

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche SCIENTIFIQUE

جامعة محمد الصديق بن يحيى - جيجل
Université Mohammed Seddik Benyahia - Jijel

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département : des Sciences de la Terre et de l'Univers



كلية علوم الطبيعة و الحياة
قسم : علوم الأرض و الكون

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme : **Master Académique en Géologie**

Option : **Eau et Environnement**

Thème

Fonctionnement hydrodynamique et hydrochimique du marécage d'El KENNAR . (Wilaya de Jijel-NE Algérien)

Membres de Jury

Président: MEHDID S
Examineur: RIHIA D
Encadrant : DROUCHE. A

Présenté par:

Ghechem Alia
Lesmia Hassiba

Année Universitaire 2015-2016

Numéro d'ordre (bibliothèque) :

REMERCIEMENTS

Au nom d'Allah le tout Miséricordieux le très Miséricordieux

Au terme de cette étude nous tenons à exprimer notre profondes gratitude avant tout à dieu qui nous a aidé et donnée le courage pour mener à bien ce modeste travail.

Nous voudront formuler des remerciements à l'endroit de quelques personnes et institutions qui, de près ou de loin, auront contribué à l'aboutissement de ce travail.

Nous remerciant tout d'abord mes enseignant s du primaire jusqu'au supérieure.

Nous remerciant nous promoteur monsieur Drouiche Abdelmalek qui a accepte de nous encadrer et qui n'a jamais épargne effort et conseils dans l'orientation et la rédaction de ce mémoire. Je dis merci et mille fois merci.

Nous remercions d'avance les membres du jury pour l'intérêt qu'ils porteront à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions.

Nos vifs remerciements à tous les enseignants et collègues du département de Géologie de l'Université de Jijel et tout spécialement 'Eau et Environnement', surtout monsieur Faouzi Zahi qui a toujours était présent je lui dis aussi merci et mille fois merci.

Nous tenons à remercier tous les amis et collègues chacun par son nom pour les bon moments qu'on a passé ensemble.

Tous nos remerciements s'adressent aux directions suivantes :

A l'office Nationale de la Météologie (ONM), Agence d'achouat (Jijel).

A la direction des forêts la wilaya de Jijel.

Nos derniers remerciements et ce ne sont pas les moindres, vont à tous ceux qui ont participé de près ou de loin de ce travail.



Dédicace

*Je dédie ce modeste travail à tous ceux qui ont Contribué de
près ou de loin*

à l'élaboration de ce travail plus particulièrement :

*A Mes adorables parents, qui m'ont tout donner, avec la patience
et les prières de maman qui ont été exhaussé par le Tout-Puissant,
et la compréhension et les sacrifices de mon père, qui m'ont
misabri du besoin, et m'ont donnée l'avantage de me consacrer
entièrement et uniquement à mes études. Merci et merci et
Mille merci*

Maman «Akila » et papa «Lakhdar ».

A ma grande mère :Khadija

A mes soeurs : Lamia , Basma ,Rima et Wissam

A mon frère: Habib

A ma grande famille : Lesmia et Chahdaan

A mes amis : Alia , Sabah ,Meriem

A tous mes professeurs

A tous mes collègues de notre promotion

À tous ceux que j'aime et qui m'aiment.

Dédie par Hassiba

Merci à tous



Dédicaces

Je dédie ce mémoire à toutes les personnes qui me sont chères à mon cœur Je remercie infiniment mes parents qui mon soutenus durant les 18 années du trajet d'étude.

Je tiens à dédier

A ma mère « AKILA »

« Je t'aime Mama, tu es mon inspiration, tu m'as donnée la vie, la tendresse et le courage pour réussir tout ce que je peux offrir ne pour a exprimer l'amour et la reconnaissance que je te porte, je t'offre ce modeste travaille pour tout remercier pour les sacrifices et por l'affection dont tu m'as toujours entourée ».

