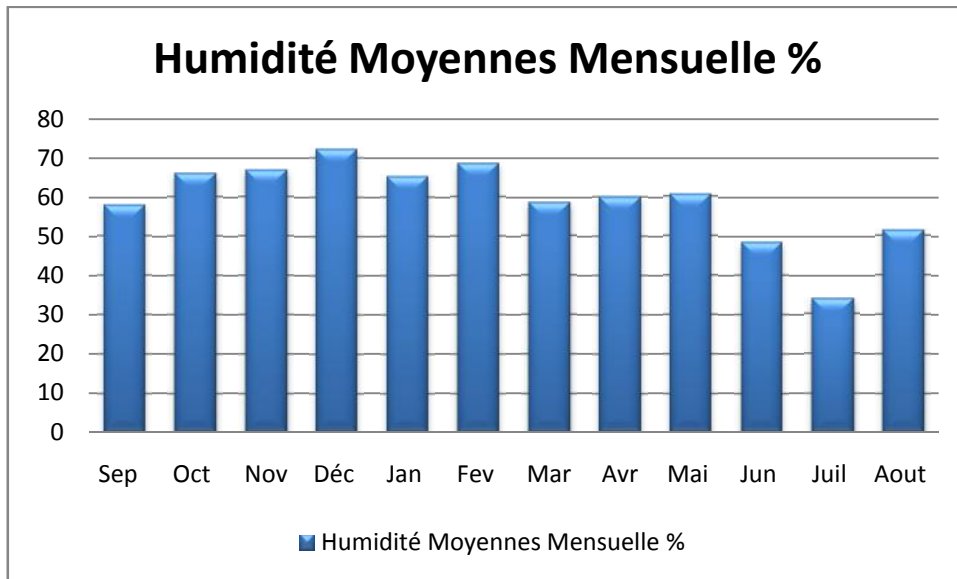


Figure 14: Diagramme des moyennes mensuelles d'humidité de la période (1998-2018)

A partir de la figure on constate que les valeurs de l'humidité sont relativement homogènes. Les données hygrométriques montrent que le pourcentage le plus élevé est enregistré durant le mois de Décembre avec 72.23% ce qui explique qu'il est le mois le plus humide, alors que le pourcentage le plus faible est enregistré durant le mois de juillet avec 33.79%.

5. L'Évaporation :

L'évaporation est la restitution de l'eau par l'atmosphère sous forme de vapeur à partir de la surface du sol, quelle que soit sa nature (Sol, végétaux, eau libre). Elle est donc un élément très important pour l'établissement du bilan hydrologique, et dépend de plusieurs paramètres la température, les précipitations, l'humidité de l'air, le couvert végétal. On distingue : l'évapotranspiration potentielle (ETP) et l'évapotranspiration réelle (ETR) (Gaagai, 2009).

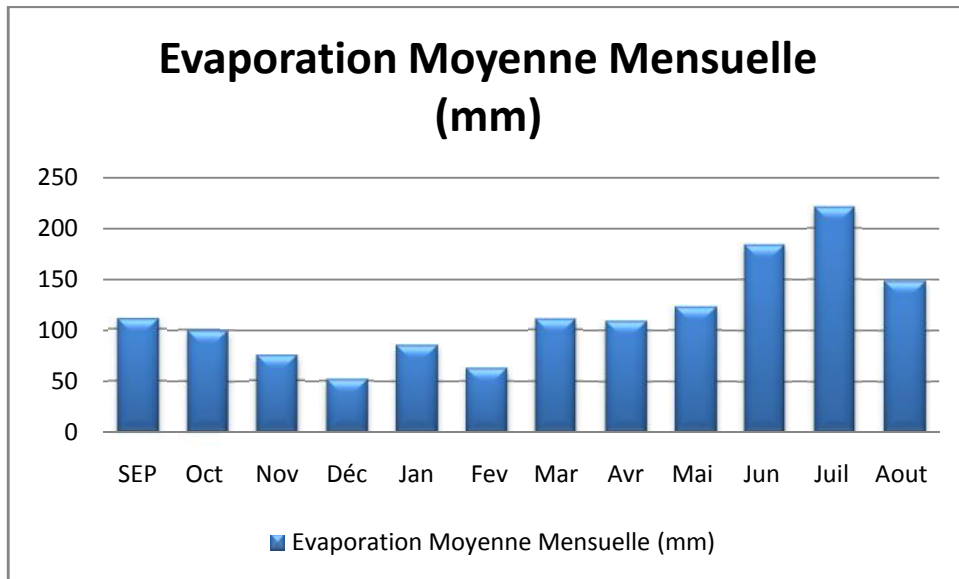


Figure 15: Diagramme des moyennes mensuelles de l'évaporation de la période (1998-2018)

6. Le Vent :

Le vent constitue certains biotopes un facteur écologique limitant. Sous l'influence des vents violents, la végétation est limitée dans son développement. Les arbres prennent un port en drapeau, leur tronc étant souvent incliné et leurs branches étant orientées dans la direction opposée à celle des vents dominants (Ramade, 2003).

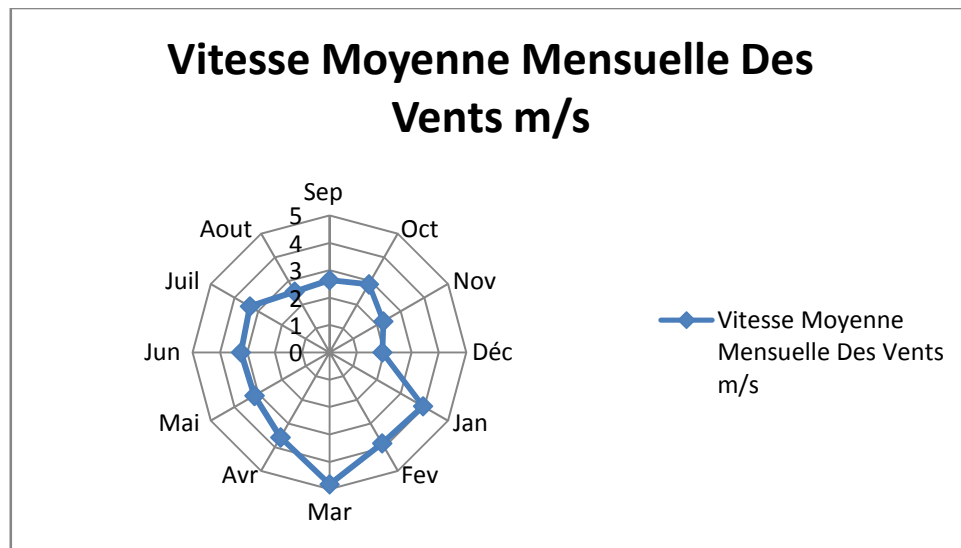


Figure 16: Diagramme des moyennes des vitesses des vents de la période (1998-2018)

La vitesse moyenne annuelle des vents dans la région d'El Mahmel est de 3.18 m/s avec un maximum au mois de Mars et un minimum au mois de Décembre. Il est à craindre durant le

mois de mai à juillet la manifestation du sirocco qui est un vent chaud et sec favorise l'évapotranspiration causant ainsi de sérieux dégâts aux végétaux et notamment les cultures.

II.6. Cadre socio-économique

II.6.1. Les activités économiques qui existent dans la région et son impact sur l'environnement

- **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 coupé la canalisation à 500m pour l'irrigation de leurs terres par ses eaux usées.

- **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.

- **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.

- **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 entoure Sebket El-Mahmel (**khathana**).

II.7. Les études ultérieures de la Sebka d'El-mahmel (2013 – 2018)

L'étude de la chimie des eaux souterraines apporte à l'hydrogéologie une somme considérable de renseignements utiles à la compréhension des phénomènes qui se produisent dans les systèmes aquifères. C'est-à-dire dans les échanges possibles entre l'eau et la roche, sachant que la minéralisation des eaux souterraines peut provenir de l'acquisition des éléments chimiques par la dissolution et l'altération des minéraux du réservoir. L'étude de la chimie des eaux souterraines, elle permet aussi de suivre l'évolution spatiale des différents éléments dissous et d'estimer leur origine, d'estimer la profondeur de circulation des eaux, et d'apprécier la qualité des eaux vis-à-vis de la potabilité et à l'irrigation. L'activité agricole ainsi que les rejets domestiques versés dans la Sebka participent d'une façon ou une autre la modification de la chimie des eaux de la nappe de la Sebka.

Plusieurs études ont été réalisées dans le même contexte sans rupture depuis 2013, on va analyser et comparer l'évolution des paramètres physico-chimiques et sortir l'origine de la salinité et la pollution des eaux souterraines.

Les résultats sont résumés dans la partie suivante :

II.6.1. Résultats (2013-2014)

L'étude hydro chimique (répartition spatiale et les rapports chimiques) montre :
Une forte minéralisation de sebka et une forte influence de cette dernière sur les eaux souterraine ;

Une abondance des éléments gypseux et salins, due au caractère excessif de la dissolution-évaporation et sédimentation, de ces derniers ;

Accentuation de la minéralisation sous l'effet des rejets des eaux usées et domestique de la ville d'El-Mahmel directement dans la sebkha (**Ben amor,N ;Arroudj,S**)

II.6.2. Résultats (2014-2015)

Les résultats des analyses des eaux souterraines de la région de sbikha obtenus permettent de montrer que :

Une forte minéralisation de sebkha due à l'influence des évaporites surtout gypseuse calcique (CaSO_4), qui explique la dominance du faciès chimique sulfaté calcique.

Des concentrations très élevées en nitrates (moyenne de 68.6 mg/l) et nitrite (moyenne de 0.265 mg/l) dans les eaux souterraines, résultant de lessivage des engrais chimiques et les eaux usées déversées directement dans la sebkha.

Dans l'ensemble, les eaux de la région sont très salines, les mécanismes intervenant dans la minéralisation des eaux est la dissolution des formations géologiques et les apports superficiels liés aux activités anthropogéniques.

L'impact des activités anthropiques sur la qualité des eaux souterraines constitue un problème majeur. En effet, la teneur élevée en nitrates dans les eaux d'Esbiqha justifie une pratique d'activité agricole dans la zone. D'autre part, les teneurs en phosphates sont en hausse dans les eaux (**Mamour D, Marir H**).

II.6.3. Résultats (2015-2016)

Une étude hydrochimique de la région a permis de tirer plusieurs conclusions entre autres :

* Les diagrammes de PIPER, et SCHOELLER-BERKALOFF ont montré que les faciès sulfatés calciques et bicarbonaté calcique. On a remarqué que les fortes concentrations de sulfate sont liées aux marne-gypseuses et les concentrations des bicarbonates sont liées des formations carbonatées.

* Des concentrations élevées pour la quasi-totalité des éléments chimiques, particulièrement dans la partie Est et l'Ouest (**Belaa Z, Abboud C**).

II.6.4. Résultats (2016-2017)

L'étude hydrochimique des eaux de la région d'Sbikha, montre que les eaux de la sebkha sont salines, avec une quantité modérée d'oxygène sans oublier la présence des espèces tolérantes à l'azote qui explique une teneur plus élevée qui peut provoquer une eutrophisation très visible.

Les résultats confirment le mauvais état écologique de cette dernière qui subit les effets néfastes des rejets des eaux usées domestiques (**Daghbouche R, Djebaili N**).

II.6.5. Résultats (2017-2018)

L'étude hydro chimique des eaux de la région d'Sbikha, montre que cette étude a permis une évaluation de la qualité physico-chimique des eaux de Sebkhah et des eaux souterraines des hauts plateaux constantinois. L'analyse des résultats a révélé que les eaux des points contrôlés sont affectées par une pollution d'origine géologique et anthropique. Les eaux de la partie aval sont caractérisées par des valeurs élevées de la conductivité électrique et des chlorures associées au sédiment évaporitique.

Les diagrammes de PIPER, et SCHOELLER-BERKALOFF ont montré que les faciès chimiques sont (chlorurée et sulfatées calciques et magnésienne) ; et à partir du diagramme Sheller Berkallof la majorité des eaux analysées présentent 2 faciès chimique : (l'eau est sulfatées calciques), un second ordre le faciès (bicarbonaté calcique) le plus dominant.

([Harrat R, Kherbache A](#)).

Conclusion

L'étude hydrochimique de la zone de Mahmal, a porté sur les éléments majeurs des eaux de la nappe phréatique. Plusieurs campagnes de prélèvements ont été menées, sur une période de cinq ans (2013-2018). Les analyses révèlent une grande diversité des compositions chimiques, les résultats d'analyses des échantillons précédentes se répartissant entre 5 faciès : sulfatées calciques, bicarbonaté calcique, chlorurée, sulfatées calciques et magnésienne.

Les analyses montrent que :

*Dans la zone d'étude la dégradation de la qualité des eaux est due essentiellement à la présence des nitrates qui semblent être liés aux eaux usées rejetées sans traitement et à l'utilisation des engrais en agriculture.

*La minéralisation des eaux, qui est généralement élevée, fait peser un risque de salinisation des sols.

*L'irrigation avec des eaux riches en sels peut entraîner la fixation de sodium sur le milieu adsorbant du sol, donc un processus de salinisation.



CHAPITRE III: MATERIEL ET METHODES



III.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. Quinze échantillons sont prélevés et analysés afin de comprendre l'origine et l'évolution de la qualité d'eau, ces dernières sont choisies de manière à représenter fidèlement le chott (Figure 18). Un planning de prélèvement des échantillons a été effectué le mois d'Avril 2019 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 et le Laboratoire de l'université Abbes Laghrour Khenchela.

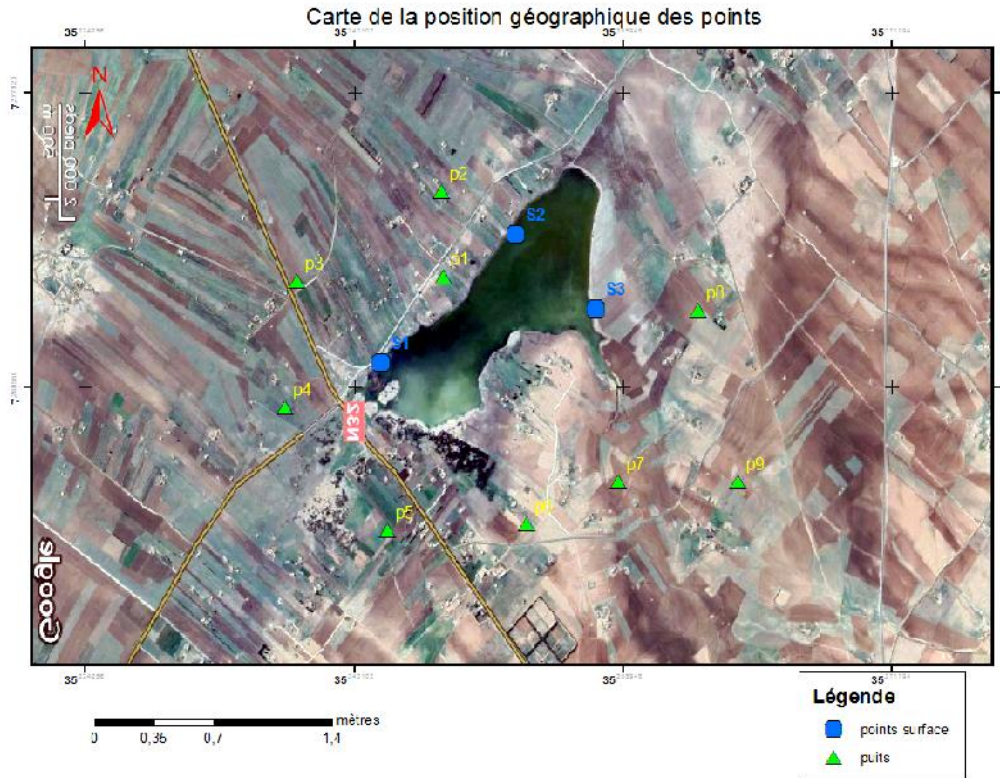
III. 2. Méthodologie

La méthodologie suivie est l'observation de la zone d'étude le mois d'Avril 2019, elle consiste en missions de terrains, travaux de laboratoires, traitement et analyse des données recueillies avec notamment des logiciels appropriés (Diagramme, Excel, Surfer).

III.2.1. Missions de terrains

A) Mission de reconnaissance

La reconnaissance du chott a été effectuée en Avril 2019, elle nous a permis de délimiter la zone d'étude dans l'espace, de choisir les points de prélèvements des échantillons d'eau, les limites de la zone d'étude sont les limites naturelles du chott.



Carte 3 : la position géographique des points

Tableau 11: les coordonnées des points de prélèvements

N° d'échantillons	Les coordonnées	L'altitude
1	255° O	1070 M
3	216° SO	1060 M
4	150° SE	1070 M
5	281° O	1080 M
6	202° S	1040 M
7	339° N	1050 M
8	302° NO	1070 M
9	5° N	1070 M
10	185° S	1070 M
11	148° SE	1070 M
12	188° S	1080 M

B) 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.). (**Rodier**), 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.

➤ Dans le cas du prélèvement à partie d'un robinet, il sera indispensable de faire couler l'eau pendant un certain temps (10 mn au moins).

Les porte-échantillons sont des bouteilles en plastique, d'un demi-litre de volume. Elles sont rincées trois fois avec de l'eau distillée et une fois avec avant les prélèvements. Les échantillons ainsi prélevés sont conditionnés dans un lieu à l'abri de la lumière et à une basse température. Pour cela nous avons effectué les prélèvements en profondeur et en utilisant des bouteilles en plastique (0,5L) 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 et cela pour ne pas altérer l'échantillon (**Rodier**)

Les échantillons destinés à l'analyse chimique doivent être prélevés pendant les heures normales d'exploitation, de 15 à 30 cm sous la surface de l'eau ou, lorsque la profondeur du bassin est inférieure à 30 cm, à mi-chemin entre la surface de l'eau et le fond du bassin.

Les échantillons doivent être prélevés dans une partie peu fréquentée par les baigneurs au moment du prélèvement. Il faut également effectuer le prélèvement entre la sortie du système de filtration et le retour d'eau. Dans le cas des bains tourbillons, les échantillons peuvent être prélevés en tous points sous la surface de l'eau.

De plus, il est essentiel de respecter rigoureusement l'ensemble des instructions fournies par le fabricant des différentes trousse de mesures chimiques utilisées. Il est aussi primordial que la personne qui effectue les prélèvements ait les mains très propres pour éviter toute

contamination subséquente (par la sueur, par des résidus de produits chimiques, etc.) au cours des manipulations.

Les cellules de mesure des différentes trousses doivent être propres et transparentes. Il faut les rincer avec l'échantillon avant de les remplir et d'ajuster le niveau de liquide. Il faut ensuite les essuyer avec un tissu propre et doux avant d'effectuer les comparaisons de couleur pour que les parois externes soient propres et sèches. Les cellules doivent toujours être remplies au niveau demandé pour éviter des écarts dans les mesures.

C) Mesure physico-chimique in situ :

A chaque campagne d'échantillonnage, des mesures physico-chimiques ont été effectuées, il s'agit de la température, du pH et de la conductivité électrique, le total des solides dissous (TDS), l'oxygène dissout et la salinité, ont été mesurés à l'aide d'un multi paramètre de type « CONSORT C931 », Cet appareil permet de mesurer la salinité, mais vu la grande concentration des saumures, il affiche toujours le message hors échelle

- **Mesure de la température T (°C)**

La température est un paramètre intéressant dans l'étude des eaux elle joue un rôle très important dans la solubilité des minéraux. La mesure de température est effectuée sur terrain, on utilise souvent dans ce but un thermomètre ou un multi paramètre. La lecture est effectuée après une immersion de 10 Minutes ([Rodier et al, 2009](#)).

- **Mesure de potentiel d'hydrogène (pH)**

Le pH (potentiel Hydrogène) mesure la concentration en ions H⁺ de l'eau. C'est un facteur d'investigation de l'acidité ou de l'alcalinité d'une eau ([Coulibaly, 2005](#)). Il est mesuré sur le terrain à l'aide d'un pH-mètre portatif.

- **Mesure de la conductivité électrique (CE)**

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm² de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm, mesurée au moyen d'un conductimètre électrique, donnant des mesures en $\mu\text{s. cm}^{-1}$ ([Rodier et al., 2005](#)).

- **Mesure la salinité (SAL)**

La salinité désigne la masse totale de substances solides dissoutes dans un kilogramme d'eau, ainsi selon Sorensen (1902), la salinité est définie comme la masse exprimée en grammes des composés solides contenus dans un kilogramme d'eau. La salinité était alors notée « S » et s'exprimait en g/kg ou en %.

- **Mesure de la turbidité**

La mesure de la turbidité permet de préciser les informations visuelles sur l'eau. La turbidité traduit la présence de particules en suspension dans l'eau (débris organiques, argiles, organismes microscopiques). Les désagréments causés par une turbidité auprès des usagers sont relatifs car certaines populations sont habituées à consommer une eau plus ou moins trouble et n'apprécient pas les qualités d'une eau très claire. Cependant une turbidité forte peut permettre à des micro-organismes de se fixer sur des particules en suspension. La turbidité se mesure sur le terrain à l'aide d'un turbidimètre.

D) Le Mode opératoire

Pour la **température**, plonger immédiatement la sonde du multi paramètre dans la source de l'eau à analyser jusqu'à la stabilisation de la température, la mesure de la température a été effectuée sur le terrain, au même endroit et au même moment avec **le pH**. La mesure de **la conductivité électrique et la turbidité** se font sur terrain et elles se refont au laboratoire à l'aide d'un conductimètre.

La mesure de la **salinité**, se fait au moyen d'un multi-paramètre « CONSORT C931 » sur terrain et elle se refait au laboratoire à l'aide d'un multi-paramètre de paillasse.

III.2.2. Analyses chimiques au laboratoire (Dosage des ions majeurs)

Les analyses des paramètres chimiques des échantillons sont effectuées au niveau du *Laboratoire de l'ADE* et le *Laboratoire de l'université Abbes Laghrour Khenchela*. Les éléments chimiques majeurs concernés par cette étude analytique sont :

* **Cations** : NH_4^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ et K^+

* **Anions**: Cl^- , SO_4^{2-} , NO_2^- , HCO_3^- et NO_3^-

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.

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

Pour la préparation des échantillons pour l'analyse, l'eau doit être filtrée à l'aide d'un papier filtre n°1 (Figure 17) qui élimine la matière en suspension qui est toujours présente dans l'eau naturelle sous forme de particules d'origine minérale, organique ou biologique.



Figure 17: filtration des échantillons.

A) Analyse par spectrophotométrie UV-Visible (PC MultDirect) :

La spectrophotométrie UV-Visible est une méthode d'analyse utilisée pour les éléments quantitative et qualitative qui présente un grand intérêt pour le dosage de cations et d'anions. Elle est fondée sur la mesure de la quantité d'énergie absorbée par les molécules traversées par un faisceau de la lumière monochromatique. L'énergie absorbée correspond à une transition électronique d'un niveau fondamental à un niveau excité (**Tahar-Cherif, 1994**).

- **Principe**

La technique de spectrophotométrie ou d'absorptiométrie est basée sur la propriété de la matière, et plus particulièrement de certaines molécules, d'absorber certaines longueurs

d'ondes du spectre UV-visible. Elle permet de réaliser des dosages grâce à la *loi de Beer-Lambert* qui montre une relation de proportionnalité entre l'absorbance et la concentration, aussi bien qu'une étude structurale des complexes par l'étude des spectres d'absorption.

Cette méthode est basée sur l'utilisation d'un spectrophotomètre qui détermine l'absorption d'une solution pour une longueur d'onde donnée ou pour une plage de longueurs d'ondes judicieusement choisie.

- **Manipulation**

La manipulation dépend du spectroscope utilisé. Néanmoins, il est impératif de préparer au moins deux cuves :

- une cuve où le produit dont on veut le spectre est dilué dans un solvant
- une cuve de solvant pur qui servira de référence (appelé le " blanc ")

On réalise le spectre entre une longueur d'onde de départ et une longueur finale.

Remarque : le solvant peut être un mélange de solvant.

Le blanc est nécessaire. En effet, si le solvant absorbe dans le domaine de longueur d'onde choisit pour tracer le spectre, on va avoir superposition des courbes. Le spectrophotomètre fait la différence des deux signaux de transmission : il ne reste plus que le spectre du produit dilué.



Figure 18: Le spectrophotomètre UV-Visible.

Les éléments chimiques utilisés par le spectromètre UV sont: NH_4^+ NO_2^- NO_3^- et SO_4^{2-}

DETERMINATION DE L'AZOTE AMMONIACAL (NH_4^+)

➤ **Principe:**

Mesure spectrophotométrique du composé bleu formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et Hypochlorite en présence de Nitroprussiate de Sodium.

➤ **Mode opératoire:**

- ✓ Prendre 40 ml d'eau à analyser
- ✓ Ajouter 4 ml d réactif I
- ✓ Ajouter 4 ml du réactif II et ajuster à 50 ml avec l'eau distillée et attendre 1 h.
- ✓ L'apparition de la coloration verdâtre vers bleuâtre indique la présence de : NH_4^+
- ✓ Lire au spectrophotomètre.

➤ **Expression des résultats:**

Le résultat est donné directement en mg/l.

DETERMINATION DES NITRITES (NO_2^-)

➤ **Principe :**

La diazotation de la sulfanilamide en milieu acide et sa copulation avec la le N(Naphtyle) éthylène diamine donne un complexe coloré pourpre susceptible d'un dosage colorimétrique.

➤ **Mode opératoire :**

- ✓ Prendre 50 ml d'eau à analyser
- ✓ Ajouter 1 ml d réactif mixte.
- ✓ L'apparition de la coloration rose indique la présence des NO_2^- .
- ✓ Lire au spectrophotomètre.

➤ **Expression des résultats :**

Le résultat est donné directement en mg/l.

DETERMINATION DES NITRATE (NO_3^-) (Méthode au Salicylate de Sodium)

La lecture se fait à la longueur d'onde 420 nm.

➤ **Principe :**

En présence de Salicylate de Sodium, les Nitrates donnent de Paranitrosnylate de Sodium coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimètre

➤ **Mode opératoire :**

- ✓ Prendre 10 ml de l'échantillon à analyser.
- ✓ Ajouter 2 à 3 gouttes de NaOH à 30 %

- ✓ Ajouter 1 ml de Salicylate de Sodium.
- ✓ Evaporer à sec au bain marie ou à l'étuve à une température de 75-88 °C.
- ✓ (Ne pas surchauffer ni surcharger très longtemps) laisser refroidir.
- ✓ Reprendre le résidu avec 2 ml de H₂SO₄ pur laissé reposer 10 mn.
- ✓ Ajouter 15 ml d'eau distillée
- ✓ Ajouter 15 ml de Tartrate double de Sodium et de Potassium.
- ✓ Lire au spectrophotomètre.

➤ **Expression des résultats :**

Le résultat est donné directement en mg/l.

DETERMINATION DES SULFATES SO₄²⁻

➤ **Mode opératoire :**

- ✓ Prendre 20 ml d'eau à analyser puis compléter à 100 ml d'eau distillée.
- ✓ Ajouter 5 ml de la Solution Stabilisante
- ✓ Ajouter 2 ml de Chlorure de Baryum.
- ✓ Agiter énergiquement pendant 1 mn.
- ✓ Lire au spectrophotomètre.

La lecture se fait à une longueur d'onde 420 nm.

➤ **Principe:**

Les ions Sulfates SO₄²⁻ sont précipités et passés à l'état de Sulfates de Baryum en présence de

➤ **Expression des résultats:**

Le résultat est donné directement en mg/l.

B) La spectrophotométrie à Flamme :

Pour un atome à l'état libre, le passage de l'état fondamental à l'état excité est conditionné à la fourniture d'un quantum d'énergie correspondant à la différence d'énergie entre le niveau excité (E_n) et le niveau fondamental (E₀), plusieurs transitions électroniques étant possibles suivant la quantité d'énergie fournie. Ce transfert correspond à une absorption d'énergie, qui peut être réémise spontanément sous forme de photons lors du retour à l'état fondamental initial. L'utilisation de ce phénomène constitue la base de la spectrométrie d'émission, encore appelée photométrie de flamme (Rodier, 2009).

- **Principe**

Lorsqu'une solution est pulvérisée dans une flamme, l'eau ou le solvant s'évapore ; les sels et leurs produits de décomposition sont dissociés à l'état d'atomes ou de radicaux. Ceux-ci sont excités par l'énergie thermique de la flamme, leur retour à l'état fondamental s'accompagne de l'émission d'une radiation de fréquence caractéristique de l'élément mis en solution et dont l'intensité est fonction de sa concentration. L'élément est dosé en mesurant l'intensité des raies émises par la fraction des atomes passés à l'état excité. En effet, pour une population d'éléments atomisés dans la flamme, une fraction est excitée et provoque une émission lumineuse dont l'intensité est proportionnelle à la concentration en éléments excités et donc à la concentration de cet élément dans l'échantillon. Cette relation suppose que la fraction d'éléments atomisés est rigoureusement identique tout au long de la procédure, ce qui ne peut être assuré que pour de faibles concentrations en éléments et pour des conditions instrumentales rigoureusement identiques (**Rodier**).