A mon père « ABD EL HAMID »

« L'épaule solide, l'œil attentif compréhensif et la personne la plus digne de mon estime et mon respect, aucune dédicace ne saurais exprimer mes sentiments, que dieu te préserve et te procure santé et longue vie, avec beine sûre ce modeste travaille ».

A mes sœurs : RAYANE, FARAH, ASSIA.

A mes frères : AZZOUZ, BILAL, DJOUAED, HAROUN

A ma grande famille Ghechem et labiod a sont encouragé.

Son oublié tout les professeurs que se soit du primaire, du moyen du secondaire ou d'enseignement superérieur.

Avant de mettre fin a cet oublié, je dois remercier tout les amis et collègues chacun par son nom pour les bon moments qu'on a passé ensemble.

Il y aussi certaine personne qui mérite un remerciement spécial : Lequel qui a été à côtés de moi dans les moments les plus durs et Lequel qui a créé et partagé tant de si bons souvenirs avec moi. Je le remercie de croire en moi lorsque j'ai de la difficulté à croire en moi-même. A tout ce beau monde, je dédie ce mémoire.

Sans oublie bien sur ceux qui pensent à moi

Finally, et si par inattention j'ai oublié quelqu'un, qu'il me pardonne et qu'il soit remercie.

Dédie par : Alia .G

Merci à tous



Résumé

La pollution des eaux est une notion qui est en constante évolution. Elle constitue aujourd'hui une véritable menace pour l'environnement et bien sûr pour la santé de l'homme.

La région du marécage d'El Kennar est caractérisée par des ressources en eau souterraines et superficielles importantes, ces ressources sont utilisées pour l'agriculture qui est l'activité la plus répandue dans la région, ainsi que pour les besoins domestiques surtout pour l'agglomération de Faza.

L'objectif de cette étude est d'essayer d'identifier la relation eaux souterraines (nappe) et eau de surface (marécage et affluents), et ce à travers une campagne de mesure piézométrique et hydrochimique pour les eaux de surface du marécage et de ses affluents et les eaux souterraines de la nappe qui l'entoure.

L'étude hydrodynamique a montré que le marécage reçoit les apports de la nappe du côté Sud-Est et alimente la nappe du côté Nord-Ouest.

La caractérisation physico-chimique des eaux de la nappe et celles du marécage a montré une dominance de faciès chloruré pour les eaux souterraines et bicarbonaté pour les eaux de surface. L'étude des paramètres chimiques montre que la plupart des points d'eaux échantillonnés pour les eaux superficielles et souterraines de la région d'étude présentent une bonne qualité par rapport aux descripteurs : température, conductivité et pH, qui sont dans les normes (algériennes et OMS), les éléments majeurs sont dans les normes, sauf le magnésium qui est l'élément le plus abondant dans les eaux souterraines avec des teneurs dépassant la norme. Les indicateurs de pollution organique montrent une contamination ponctuelle en relation avec les activités agricoles et les rejets des eaux usées domestiques. Les eaux de surface présentent une contamination majoritaire par le fer, cet élément dû au lessivage des terrains métamorphiques.

Mots clés : *marécage, eau souterraine, eau de surface, éléments majeurs, pollution organique, El Kennar et Jijel.*

Abstract:

Water pollution is a concept that is constantly evolving. It is now a real threat to the environment and of course the health of man.

The swamp area of El Kennar is characterized by groundwater resources and important surface; these resources are used for agriculture which is the most answered activity in the region, as well as for domestic needs especially for agglomeration Faza. The objective of this study is to try to identify the relationship groundwater (water) and surface water (swamp and tributaries), and through a measurement campaign piezometric and hydrochemical to the swamp of surface water and its tributaries and groundwater of the sheet around her.

The hydrodynamic study showed that the swamp receives inputs from the table on the side south east and feeds tablecloth Northwest side.