- **Réglages préliminaires**

Le flux lumineux reçu par la cellule contient la somme de deux flux :

L'un provient de l'émission de l'élément à doser, l'autre provient de la flamme elle-même.

Cette dernière émission est le fond de flamme. Ce fond de flamme peut être compensé à l'aide de boutons qui permettent de ramener la valeur de l'indication à zéro lorsque l'échantillon est constitué d'eau distillée. Le photomètre étant branché et réglé sur la position Na (ou K), pulvériser de l'eau distillée et faire le réglage du zéro (Afficher 0 à l'aide du bouton «Blank»)

- **Mesures**

- Placer le filtre sur Na ou K selon le dosage.

- mesurer les éthanols (Na^+ et K^+) pour 100,50 et 25 ppm à l'aide des deux potentiomètres « sensitivity fine et coarse ».

- noter l'indication correspondante à chaque solution.

- Faire passer la solution à doser (les échantillons), noter la graduation.

- Entre chaque mesure, rincer le dispositif de pulvérisation à l'eau distillée.

Les éléments chimiques utilisés par le spectromètre à flamme sont : **Na^+ et K^+**



Figure 19: les étalons mesurés par le spectromètre ont flamme.



Figure 20: La spectrophotométrie à Flamme.

C) La méthode titrimétrique :

La titrimétrie comprend l'ensemble des méthodes analytiques basées sur la détermination d'un réactif de concentration connu qui est nécessaire pour réagir complètement avec une solution de volume connu contenant la substance à analyser (l'analyte). Le réactif peut être une solution étalon (c-à-d une solution de concentration connue avec précision) (titrage volumétrique), un produit chimique (titrage gravimétrique ou par précipitation) ou un courant électrique de grandeur connue (titrage coulométrique).

Une titration consiste à déterminer la concentration d'une espèce chimique en solution par une réaction de neutralisation de cette espèce : une solution de concentration connue, appelée titrant, est utilisée pour neutraliser une espèce chimique, appelée analyte, contenue dans la solution à titrer. Le point de neutralisation, ou équivalence, est connu via la mesure continue d'un paramètre directement lié à cette réaction de neutralisation (ex : changement de couleur, pH, potentiométrie). Il s'agit du moment où le titrant et l'analyte ont réagi dans des proportions stoechiométriques : la quantité de titrant utilisée renseigne alors sur la quantité d'analyte présent dans l'échantillon. Le volume équivalent de titrant est ensuite déterminé de manière très précise par la méthode de Gran (1952).



Figure 21: Le dosage titrimétrique.

DETERMINATION DES CHLORURES Cl^- (Méthode de MOHR)

➤ Principe :

Les Chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de Nitrate d'Argent en présence de Chromate de Potassium. La fin de réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge caractéristique du Chromate d'Argent.

➤ **Mode opératoire :**

- ✓ **Le blanc:** Prendre 100 ml d'eau distillée + 1 ml de K₂CrO₄. Puis titrer avec le l'AgNO₃ à 0.02 mole/l.
- ✓ **Le titre:** Prendre 10 ml de NaCl à 0.02 mol/l +90 ml d'eau distillée + 1 ml de K₂CrO₄. Puis titrer avec le l'AgNO₃ à 0.02 mole/l.
- ✓ **L'échantillon:** Prendre 100 ml d'échantillon + 1 ml de K₂CrO₄. Puis titrer avec le l'AgNO₃ à 0.02 mole/l.

Le tirage se fait jusqu'au virage rouge brique.

✓ **Calcul :**

$$[Cl^-] = (VE - VB) * C * F / PE$$

VE : Volume de l'AgNO₃ utilisé pour l'échantillon.

VB : Volume de l'AgNO₃ utilisé pour le blanc.

PE : la prise d'essai 100 ml

C : La concentration réelle de l'AgNO₃ en mole/l ($C = 0.02 * \text{Titre} / \text{Titre} = 10 / VT$)

F : La masse molaire du Chlore M=35.5 g/mole.

DETERMINATION TH ET TAC (Méthode de MOHR)

➤ **Principe :**

Le Titre Alcalimétrique Complet (TAC) correspond à la teneur de l'eau en Alcalis libres, Carbonates et Bicarbonates. (**Bicarbonate= TAC*12.2**) ; (**Magnesium= (TH-CA)*4.86**).

➤ **Titre Hydrométrique (TH):**

Prendre 50 ml d'échantillon, ajouter 4 ml de KID, ajouter 2 gouttes de NET et titrer avec EDTA pour obtenir le virage Bleu.

➤ **Titre Alcalimétrique Complet (TAC):**

- ✓ **Le blanc :** Prendre 100 ml d'eau distillée + 3 gts de Méthyle orange. Puis titrer avec le H₂SO₄ (N/50).
- ✓ **Le titre :** Prendre 10 ml de NaOH (N/50) +90 ml d'eau distillée + 3 gts de Méthyle orange. Puis titrer avec le H₂SO₄ (N/50).
- ✓ **L'échantillon :** Prendre 100 ml de l'échantillon plus 3 gouttes de Méthyle orange. Puis titrer avec le H₂SO₄ (N/50).

Le tirage se fait jusqu'au virage jaune

DETERMINATION DU Ca²⁺ (Méthode Rodier 8ème ED 2005)

➤ **Principe :**

Les alcalinoterreux présents dans l'eau sont amenés à former un complexe du type chélate par le sel di sodique de l'Acide Ethylène diamine tétra cétique à pH 10. La disparition des dernières traces d'éléments libres à doser est décelée par le virage de deux indicateurs sur un même échantillon s'effectue le dosage successif du Calcium.

➤ **Mode opératoire :**

Prendre 50 ml d'eau à analyser. Ajouter 2 ml de NaOH. 3 gouttes de Bleu ajouter 0.2g de HsH. Verser la quantité nécessaire de solution d'EDTA pour obtenir le virage au violet.

III.2.3. La représentation simplifiée des caractéristiques chimiques des eaux

L'interprétation des analyses chimiques reposent sur la cartographié hydro-chimiques pour illustrer le faciès chimique des eaux et remonter leur origine. Cette représentation utilise des diagrammes puisés dans le logiciel qui s'appelle **DIAGRAMME** initié par le docteur Roland SIMMLER du laboratoire d'hydrogéologie de l'université d'Avignon. Le recours a des diagrammes et graphiques divers et donc assez fréquent et utile en hydrochimie.

A. Diagramme de piper

Le diagramme de Piper permet de représenter le faciès chimique d'un ensemble d'échantillons d'eaux. Il est composé de deux triangles équilatéraux à la base surmontés d'un losange au milieu permettant de représenter le faciès hydro-chimiques des eaux par rapport à la concentration relatives des cations et des anions. Ce type de diagramme est particulièrement adapté pour étudier l'évolution du faciès des eaux lorsque la minéralité augmente ou bien pour distinguer des groupes d'échantillons (Valles, 2007).

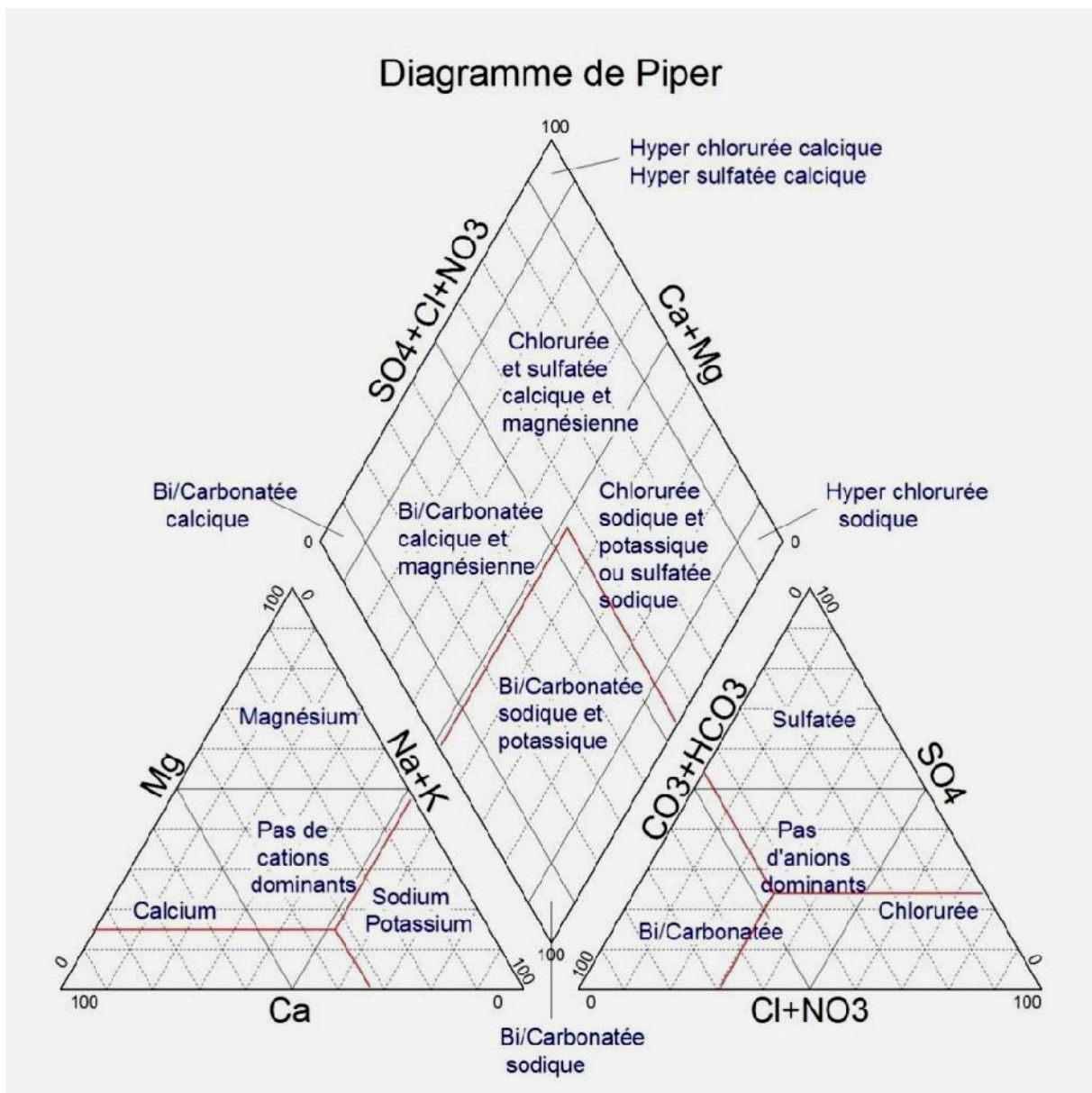


Figure 22: Diagramme de Piper.

B. Diagramme de Schoëller et Berkaloff

Le diagramme de Schoëller et Berkaloff permet de représenter le faciès chimique de plusieurs eaux. Chaque échantillon est représenté par une ligne brisée. La concentration de chaque élément chimique est figurée par une ligne verticale en échelle logarithmique. La ligne brisée est formée en reliant tous les points figurant les différents éléments chimiques. Un groupe d'eau de minéralité variable mais dont les proportions sont les mêmes pour les éléments dissous, donnera une famille de lignes brisées parallèles entre elles. Lorsque les lignes se croisent, un changement de faciès chimique est mis en évidence. Il est ainsi possible de visualiser le faciès chimique, comme pour le diagramme de Piper, mais aussi la minéralisation de l'eau, ce qui est appréciable. Toutefois, la visualisation du faciès est moins aisée qu'avec le diagramme de Piper (Valles, 2007).

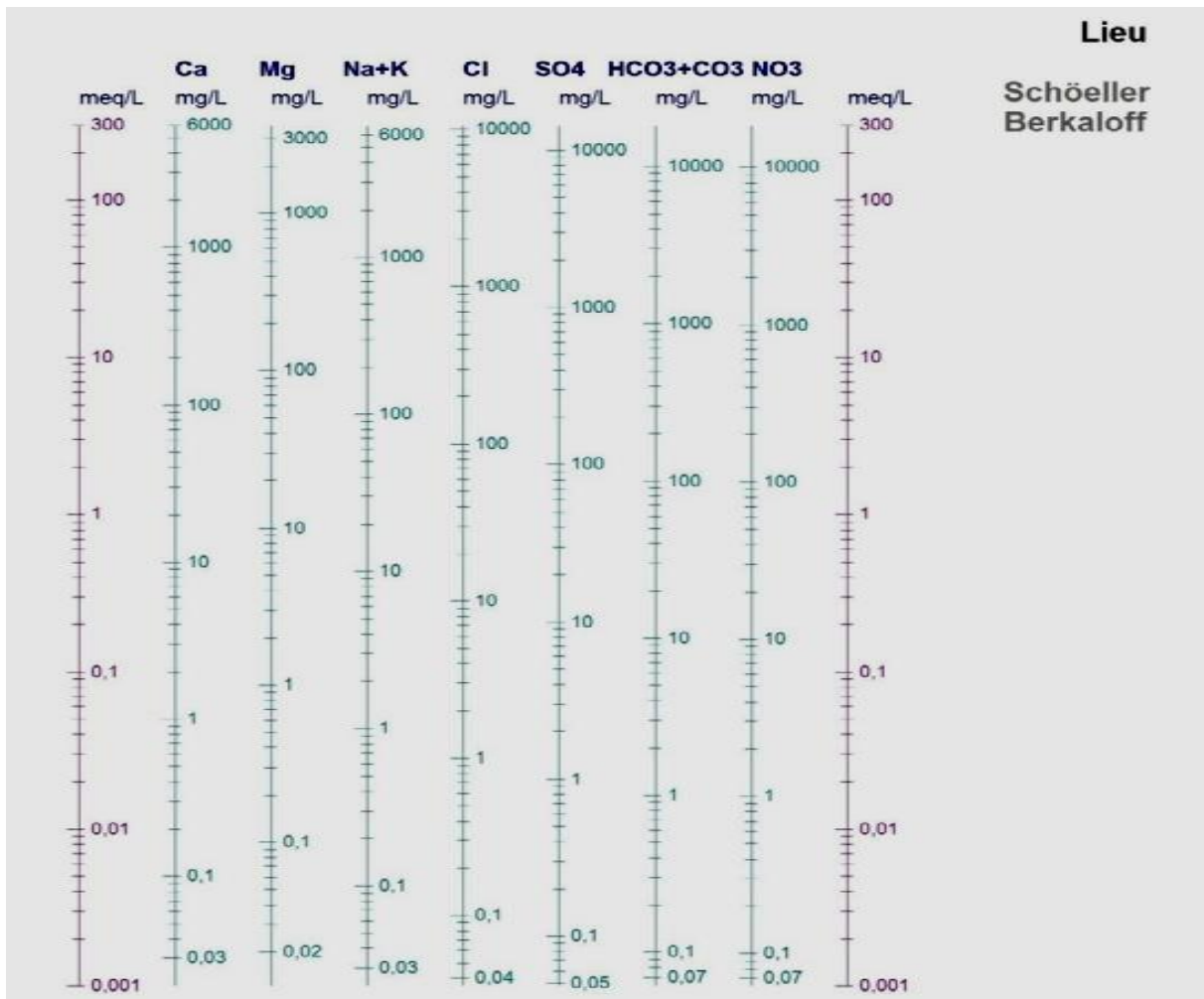


Figure 23: Diagramme de Schoëller et Berkaloff.



CHAPITRE IV: RESULTATS ET DISCUSSION



IV.1. Caractéristiques physico-chimiques des eaux

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

- **Température**

La température d'une eau joue un rôle déterminant dans la modification des propriétés physiques et chimiques de l'eau. Elle influence, en effet, les réactions biologiques qui se produisent dans l'eau (Makhoukh, 2011; Akil et al.2014). Elle a une grande influence sur un certain nombre de contaminants chimiques et de constituants inorganiques susceptibles d'avoir des effets sur le goût de l'eau. À température élevée, le développement des micro-organismes est favorisé et les problèmes de goût, de couleur et d'odeur peuvent augmenter (OMS, 2011).

Tableau 12: Valeurs de la température mesurée

Les sources	S1	S2	S3	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
Température (C°)	19.3	21.2	22	15.5	15	16	15.5	17	16.5	16	16	13

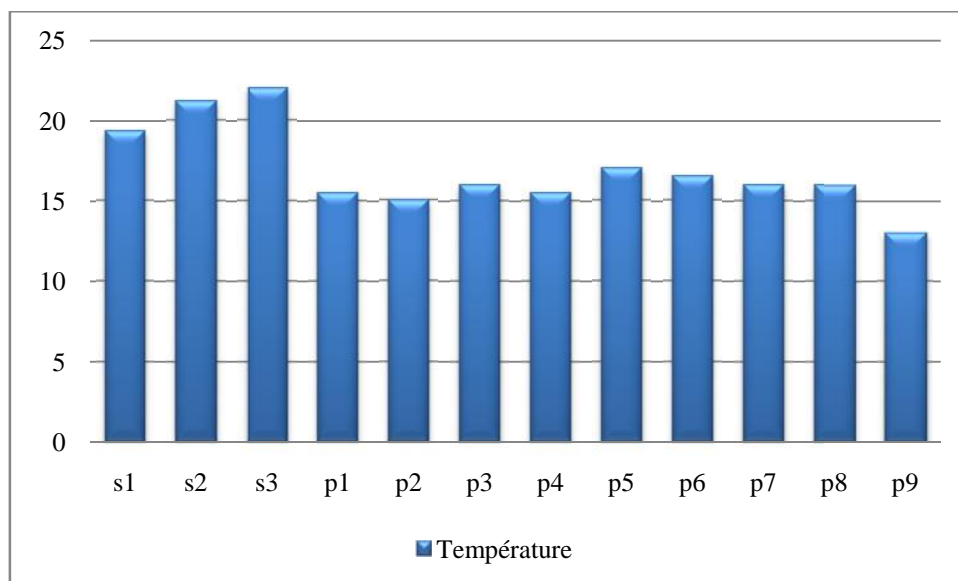


Figure 24: Histogrammes de variation de température des eaux de Sebkhah (Avril, 2019)

Dans la zone d'étude, la température a présenté une petite variation d'un point à un autre (Fig.24) avec un minimum de 13 °C, et un maximum de 22 °C.

Les résultats obtenus montrent que la température des eaux mesurées dans la région de Sebkhah au niveau des points (S1, S2, S3, P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9) elles ne dépassent pas la norme fixée par l'organisation mondiale de la santé (25°C). (OMS, 2008).

Les valeurs de températures mesurées sont influencées par les conditions climatiques et notamment la température de l'atmosphère, et montre également que notre nappe est classée comme nappe non profonde.

- **Le potentiel hydrique (pH)**

Le potentiel hydrogène, noté pH, mesure l'activité chimique des ions hydrogènes en solution. En général, il est sans effet direct sur les consommateurs (OMS, 2011). Cependant, il fait partie des paramètres essentiels de contrôle de la qualité de l'eau. Car, il conditionne un large éventail d'équilibres physico-chimiques entre les gaz dissous (CO₂), les ions carbonates et bicarbonates (Belghiti et al 2013, Akil et al., 2014). Le pH des eaux naturelles est principalement imposé par les équilibres des acides carboniques (Rodier et al. 2009). Il est aussi influencé par la nature du substratum sol, la géologie et l'origine des eaux (Belghiti et al 2013).

Tableau 13: Valeurs de Ph mesurée

Les sources	S1	S2	S3	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
pH	7.6	7.72	8	7.4	7.46	7.41	7.3	7.4	7.3	7.7	7.6	7.6

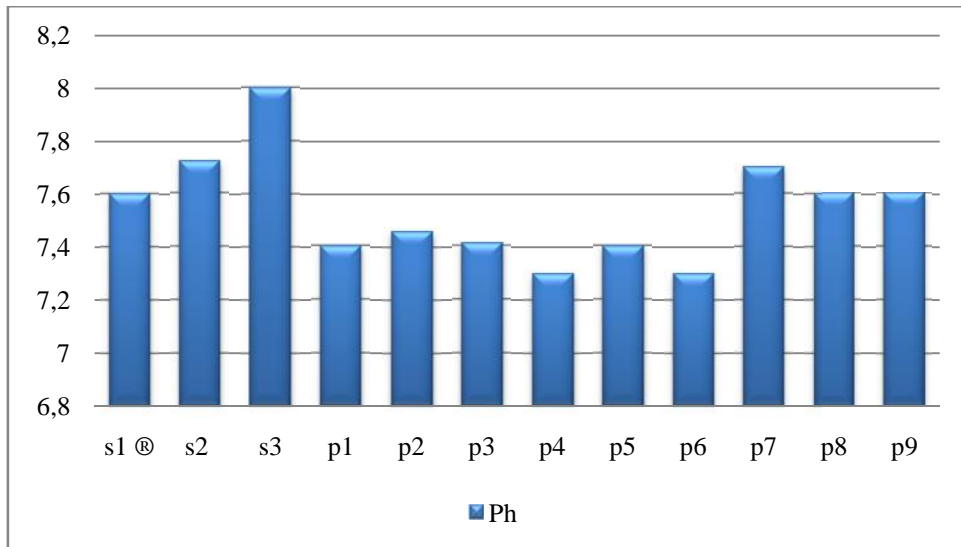


Figure 25: Histogramme de variation de PH des eaux de Sebkha (Avril, 2019)

Le pH des eaux analysées varie entre 7,3 et 8,0 ceci explique qu’il n’y a pas de grands écarts de pH entre les eaux souterraines et superficielles. Les valeurs ne dépassent pas la norme fixée par l’organisation mondiale de la santé (6,5-9,5) (OMS 2008).

En générale les eaux de la plaine sont alcalines.

- **La turbidité**

La turbidité est un paramètre efficace de contrôle de qualité de l’eau. Elle est causée par des particules présentes dans l’eau et agit sur l’efficacité des processus de traitement et de désinfection. Elle n’a pas une signification sanitaire mais elle doit être maintenue à un niveau faible pour être acceptable par les consommateurs.

Tableau 14: Valeurs de la turbidité mesurée en NTU

Les sources	S1	S2	S3	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
Turbidité (NTU)	115	37.4	21.3	0.61	5.02	0.85	58	0.56	0.3	77.3	10.4	2.14

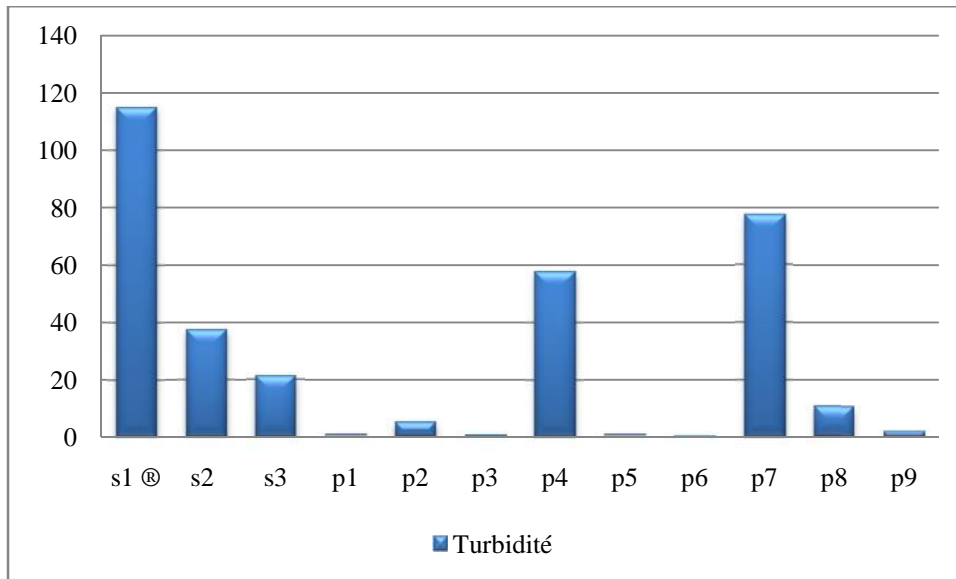


Figure 26: Histogramme de variation de la turbidité des eaux de Sebkhah (Avril, 2019).

La turbidité est un paramètre physique très important pour le contrôle de qualité des eaux. On trouve des valeurs très élevées au niveau des points suivants (S1, S2, S3, P4, P7, P8) entre 5 NTU et 115 NTU (Figure 26). Ces teneurs de turbidité enregistrées dépassent largement la valeur limite acceptable pour les eaux destinées à la consommation humaine qui est de 5 NTU (OMS, 1996).

- **La conductivité**

D'après Rodier et al. (2009), la conductivité électrique d'une eau est "la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm² de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm ". Largement fonction de la température, sa mesure permet d'apprécier le niveau de minéralisation d'une eau (Belghiti et al., 2013, Rodier et al., 2009). L'OMS (2000) fixe à 1200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ comme limite de référence de la conductivité électrique mesurée à 25 °C pour une eau potable.

Tableau 15: Valeurs de conductivité mesurée en $\mu\text{S}/\text{cm}$

Les sources	S1	S2	S3	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
Conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	1580	2100	600	6400	2170	2270	4280	4120	2040	1430	1400	800

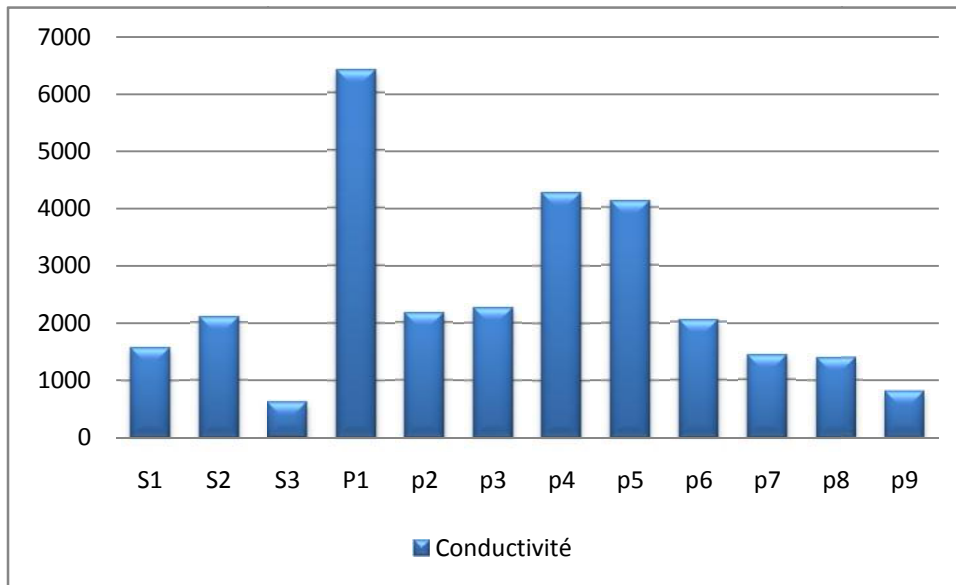


Figure 27: Histogramme de variation de la conductivité électrique des eaux de Sebkhia (Avril 2019)

La conductivité électrique (CE) des eaux analysées est supérieure à la valeur de la norme algérienne de eau surface (JORA, 2012) (<2800 µS/cm)

Les valeurs de la conductivité électrique des eaux sont importantes dans la majorité des eaux de la zone d'étude ; elles varient de 800 µs/cm pour P9 au SE à 6400 µs/cm pour P1, donc un degré de minéralisation élevé. Cette augmentation est liée à migration des sels a partir des eaux de la Sebkhia (phénomène du biseau salé) et à la solubilité des sels dans le milieu (riches en sels minéraux), induisant une forte minéralisation de l'eau.

- **La salinité**

La salinité: Théoriquement, la salinité désigne la masse totale de substances solides dissoutes dans un kilogramme d'eau, ainsi selon Sorensen (1902), la salinité est définie comme la masse exprimée en grammes des composés solides contenus dans un kilogramme d'eau. La salinité était alors notée « S » et s'exprimait en g/kg ou en %.

Tableau 16: Valeurs de la salinité mesurée

Points	S1	S2	S3	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
Salinité (g/l)	0.5	1.2	0.4	3.1	1	1.2	2.3	2.2	1	0.7	0.7	0.5

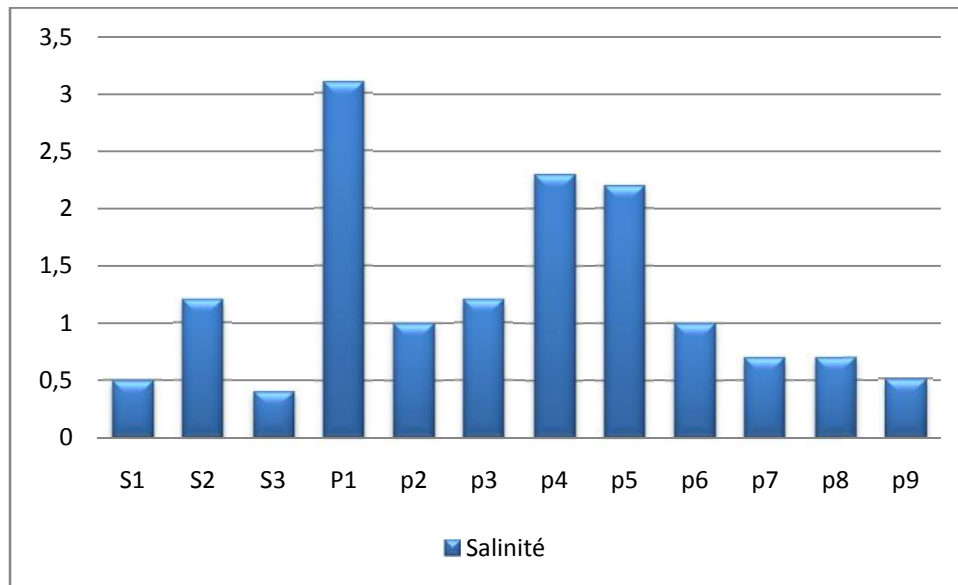


Figure 28: Histogramme de variation de salinité des eaux de Sebkhah (Avril, 2019)

Comme pour la conductivité les valeurs mesurées de salinité indiquent un taux très élevée des sels dissous, cela liée à la nature des terrains traversés riches en sels minéraux, induisant une forte minéralisation de l'eau. de même un écart est remarquable entre la salinité mesurée à (P1, P4 et P5).