The physicochemical characterization of the waters of the web and those of swamp rose a facies dominance chloruré for groundwater and bicarbonate to the surface water. The study of chemical parameters shows that most water points sampled for surface water and groundwater in the study area have good quality compared to the descriptors: temperature, conductivity and pH, which are in the standards (Algerian and WHO), major elements in the standards except the magnesium that is the most abundant element in groundwater with values exceeding the standard. Organic pollution indicators show a punctual contamination in connection with agricultural activities and discharges of domestic wastewater. Surface waters have a majority contamination by iron, this element due to leaching of metamorphic terrains.

Keywords: *wetland, groundwater, surface water, major, organic pollution, El kennar and Jijel.*

ملخص

تلوث المياه هو المفهوم الذي يتطور باستمرار. وهو الآن خطر حقيقي على البيئة وبالطبع الصحة العامة للإنسان. تتميز منطقة مستنقع القنار بموارد مياه سطحية و جوفية مهمة ، هذه الموارد تستخدم للزراعة والذي هو النشاط الأكثر شيوعا في المنطقة، وكذلك لتلبية الاحتياجات المحلية وخاصة بالنسبة للتجمع السكاني فإذرة .

الهدف من هذه الدراسة هو محاولة تحديد علاقة المياه الجوفية (غطاء) و المياه السطحية (مستنقع و روافده) و هذا من خلال حملة القياس البيزومترية و الهيدروكيميائية لمياه سطح المستنقع و روافده و المياه الجوفية التي تدور حوله .

الدراسة الهيدروكيميائية أظهرت أن المستنقع يتلقى حصة من الغطاء في الجهة الجنوبية الشرقية و يغذي الغطاء من الجهة الشمالية الغربية .

الخصائص الفيزيوكيميائية للمياه التحتية لهذا المستنقع تبين هيمنة سحنة الكلورير للمياه الجوفية , و البيكربونات للمياه السطحية .

دراسة الخصائص الكيميائية تبين أنغلبية نقاط مياه العينات للمياه السطحية والجوفية في منطقة الدراسة ذات نوعية جيدة مقارنة مع واصفات: درجة الحرارة، و الناقلية الكهربائية ودرجة الحموضة، والتي هي في المعايير (الجزائرية ومنظمة الصحة العالمية)،العناصر الرئيسية هي ضمن المعايير باستثناء المغنزيوم الذي هو العنصر الأكثر وفرة في المياه الجوفية مع قيم تتجاوز المعيار الخاص به . مؤشرات التلوث العضوي تبينان هناك تلوث دقيق يتعلق بالأنشطة الزراعية وتصريف مياه الصرف الصحي المنزلي. المياه السطحية لها تلوث اغلبيبالحديد،وجود هذا العنصر بسبب الرشح من التضاريس المتحولة.

الكلمات المفتاحية : المستنقع ، المياه الجوفية، المياه السطحية ، العناصر الرئيسية، التلوث العضوي ، القنار و

جيجل

- **Remerciement**
- **Résumé**
- **Abstract**
- ملخص
- **Table de matières**
- **Liste des Tableaux**
- **Liste des Figures**