Les valeurs mesurées de salinité au niveau de la région de la sebkha indiquent un taux élevée des sels dissous, varie entre 0.4 g/l et 3.1 g/l, les valeurs basses sont aux niveaux des points S1, S3, P9, P8 et P7 contrairement les valeurs élevée enregistrées aux niveaux des points P1, P4 et P5.

Ces valeurs indiquent que les eaux de points d'étude sont minéralisées par dissolution des inclusions gypsifères et salifères contenues dans le remplissage plio-quaternaire.

IV.2. Etude des paramètres chimiques

Les paramètres physico-chimiques analysés au laboratoire sont :

- **Les cations** : Calcium (Ca^{2+}), magnésium (Mg^{2+}), le sodium et le potassium (Na^{2+} et K^{+}).
- **Les anions** : Chlorures (Cl^{-}), sulfates (SO_4^{-}), bicarbonates (HCO_3^{-}).
- **Les éléments indicateurs de pollution** : les nitrates (NO_3^{-}), les nitrites (NO_2^{-}) et l'ammonium (NH_4^{+}).

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).

N	Nom	Ca ²⁺	NH ₄ ⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	So ₄ ²⁻	No ₃ ⁻	No ₂ ⁻
1	S1	93	0,87	87,5	188,5	6,2	293	423,6	29,07	0,17	0,14
2	S2	133	3,5	266,3	540,2	7,3	151,3	1490	79,305	0	0,04
3	S3	279	3,4	164,3	502,2	9,4	122	1667	64	0	0,01
4	P1	850	0,88	117	650	55	112,24	2775	136,54	40,75	0,004
5	P2	135	0,146	127	142	9	59	638	11,61	38,27	0,04
6	P3	176	0,108	83	200	22	63,44	711	12,27	10,6	0,01
7	P4	274	0,2	195	275	29	59	1585	46,96	8,06	0,1
8	P5	157	0,083	190	13	5	54	525	11,47	19,41	0,01
9	P6	239	0,1	34	90	8	174	588	9,18	0,34	0
10	P7	137	0,23	18	94	7	140	297	28,11	0,4	0,02
11	P8	144	0,17	26	17	5	106	282	18,5	0	0
12	P9	107	0,18	37	14	3	145	102	12	0,65	0,1

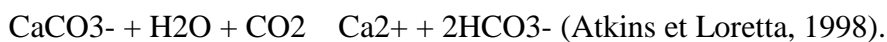
IV.2.1. Les cations

- **Calcium (Ca²⁺)**

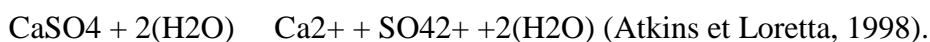
Le calcium est un des éléments les plus répandus dans la nature. Il existe dans de nombreux gisements de calcaire, de craie, de marbre, qui tous sont des variétés naturelles du carbonate de calcium CaCO₃. on trouve également de grandes quantités de gypse (pierre à plâtres) (Les ions Ca²⁺ sont dosés par complexométrie dans un milieu alcalin à pH12, en présence de la soude (NaOH) avec le Murexide comme indicateur coloré (Rodier et al., 2009).

La présence des ions de Ca²⁺ dans l'eau est liée principalement à deux origines naturelles :

- Soit la dissolution des formations carbonatées :



- Soit par la dissolution des formations gypseuses :



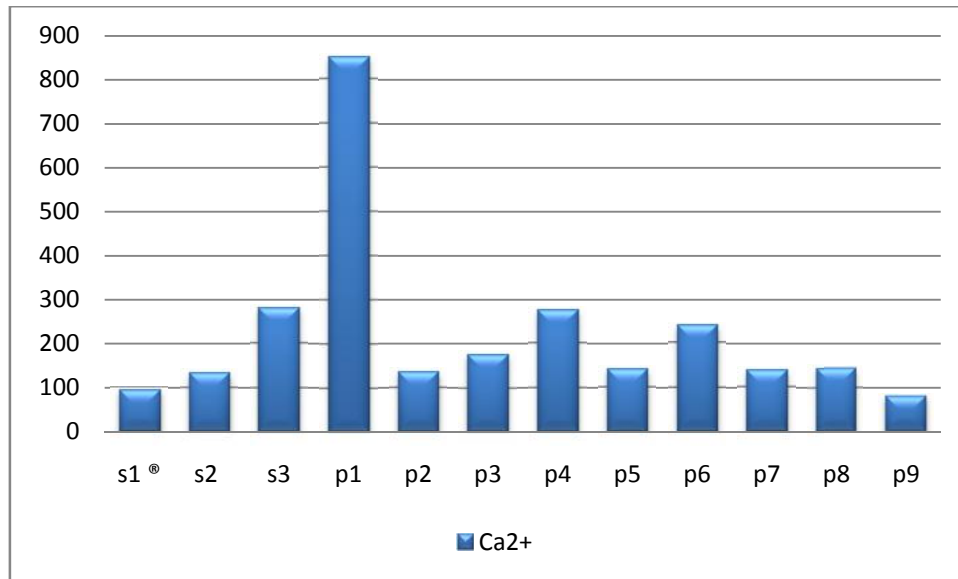


Figure 29: la teneur en calcium Ca²⁺

Les teneurs en calcium dans la Sebkhah est variée entre 80 et 850 mg/l, le puits le plus proche de la Sebkhah (P1) a la concentration la plus élevée (850 mg/l) influencés par les apports de cette dernière.

Cette variation des teneurs provient de deux origines naturelles différentes qui sont : la dissolution des formations carbonatées et la dissolution des formations gypseuses et par le phénomène d'évaporation des eaux sous l'effet des températures.

- **Magnésium (Mg²⁺)**

Le magnésium est fort répandu dans l'écorce terrestre. On trouve l'état naturel de grandes quantités de carbonate de magnésium qui constitue la minérale magnésite (MgCO₃), ainsi que la minérale dolomite (MgCO₃ et CaCO₃). Il constitue 2,1 % de l'écorce terrestre (Rodier et al., 2009). Les ions Mg²⁺ mesuré par La différence entre la dureté totale et la dureté calcique donne directement la dureté magnésienne (la teneur en magnésium) (Rodier et al., 2009).

La majorité des eaux naturelles contiennent généralement une petite quantité de magnésium, sa teneur dépend de la composition des roches sédimentaires rencontrées (Calcaires dolomitiques) : MgCO₃ Mg²⁺ + CO₃²⁻, dolomies : Ca Mg(CO₃)₂ = Mg²⁺ + Ca²⁺ + 2(CO₃⁻) du Jurassique ou du Trias moyen). Il provient de l'attaque par l'acide carbonique des roches magnésiennes et de la mise en solution du magnésium sous forme de carbonates et bicarbonates (Bermond R et Perrdon C, 1979).

Son abondance géologique, sa grande solubilité, sa large utilisation industrielle (chimie de la potasse, alliages, pyrotechnie, batteries sèches, réducteur chimique, etc.) font que les

teneurs dans l'eau peuvent être importantes, allant de quelques milligrammes à, quelque fois plusieurs centaines de milligrammes par litre (Rodier, 2009).

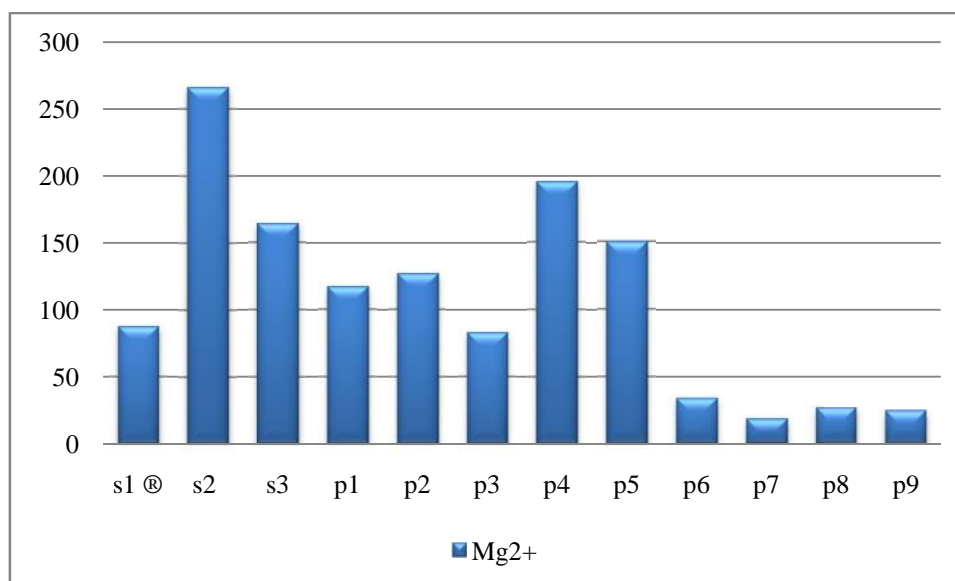


Figure 30: la teneur en Magnésium Mg²⁺

La teneur en magnésium dans la Sebkhia est variée entre (18 et 266.3 mg/l) la valeur la plus importante étant celle de l'échantillon (S2) avec une valeur de 266.3mg/l, mais il reste à noter que les concentrations en magnésium dépassent la limite souhaitable du magnésium pour l'eau de surface (150mg/l) (JORA, 2012).

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.

- **Potassium (K⁺)**

Le Potassium est issu du résultat de l'altération des argiles potassiques et la formation silicatées. Les besoins de l'organisme sont de 3 à 4 g/j, facilement fournis par l'apport alimentaire, qui est important, par exemple : les légumes verts et les fruits en contiennent 3 à 4 g/kg. Cet élément joue un rôle dans l'os molarité des cellules (Rodier et al, 2009).

Le potassium est généralement l'élément majeur le moins abondant dans les eaux après le sodium, le calcium et le magnésium ; il ne prend qu'exceptionnellement le troisième rang des cations. Le potassium se rencontre sous forme de chlorures doubles dans de nombreux minerais tels que la corrollite et la sylvinite. On le trouve également dans les cendres des végétaux sous forme de carbonate. Le potassium est un élément indispensable à la vie et

notamment à la croissance des végétaux. L'agriculture, il est utilisé comme engrais sous forme de sulfate de potassium, de chlorure de potassium, ou encore de nitrate de potassium (Pesson P, 1979).

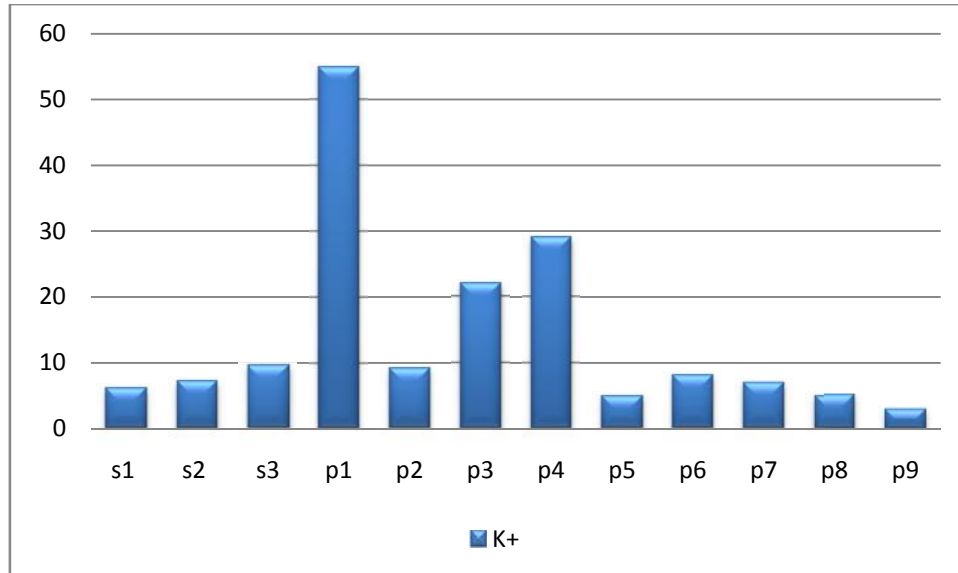


Figure 31: la teneur en potassium K⁺

Les teneurs du potassium sont généralement faibles, elles varient de 3 mg/l à 55 mg/l.

Les valeurs les plus élevées en potassium sont enregistré aux niveaux des points : P1, P3 et P4 ces valeurs dépassent la norme admissible (12 mg/l) (OMS, 2003). Contrairement les valeurs plus basses sont aux niveaux des points : P5, P8 et P9 à cause de l'altération des formations silicatées, des argiles potassiques et de la dissolution des engrais chimiques (NPK) qui sont utilisés massivement par les agriculteurs.

- **Sodium (Na⁺)**

Le sodium est un élément constant de l'eau, toutefois, ses concentrations 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 (Rodier et al., 2009).

Le sodium est un élément dit conservatif car une fois en solution, aucune réaction ne permet de l'extraire de l'eau souterraine. Les précipitations apportent une quantité de sodium minime dans l'eau souterraine, les teneurs anormalement élevées peuvent provenir du lessivage de sels, ou de la percolation à travers des terrains salés ou de l'infiltration d'eaux saumâtres (Bermond R et Perrdon C, 1979).

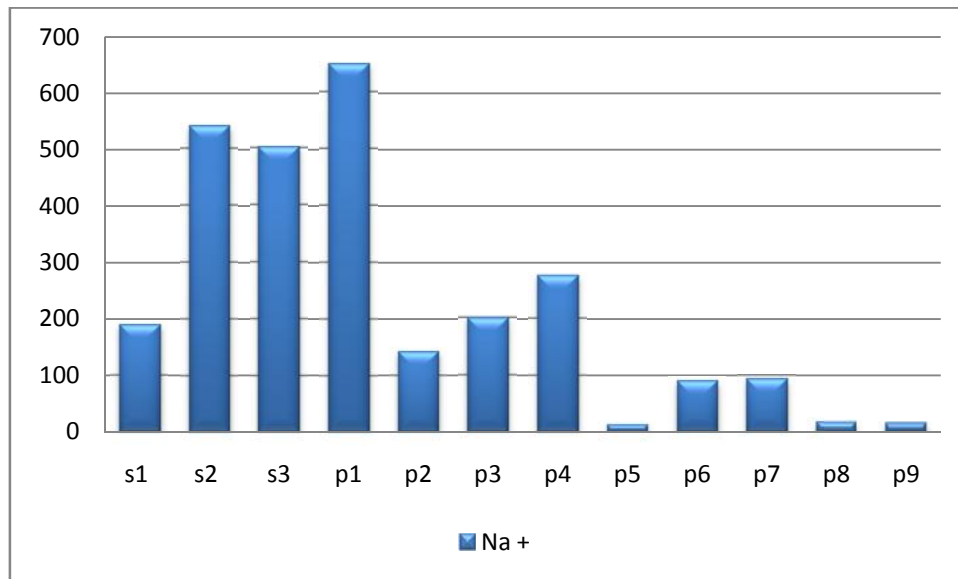


Figure 32: la teneur en sodium Na^+

L'analyse des échantillons montre que les teneurs varient entre 81,5 mg/l et 1231,4 mg/l.

Les valeurs les plus élevées en sodium sont enregistrées aux niveaux des points : S2, S3 et P1 ces valeurs dépassent la norme admissible (150 à 200 mg/l) (OMS, 2003).

Les faibles teneurs sont enregistrées au niveau de la majorité des puits (P5, P6, P7, P8, P9) ce qui explique que il y'a pas de contamination des eaux phréatique et imputé à des phénomènes de dilution.

- **Ammonium (NH_4^+)**

L'azote ammoniacal est assez souvent rencontré dans les eaux et traduit habituellement un processus de dégradation incomplète de la matière organique (Rodier et al., 2009).

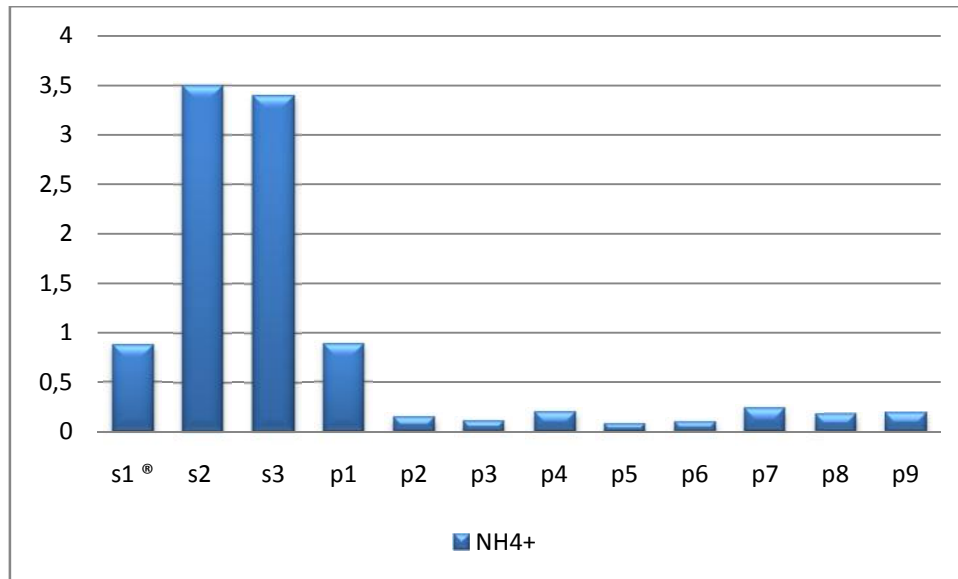


Figure 33: la teneur en Ammonium NH_4^+

L'analyse des échantillons montre que les teneurs varient de 0,083 mg /l à 3,5 mg/l. Les teneurs basses en ammonium aux niveaux des points (S1, P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9), contrairement les teneurs plus élevées enregistrés dans les points : (S2 et S3), Ces résultats dépassent les normes (0,2 mg/l) (OMS, 2003).

IV.2.2. Les anions

• Chlorures (Cl^-)

Il existe plusieurs formes de chlore, chlore gazeux, acide, hypochloreux ou ion hypochlorite, qui est le réactif le plus utilisé en additif pour la désinfection de l'eau. Sa dissolution dans l'eau conduit à la formation d'acide hypochloreux (HClO) et d'ions hypochlorite (ClO^-), la réaction d'équilibre dépendant du pH et de la température (Rodier et al, 2009).

Les chlorures existent dans toutes les eaux à des concentrations très variables (Bremond R et Vuichard R, 1973) Ils peuvent avoir plusieurs origines et sont liés principalement à la dissolution des terrains salifères. La dissolution de ces sels étant très facile d'où leurs présences en fortes concentrations dans les eaux ayant traversées les formations argilo-sableuses ou argileuses.

Ainsi, ils peuvent provenir également de l'action humaine à partir du soulage des routes, ou par contamination par les eaux usées. Les chlorures donnent un goût désagréable et posent le problème de la corrosion dans les canalisations et les réservoirs.

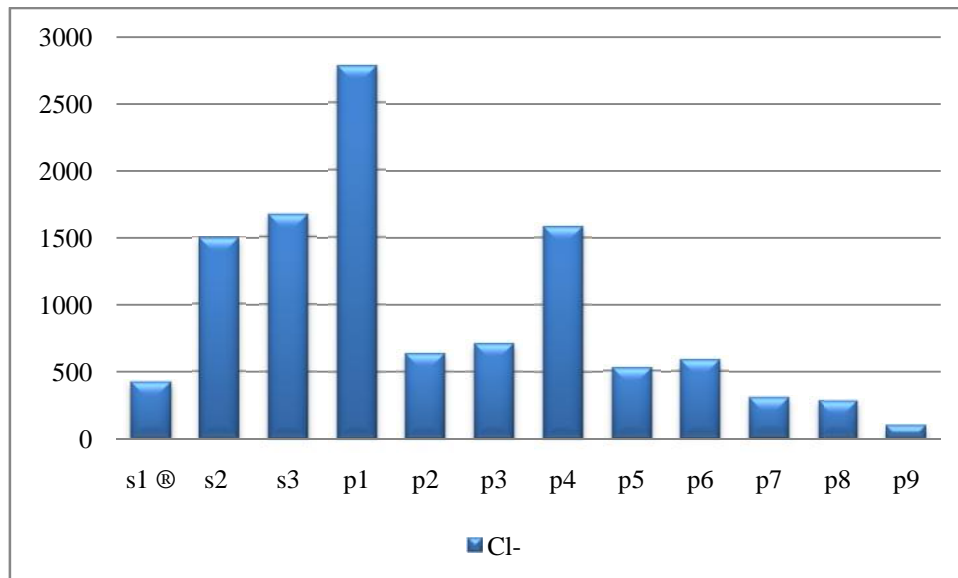


Figure 34: la teneur en chlorures Cl^-

La teneur en chlorures comprise entre 102 et 2775 mg/l.

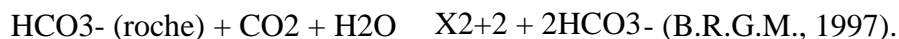
Les points (S1, S2, S3, P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8) au niveau de la région de la sebkha dépassent la norme (200 à 250 mg/l) (OMS, 2003).

On peut lier ces variations en teneur au lessivage des formations triasiques ainsi que la présence de la Sebkha qui est le responsable de pompes intensives et de migration des eaux salées.

- **Bicarbonate (HCO_3^-)**

Les bicarbonates se trouvent dans les eaux naturelles, leur présence dans l'eau est due à la dissolution des formations carbonatées tel que les calcaires et les dolomies.

Les bicarbonates résultent de l'équilibre physico-chimique entre la roche, l'eau et le gaz carbonique d'après l'équation générale suivante :



La teneur en bicarbonates dans les eaux souterraines dépend surtout de la présence des minéraux carbonatés dans le sol et l'aquifère, ainsi que la teneur en CO_2 de l'air et du sol dans le bassin d'alimentation (Matthess G, 1994).

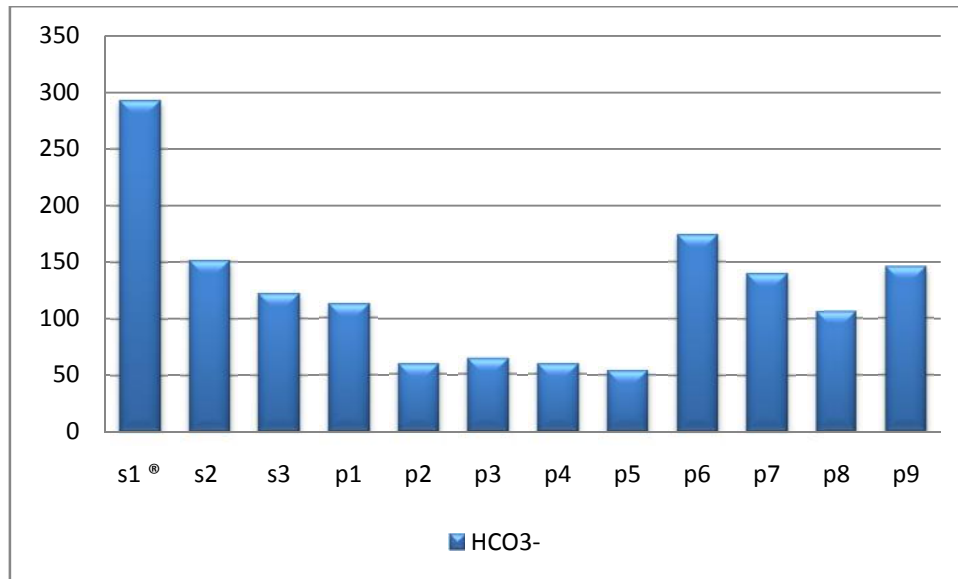


Figure 35: la teneur en bicarbonates (HCO₃⁻)

Les valeurs des bicarbonates dans les eaux analysées varient entre 54 et 293mg/l. elle dépasse fortement la norme fixée par l’OMS <50mg/L.

Son origine peut aussi être l’infiltration des produits des engrais des terres agricoles avoisinantes des zones de recharge.

- **Sulfates (SO₄²⁻)**

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 et al., 2009).

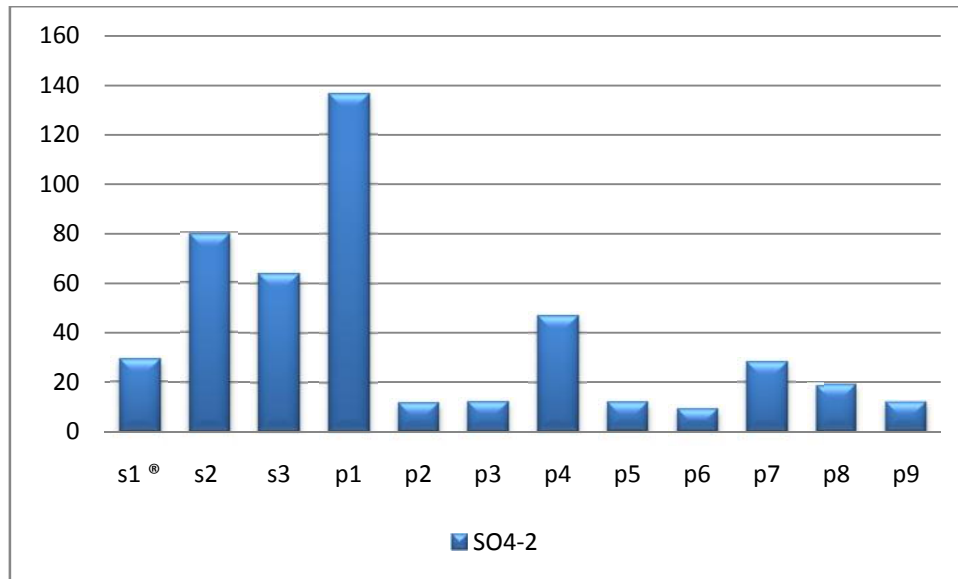


Figure 36: la teneur en sulfate (SO_4^{2-})

La teneur en sulfate varie entre 9.18 et 136.54mg/l, les 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).

- **Les nitrates (NO_3^-)**

Toutes les formes d'azote organique, ammoniacal ou nitrites sont susceptibles d'être à l'origine des nitrates par un processus d'oxydation biologique. Dans les eaux naturelles non polluées, le taux de nitrates est très variable suivant la saison et l'origine des eaux (Rodier et al., 2005).

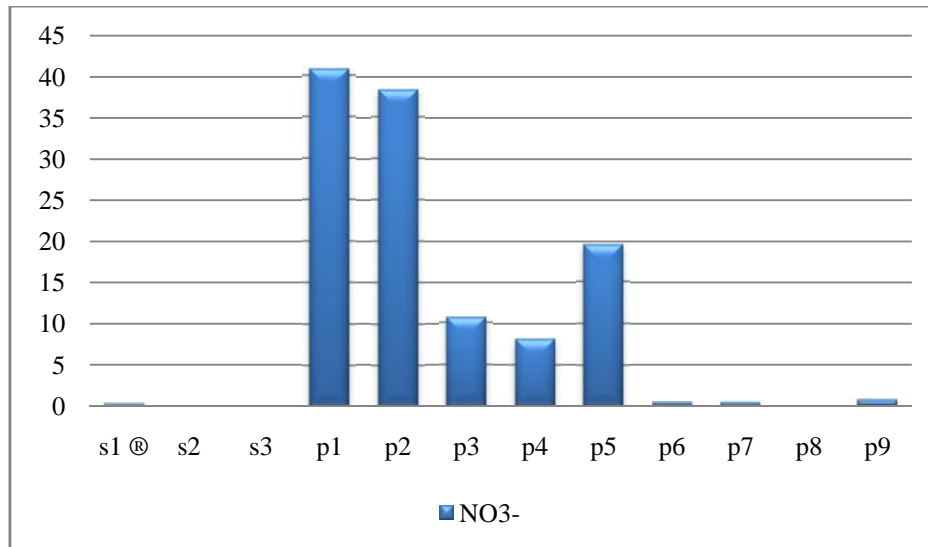


Figure 37: la teneur en nitrates (NO_3^-)

Dans les points étudiés, les teneurs en nitrate variaient entre 0 mg/l et 40.75mg/l.

Les valeurs les plus élevées en nitrates sont enregistré aux niveaux de (P1, P2, P5) les puits les plus proches de la rive de la Sebkha.

L'origine des fortes concentrations est l'utilisation des engrais chimique dans les champs agricoles nitrates dans des cultures et l'élevage intensif.