Titre	Table des matières	Page
Introduction Générale.....		1
Chapitre I : Généralités sur les Zones Humides		
1. Définition des zones humides		3
2. Types des zones humides.....		3
3. Facteurs caractérisant les zones humides		4
4. Les fonctionne des zones humides		6
5. L'intérêt des zones humide.....		6
5.1. Valeurs économiques.....		6
5.2. Valeurs social et récréatives		7
5.3. Valeurs scientifiques, culturelles et paysagères.....		7
5.4 Valeurs environnementale (écologique).....		7
6. Les zone humide comme milieu menaces.....		7
7. Quelques généralités sur les interventions et les actions de gestion des ZH.....		9
8. Les zones humides en Algérie.....		9
9. Les zones humides de la wilaya de Jijel		12
Chapitre II : Cadre physique et naturel de la zone d'étude		
1. Situation géographique.....		13
1.1. Situation géographique régionale.....		13
1.2. Situation géographique locale par rapport au bassin versent d'oued Nil.....		13
2. Description de site.....		14
2.1. Aperçu pédologique.....		16
2.2. Les activités agricoles.....		16
3. Cadre géologique.....		16
3.1. Cadre géologique régional.....		16
3.2. Cadre géologique local.....		18
4. Etude climatique.....		20
4.1. Précipitations moyennes mensuelles.....		20
4.2. Température moyennes mensuelles		21
4.3. Bilan hydrologique.....		22
4.3.1. Calcul de l'évapotranspiration		22
4.3.1.1. L'évapotranspiration potentielle (ETP)		22
4.3.1.2. Evapotranspirations réelles.....		23
4.3.2. Détermination du Ruissellement et d'Infiltration.....		24
4.3.2.1. Ruissellement superficiel		24
4.3.2.2. Infiltration.....		25

Chapitre III : Matérielles est Méthodes

1. Echantillonnage.....	27
2. Positionnement géographique des points d'eau	27
3. Mesure du niveau piézométrique	27
4. Choix des stations de mesure.....	27
5. Technique de prélèvement d'eau	28
6. Conservation des échantillons	28
7. Préparation des échantillons.....	29
8. Les Mesures effectuées in situ	28
9. Le matériel utilisé dans le laboratoire	30
10. Nettoyage de la verrerie.....	30
11. La spectrométrie.....	30
12. L'analyse volumétrique	32

Chapitre IV : Résultats et Discussions

I : Hydrodynamique souterraine et de surface

Introduction

1. Hydrodynamique générale d'El kennar.....	35
2. Fluctuation spatiotemporelle du marécage d'El Kennar	36
3. Hydrodynamique souterraine de la zone marécageuse.....	38
3.1. Notion sur la piézométrie.....	38
3.2. Inventaire des points d'eau.....	38
3.3. Etablissement et interprétation de la carte piézométrique.....	39
3.3.1. Le gradient hydraulique.....	40

Conclusion

II : Hydrochimie des eaux

Introduction

1. Les faciès chimiques	42
1.1. Formule caractéristique de STABLER	42
1.2. Diagramme de Piper.....	43
2.1. Paramètres physiques.....	45
2.1.1. La Température.....	45
2.1.2. Le potentiel d'hydrogène (pH).....	46
2.1.3. Potentiel d'oxydoréduction (Eh).....	47
2.1.4. La conductivité électrique (CE).....	48
2.2. Etude des paramètres chimique.....	50
2.2.1. Eléments majeur.....	50
2.2.1.1. Les Cations.....	50
2.2.1.1.1. Le calcium (Ca^{+2})	49
2.2.1.1.2. Le magnésium (Mg^{+2}).....	51
2.2.1.1.3. Le Sodium (Na^{+}).....	52
2.2.1.1.4. Le Potassium (K^{+})	52
2.2.1.2. Les Anions.....	53
2.2.1.2.1. Les bicarbonates (HCO_3^-)	53
2.2.1.2.2. Les chlorures (Cl^-)	54

2.2.1.2.3. Les sulfates (SO_4^{-2}).....	55
2.2.2. Les élément indésirable.....	56
2.2.2.1. Cycle d'azote.....	56
2.2.2.1.1. L'Ammonium (NH_4^+).....	57
2.2.2.1.2. Le Nitrite (NO_2^-).....	58
2.2.2.1.3. Le Nitrates (NO_3^-).....	59
2.2.2.2. Les Phosphates (PO_4^{-3}).....	60
2.2.3. Les éléments mineurs.....	61
2.2.3.1. Le fer.....	61
3. Les rapportes caractéristiques.....	62
3.1. Méthode des rapporte caractéristique.....	62
3.1.1. Le rapporte $r \text{Ca}^{+2} / r \text{HCO}_3^-$ et $r \text{Ca}^{+2} / r (\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{-2})$	62
3.1.2. Le rapporte $r \text{Na}^+ / r \text{Cl}^-$	63
3.1.3. Le rapporte $r \text{SO}_4^{-2} / r \text{Cl}^-$	64
3.1.4. Les éléments HCO_3^- , Cl^- et SO_4^{-2}	64
3.1.5. Les éléments Cl^- , HCO_3^-	65
3.2. Echange de basse.....	66
4. La qualité des eaux.....	67
4.1. La dureté (TH).....	67
4.2. Aptitude des eaux à l'irrigation.....	68
4.2.1. Classification des eaux par la méthode de wilcox.....	69
4.2.2. Classification des eaux par la méthode de Richards.....	70
Conclusion	
Conclusion Générale & Recommandations.....	72