- **Nitrites (NO_2^-)**

Les nitrites proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniaque, la nitrification n'étant pas conduite à son terme, soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiante (Rodier et al., 2005). Les nitrites sont une forme oxygénée de l'azote, peu stable, qui s'insèrent dans le cycle de l'azote ammoniacal (NH_4^+) et l'azote nitrique (NO_3^-). La présence de nitrites d'origine naturelle est rare. Une eau renfermant des nitrites peut être considérée comme suspecte voire toxique (Le Pimpec et al., 2002).

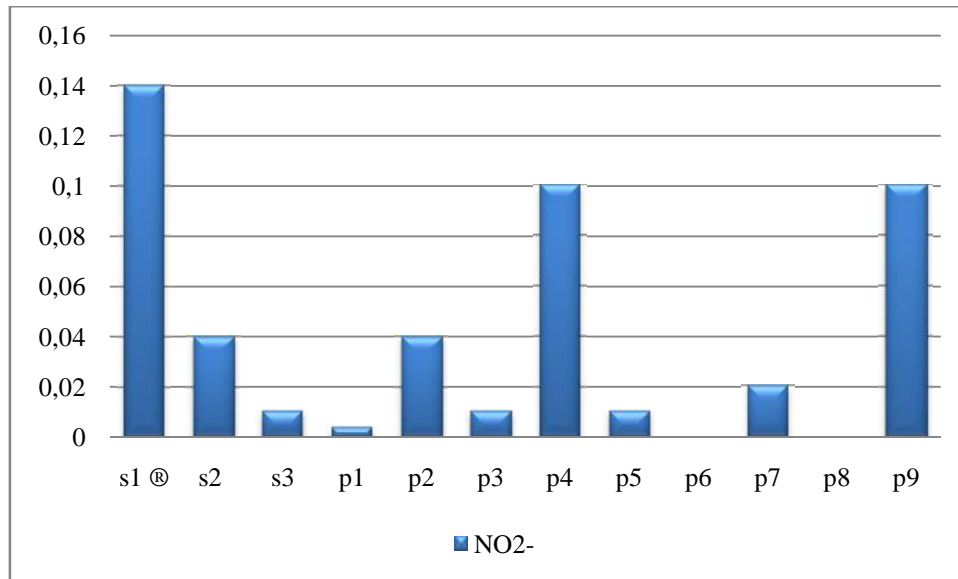


Figure 38: la teneur en nitrites NO_2^-

Dans les points étudiés, les teneurs en nitrite variaient entre 0.004 mg/l et 0.14mg/l.

Les résultats obtenus révèlent que tout les puits ont des teneurs en nitrites entre 0,004 et 0.1 mg/l, une seule concentration dépasse le seuil de potabilité de 0,1 mg/l, fixé par les normes françaises (Afnor 1996), ce qu'est logique pour une eau de surface polluée par des rejets domestiques et des effluents issus d'une activité agricole.

Son origine à cause du lessivage des nitrites ou d'autres produits azotés pouvant subir une oxydation du nitrate par les microorganismes du sol ou ceux des eaux, ou une oxydation par l'oxygène présent dans le sol ou dissous dans l'eau. Les concentrations rencontrées ne présentent aucun danger pour la santé humaine et animale.

IV.3. La représentation simplifiée des caractéristiques chimiques des eaux

IV.3.1. Diagramme de Piper

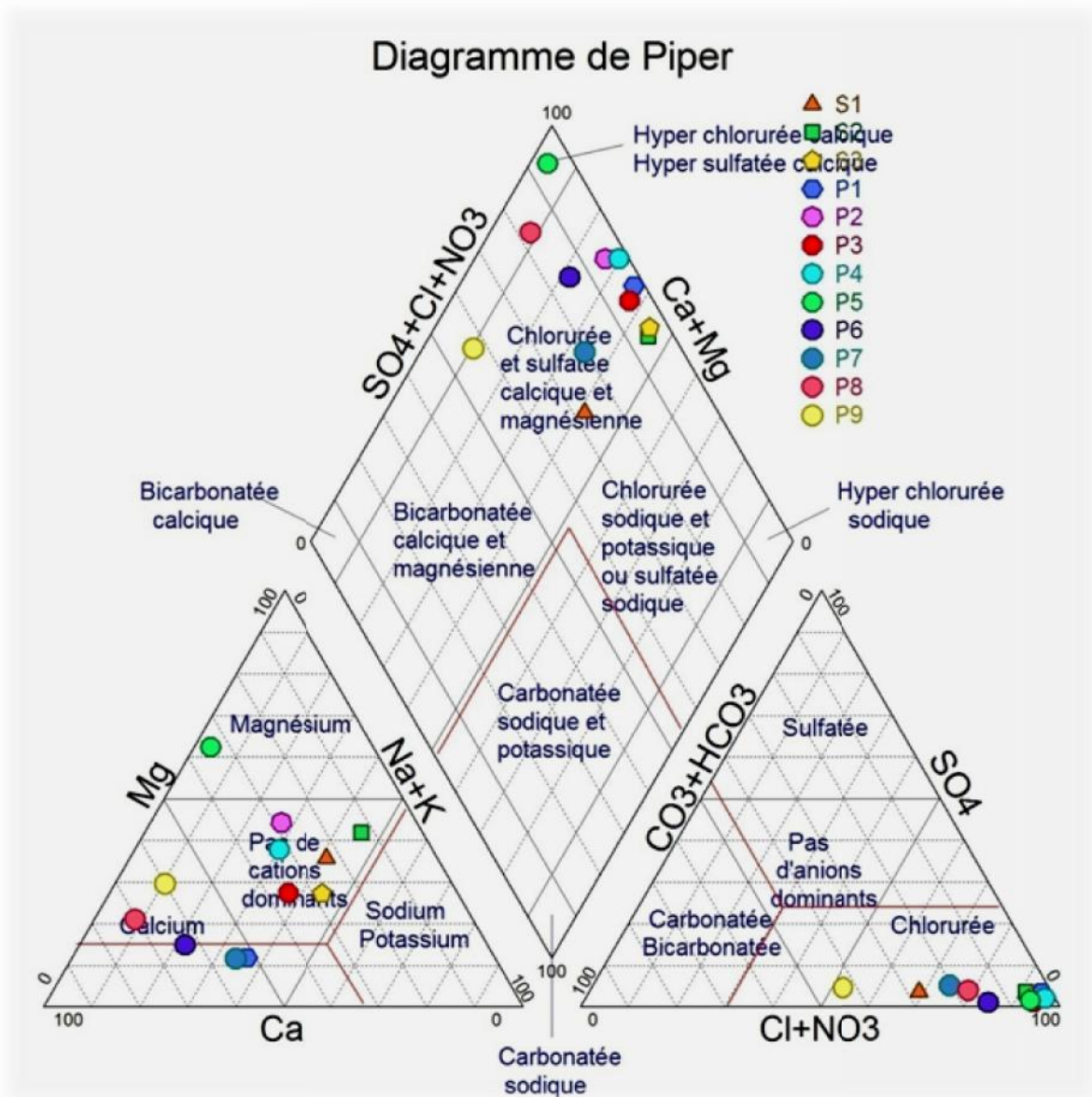


Figure 39: Représentation sur diagramme de Piper des compositions en éléments majeurs des eaux de la zone d'étude

Le faciès des eaux de la région de la Sebkhia sont divisés en deux groupes le premier comporte les eaux qui voisinent la Sebkhia et qui sont influencées par les eaux superficielles de la Sebkhia ce groupe a un faciès (**hyper chlorurée calcique et hyper sulfatée calcique**), on s'éloignant de la Sebkhia le faciès change on est en présence du deuxième groupe (P6, P7, P8 et P9) des eaux qui ne sont pas touchées par la pollution que la Sebkhia subit et qui ont un

faciès (**chlorurée et sulfatée calcique et magnésienne**). Ce faciès mixte montre la grande influence anthropique sur ces eaux ainsi que la diversité géologique. Le climat semi-aride de la région caractérisé par une forte évapotranspiration provoque une forte précipitation du gypse (CaSO_4) donc l'agressivité de ces eaux.

IV.3.2. Diagramme de Schoëller Berkalov

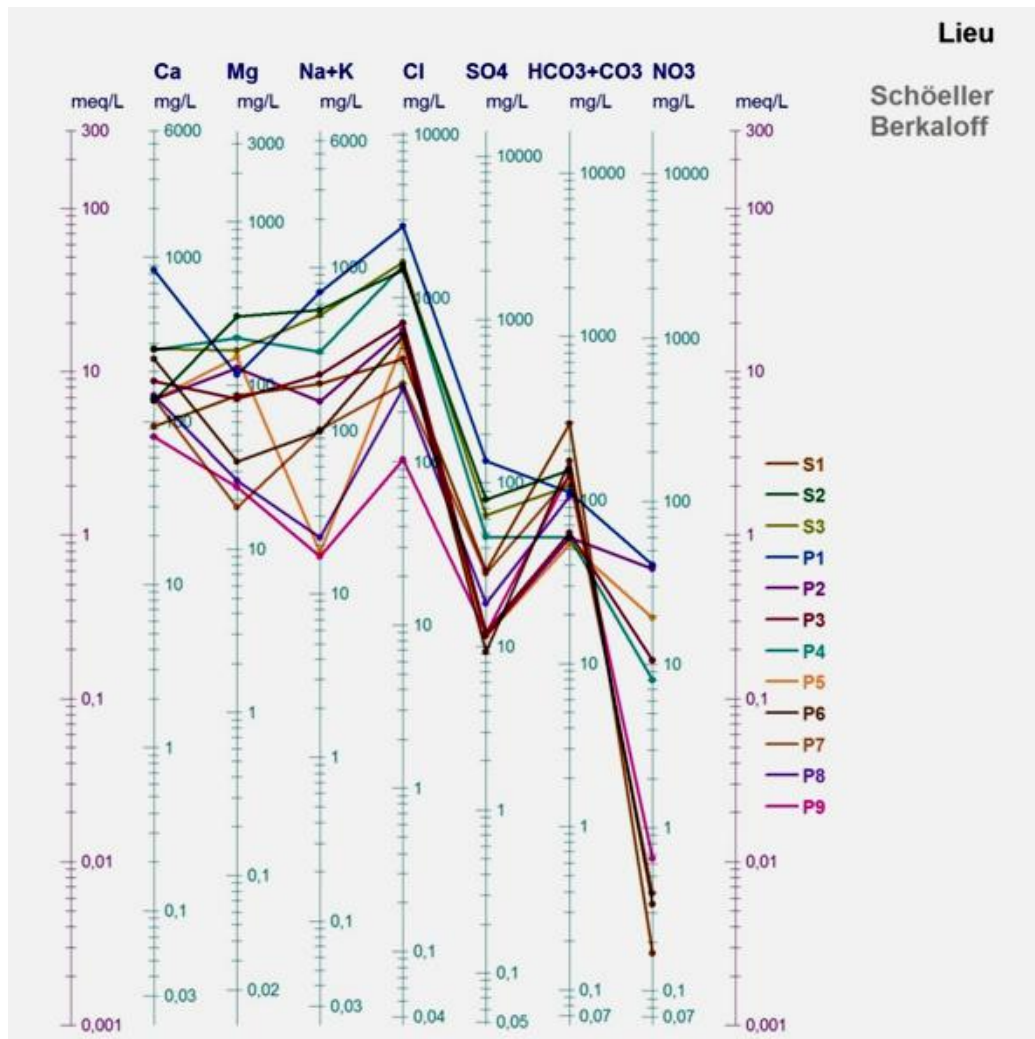


Figure 40: Représentation sur diagramme de Schoëller Berkalov des compositions en éléments majeurs des eaux de la zone d'étude

Le diagramme tracé pour les eaux souterraines montre et confirme la dominance du faciès « **chloruré et bicarbonaté calcique** », permettant de dire que la minéralisation des eaux est liée aux ions Cl^- , HCO_3^- et Ca^{2+} . Et pour la Sebka la teneur sodique qui est très élevée donne un faciès « **chloruré sodique** » à ces eaux.

Conclusion

L'étude hydro chimique des eaux de la région de la sebkha montre :

- Une salinité et une minéralisation importante au niveau de la sebkha, les valeurs les plus élevées ont été mesurées à la Sebkha et les puits les plus proches (caractère salin), plus on s'éloigne plus les valeurs diminuent (phénomène de dilution).
- Deux faciès dominant sont observés l'un est (**hyper chlorurée calcique et hyper sulfatée calcique**), et l'autre (**chlorurée et sulfatée calcique et magnésienne**). calcique ou magnésien très reconnu dans l'ensemble de la région peut avoir comme origine soit la dissolution soit la concentration par évaporation dans la zone de Sebkha, En effet, les ions SO_4^{2-} peuvent avoir comme origine, des gypses diffus des alluvions essentiellement limoneux dont les dépôts ont une origine probable des argiles salifères triasiques.



CONCLUSION GENERALE



Conclusion générale

Les chapitres de mon étude et Les résultats d'analyses physico- chimiques des eaux de Sebkhet El Mahmel de divers paramètres, résumons-nous brièvement les résultats obtenus :

- Sebkhet El Mahmel située dans la commune d' El Mahmel, daïra d'Ouled Rechache wilaya de Khenchela (Est Algérien) couvrant une superficie de 1.290 hectares, elle se trouve entourée par Djebel Chattaia (1455 m d'altitude) à l'Ouest, Djebel Tafrennt (1406 m) au nord, Djebel Tadinart (1408m) et Djebel Tadelist (1410 m) au sud, alors qu'à l'Est, elle s'ouvre sur la plaine de Dhalaal, alimenté continuellement par Oued Ounrhal et Oued Gueuntis qui déversent dans Oued Meskiana via Oued El-Melah.

- Sebkhet El Mahmel est soumise à un climat méditerranéen de type semi-aride, avec un hiver froid et pluvieux et un été chaud et sec, avec des précipitations annuelles de l'ordre de 456.36mm /an, la température moyenne annuelle est de 15.69°C.

Les déversements des rejets domestiques ne représentent plus encore la principale source de pollution des eaux, la canalisation a été coupée à 500 m par les agriculteurs pour irriguer leurs terres avec les eaux usées, les analyses physico-chimique des eaux superficielles et souterraines de la région d'étude montre :

- Certaines teneurs de chaque paramètre mesuré, qu'il soit physique ou chimique ne sont pas acceptables en comparaison avec les normes OMS.

- La salinité des eaux analysés varie de 0.4 à 3.1 g/l, de ce fait, elles sont classées comme eaux légèrement saumâtres. La salinité de ces eaux est due principalement à la dissolution des formations évaporitiques de la cuvette, Et d'après leur conductivité variant de 800 à 6400 $\mu\text{S}/\text{cm}$, ces eaux sont classées de minéralisation moyenne accentuée à minéralisation importante.

- Les chlorures et les bicarbonates sont les anions les plus dominants et pour les cations, ce sont le calcium et le magnésium qui le sont.

Allam, S., 2014. Contribution à une étude écologique de genre phillyrea da,s la region de Tlemcen, Master 2 Pathologie des écosystèmes, Université Abdou Beker belkaid, Tlemcen,2014.p13

Aminot, A et Kerouel, R., 2004. Hydrologie des écosystèmes marins. Paramètres et analyses. Éd. Ifremer, 336 p.

Attoucheik, L., 2006. Etude géochimique des rejets du complexe minier de Kherzet Youssef (SETIF) et son impact sur l'environnement, Mémoire de Magister, IST. USTHB, Algérie, p200.

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 khenchela) master génie de l'environnement, université de Abbés laghrour khenchela, 2014.

Bennana, M., 2013. Étude de la pollution de l'eau et du littoral du lac de Hasi ben Abdellah mémoire de master académique en ingénierie de gaz naturel, université de Kasdi merbah ourgla, Juin 2013.

Boudjelal, D. H., 2003. Pollution de l'Oued Boussellem par les eaux usées urbaines et Industrielle et impact de leur utilisation dans l'irrigation. Thèses ing, tatho des écosystèmes Universitaires, Stif. Pp 6-13.

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

Bouzaini, M., 2000. L'eau de la pénurie maladie. Bureau d'étude et de réalisation des ouvrages U.R.T.O, PADV de Hassi ben abdellah Phase 1 : rapport d'orientation Ed. IBNKHALDOUN. , Oran. Pp 59 à 64.

Coque, R., Tricat, J et Cailleux, A., 1972. Le modèle des régions sèches, traité de géomorphologie. Annale de Géographie. Pp 734 à 740.

Debièche, T. H., 2002. Evolution de la qualité des eaux (salinité, azote et métaux lourds) sous l'effet de la pollution saline, agricole et industrielle. Application à la basse plaine de la Seybouse Nord-est Algérien. (Thèse Doctorat Université de Franche-Comté, 2002). p261.

D. E. K., 2014 Étude pour l'aménagement et classement de la zone humide "sebkhet EL MAHMEL" phase d'étude générale de l'aire 2014.

Direy, F., 1960. Géologie et géomorphologie et hydrogéologie souterraine. Colloque Général sur le problème de la zone aride, 11-18 mai, Paris.

Djebaili, S., 1984. Steppe algérienne, phytosociologie et écologie O.P.U. Alger. p127.

Emillain, K., 2004. Traitement des pollutions industrielles, Pp 1 à 24.

Erwan Le Fol, 2014. Professeur de Science de la vie et la terre Lycée Guebre Mariam - Addis Abeba – Éthiopie, site S.V.T. monde.

Foucault, A et Raoult, J. F., 2001. Dictionnaire de géologie, DUNOD, France. 5ème Ed. p379.

Gaujous, D., 1995. La pollution des milieux aquatiques : aide mémoire. 2ème Ed .Lavoisier, p220.

Gomella, C et Guerre, H., 1978. Les eaux usées dans les agglomérations urbaines et rurales. Edition Eyrolles, Paris p47.

Gouaidia, L., 2008. Influence de la lithologie et des conditions climatiques sur la variation des paramètres physico-chimiques des eaux d'une nappe en zone semi aride, cas de la nappe de Meskiana Nord-est Algérien. Thèse de Doctorat Université d'Annaba, Pp 81 à 92.

Grabsi., 2002. Dimensionnement de la station d'épuration des eaux usée de la ville de khenchela mémoire de fin d'étude en vue du diplôme d'ingénieur en agronomie, université de El hadj lakhder batna, 2002.

Halimi, A., 1981. L'atlas blidéen "climat et étages végétaux", OPU, Alger, Pp623.

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

Kosmala, A., 1998. Évaluation écotoxicologique de l'impact des effluents de stations d'épuration sur les cours d'eau : intérêt d'une approche intégrée. Thèse. Université de Metz.

Ladlani, I., 2007. Contribution à la gestion optimale de la ressource en eau mobilisée, choix de formule empirique pour l'estimation de l'évapotranspiration potentielle 'ETP' dans les régions de Tébessa et Annaba, Magister Mobilisation des ressources hydrauliques, Université El hadj Lakhder Batna Pp 38.

Mebarki, A., 2005. Hydrologie des bassins de l'Est Algérien : Ressources en eau, aménagement et environnement, Thèse de doctorat d'état, Université de Mentouri Constantine

Pilgrim, D., Chapman, T. G et Doran, D., 1988. Problems of rainfall-runoff modelling in arid and semiarid regions. Hydrological Sciences Journal / Journal des Sciences Hydrologiques, 33(4), Pp 40 à 379.

Ramade, F., 2002. Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement. Ed. Dunod, Pp1063.

Rejsek, F., 2002. Analyse de l'eau : Aspects réglementaire et technique .Ed CRDP d'Aquitaine, France Pp358.

Rodier, J. et All ,1996. Analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, 9ème édition. Edition DUNOD, Paris. Pp 1579.

Rodier, J. Bazin, et All 2005. L'analyse de l'eau , eaux naturelle, eau résiduaires et l'eau de mer. 8ème Ed. Dunod, paris, Pp1383.

Ronalad, V., 2003. Eau, Environnement et Santé Publique, 2ème edition, EdTEC & DOC, 2003 PARIS.

Références Bibliographiques

Sebbar, A et All., 2011. Étude de la variabilité du régime pluviométrique au Maroc septentrional (1935-2004). Sécheresse, 48 Ed, Pp139.

Sedrati, A., 2013. Détermination de la salinité et la contamination de la nappe de la sebkhia d'El Mahmel, Mémoire Master, Institut des sciences de la nature et de la vie, université de Khenchela. Pp4 à 21.

Schulz, E et All., 2002. Sebkhias as ecological archives and the vegetation and landscape history of southeastern Tunisia during the last two millennia. Journal of African Earth Sciences, 34. Pp 223 à 229.

Sevrin-Reyssac, J et Proulx, D., 1995. Le recyclage du lisier de porc par lagunage. Edition Technique et Documentation Lavoisier, Pp118.

Stone, O. R., 1967. A desert glossary. Earth- Science Reviews, Pp 211 à 268.

Younssi, H. E., 2009. Epuisement de la nappe aquifère de la région de F'kirina (W. Oum El Bouaghi) ; et ces répercussions sur la gestion des ressources en eau, Mémoire magister, Inst Géologie, Annaba, Pp124.

Détermination de la salinité et la contamination de la nappe de la Sebkha d'El Mahmel

Résumé :

Les sebkhas forment des écosystèmes naturels, et sont utilisées comme des indicateurs de l'évolution géochimie naturelle. Les sebkhas constituent des dépressions peu profondes, renferment de l'eau salée pendant de longue période, ne s'asséchant généralement qu'à la plus forte canicule de l'été. Certaines d'entre elles peuvent même rester humides durant toute l'année. L'une des principales sebkhas de la vallée de Khenchela est celle de Mahmel. Celle-ci est située dans la partie steppique sud de la wilaya, dans les Hautes Plaines constantinoises. Le présent travail a pour objectif de caractériser la qualité physico-chimique des eaux souterraines dont le but est d'identifier le faciès chimique de ces eaux, et leur qualités et de définir le degré de contamination saline des eaux au niveau de sebkha. Les analyses physico-chimiques sont (température, pH, turbidité, conductivité, salinité) mesurées in situ et en labo et le dosage des composants majeurs (Cl^- , SO_4^{--} , HCO_3^- , NO_3^- , NO_2^- , Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+ , NH_4^+), opéré au laboratoire de l'ADE et laboratoire de l'université Abbas Laghrour Khenchela, en vue d'une caractérisation chimique du système aquifère. Les faciès des eaux de la région de la Sebkha sont divisés en deux : (**hyper chlorurée calcique et hyper sulfatée calcique**) et (**chlorurée et sulfatée calcique et magnésienne**). La mise en place de ces faciès est due à l'utilisation intensive des engrais chimiques pour améliorer le rendement et surtout la nature du sol (géologie du terrain).

Mots clés : Pollution, eaux souterraines, rejet, Sebkha, El Mahmel

Abstract :

Sebkhas, are natural ecosystems, these systems are used as indicators of the geochemical evolution. Sebkhas are little depressions, contain some salt water during long periods, these sebkhas do not drained off only during heat waves in summer, some of them may even wet all the year, among the main sebkhas of the valley of khenchela city is called Mahmel, it is located in the southern steppe of the wilaya, in the constantine high plains. This present work aimed to characterize the physicochemical quality of the groundwater, the purpose of which is to identify the chemical facies of these waters, and their qualities, and to define the degree of saline contamination of the waters at the sebkha level, Physico-chemical analyzes are (temperature, pH, turbidity, conductivity, salinity) measured in situ and in the laboratory and determination of major components (Cl^- , SO_4^{--} , HCO_3^- , NO_3^- , NO_2^- , Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+ , NH_4^+) made in the laboratory of the ADE and laboratory of the abbas laghrour khenchela University .for a chemical characterization of the aquifer system. The Setting up of these facies is mainly connected to the intensive use of artificial fertilizers to improve the yield, and to the presence of carbonate formations of Jebel Chattaia and salt deposits due to the presence of trias and carbonate and gypsiferous formations of the massifs surrounding the plain.

Keywords: pollution, groundwater, sewage, Sebkha, El Mahmel.

لسبغات، هي انظمة ايكولوجية طبيعية، هذه الأنظمة تستعمل كمؤشرات للتطور الجيوكيمياوي الطبيعي. السبغات هي عبارة عن منخفضات قليلة العمق، تحبس الماء المالح لفترة زمنية طويلة حيث هذه المياه المالحة لا تجف عموماً إلا في فترات الصيف الساخنة، البعض منها تبقى رطبة على امتداد السنة. بين هذه السبغات الرئيسية لمنطقة (الناقلية الكهربائية ،)

لمكونات الرئيسية ($K + Na + Mg^{++} + Ca + NO_2^- + NO_3^- + HCO_3^- + SO_4^- + Cl^- + NH_4^+$) أجريت بمختبر ADE ، من أجل التوصيف الكيميائي لنظام طبقة المياه الجوفية. مياه منطقة قسمين: (كلوريد الكالسيوم والكالسيوم المفرط (الكالسيوم والمغنيسيوم الكلور والمكلسين). يوضح تفسير النتائج أن التلوث مرتبط بشكل الكيماوية لتحسين ا طبيعة التربة (جيولوجيا

(
الكلمات الدلالية: التلوث، المياه الجوفية، مياه الصرف الصحي

Détermination de la salinité et la contamination de la nappe de la Sebkhah d'El Mahmel

Résumé :

Les sebkhas forment des écosystèmes naturels, et sont utilisées comme des indicateurs de l'évolution géochimique naturelle. Les sebkhas constituent des dépressions peu profondes, renferment de l'eau salée pendant de longue période, ne s'asséchant généralement qu'à la plus forte canicule de l'été. Certaines d'entre elles peuvent même rester humides durant toute l'année. L'une des principales sebkhas de la vallée de Khenchela est celle de Mahmel. Celle-ci est située dans la partie steppique sud de la wilaya, dans les Hautes Plaines constantinoises. Le présent travail a pour objectif de caractériser la qualité physico-chimique des eaux souterraines dont le but est d'identifier le faciès chimique de ces eaux, et leur qualité et de définir le degré de contamination saline des eaux au niveau de sebkha. Les analyses physico-chimiques sont (température, pH, turbidité, conductivité, salinité) mesurées in situ et en labo et le dosage des composants majeurs (Cl^- , SO_4^{--} , HCO_3^- , NO_3^- , NO_2^- , Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+ , NH_4^+), opéré au laboratoire de l'ADE et laboratoire de l'université Abbas Laghrour Khenchela, en vue d'une caractérisation chimique du système aquifère. Le faciès des eaux de la région de la Sebkhah sont divisés en deux : (**hyper chlorurée calcique et hyper sulfatée calcique**) et (**chlorurée et sulfatée calcique et magnésienne**). La mise en place de ces faciès est due à l'utilisation intensive des engrais chimiques pour améliorer le rendement et surtout la nature du sol (géologie du terrain).

Mots clés : Pollution, eaux souterraines, rejet, Sebkhah, El Mahmel

Abstract :

Sebkhahs, are natural ecosystems, these systems are used as indicators of the geochemical evolution. Sebkhahs are little depressions, contain some salt water during long periods, these sebkhas do not drained off only during heat waves in summer, some of them may even wet all the year, among the main sebkhas of the valley of Khenchela city is called Mahmel, it is located in the southern steppe of the wilaya, in the constantine high plains. This present work aimed to characterize the physicochemical quality of the groundwater, the purpose of which is to identify the chemical facies of these waters, and their qualities, and to define the degree of saline contamination of the waters at the sebkha level. Physico-chemical analyzes are (temperature, pH, turbidity, conductivity, salinity) measured in situ and in the laboratory and determination of major components (Cl^- , SO_4^{--} , HCO_3^- , NO_3^- , NO_2^- , Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+ , NH_4^+) made in the laboratory of the ADE and laboratory of the Abbas Laghrour Khenchela University. For a chemical characterization of the aquifer system. The Setting up of these facies is mainly connected to the intensive use of artificial fertilizers to improve the yield, and to the presence of carbonate formations of Jebel Chattaia and salt deposits due to the presence of trias and carbonate and gypsiferous formations of the massifs surrounding the plain.

Keywords: pollution, groundwater, sewage, Sebkhah, El Mahmel.

السبخات، هي أنظمة إيكولوجية طبيعية، هذه الأنظمة تستعمل كمؤشرات للتطور الجيوكيميائي الطبيعي. السبخات هي عبارة عن منخفضات قليلة العمق، تحبس الماء المالح لفترة زمنية طويلة حيث هذه المياه المالحة لا تجف عموماً إلا في فترات الصيف الساخنة، البعض منها تـ بين هذه السبخات الرئيسية لمنطقة .
لهذه المياه و تحديد درجة تلوث المياه المالحة على مستوى السبخة. التحاليل الفيزيوكيميائية ()
الكهربائية ()
مكونات الرئيسية (Mg^{++} Ca^{+} NO_2^- NO_3^- HCO_3^- SO_4^- Cl^-)
أجريت بمختبر ADE ومختبر جامعة عباس لغرور خنشلة، من أجل التوصيف الكيميائي لنظام طبقة المياه الجوفية. مياه منطقة إلى قسمين: (كلوريد الكالسيوم والكالسيوم المفرط الـ) (الكالسيوم والمغنيسيوم الكلور والمكلسين).
يوضح تفسير النتائج أن التلوث مرتبط بشكل أساسي بالاستخدام المكثف للأسمدة الكيماوية لتحسين (جيوولوجيا)
الكلمات الدلالية : التلوث، المياه الجوفية، مياه الصرف الصحي