Liste des tableaux

Tableaux	Page
Tableau01: Les différents types des zones humides.....	04
Tableau02: la distribution de ZH en Algérie.....	10
Tableau03: Les coordonnées de la station météorologique d'Achouât, Taher.....	20
Tableau 04: Bilan hydrique selon Thornthwaite a la station d'Achouât-Taher(1988-2015).....	24
Tableau05: Résultats de calcul de ruissellement.....	25
Tableau06: Calcul du R et I dans la zone d'étude.....	26
Tableau07: Les méthodes d'analyse adoptées au laboratoire.....	30
Tableau08: les méthodes utilisées au titrage.....	33
Tableau09: Fluctuation du niveau d'eau du marécage d'El Kennar durant les deux périodes de basse et haute eaux.....	36
Tableau10: calcul du gradient hydraulique (I).....	41
Tableau11: Classification hydrochimique des eaux selon la formule STABLER.....	48
Tableau12: Classification des eaux en fonction de la conductivité selon les normes algériennes.....	49
Tableau13 : gamme de la dureté totale.....	68

Listes des Figures

Figure	Page
Figure 01: typologie des milieux aquatiques dans un BV.....	03
Figure 02: les différentes menaces qui Insurgé sur les milieux humide.....	08
Figure 03: la répartition des ZH dans le territoire algérienne.....	11
Figure 04: la situation géographique régionale de la zone d'étude.....	13
Figure 05: Situation géographique du sous bassin de marécage d'El Kennar par rapport au BV d'Oued Nil.....	14
Figure 06: Photo de marécage d'El kennar.....	15
Figure 07: Schéma structural de la petite Kabylie.....	17
Figure 08: Coupe synthétique donnent l'allure de l'édifice structural de la petite Kabylie.....	17
Figure 09: Esquisse géologique de la région d'oued Nil.....	18
Figure 10: Esquisse Géologique du bassin versant du marécage d'El kennar.....	19
Figure 11: Coupe schématique N-S de la partie sud d'El Kennar.....	19
Figure 12: Répartition des précipitations moyennes mensuelles de la station d'Achouât-Taher (1988-2015).....	21
Figure 13: répartition moyennes mensuelles des températures de la station d'Achouà-Taher (1988-2015).....	21
Figure 14: Photo du GPS de marque Garmin.....	27
Figure 15: Photo de la sonde électrique.....	27
Figure 16: Prélèvement d'eau dans un puits.....	28
Figure 17: prélèvement dans le marécage.....	28
Figure 18: Photos montre la filtration gravitaire.....	29
Figure 19: Photo de Multi paramètres 350I. (Université de Jijel).....	29
Figure 20: les formations aquifères de la région d'El kennar.....	35
Figure 21: Carte d'inventaire des points d'eaux de la zone marécageuse d'El kennar (avril 2016).....	39
Figure 22: Carte piézométrique de la zone marécageuse d'El Kennar (avril 2016).....	40
Figure 23: Faciès chimique des eaux souterraines de la plaine marécageuse d'El kennar (Avril 2016).....	44
Figure 24: Faciès chimique des eaux de surface de la plaine marécageuse d'El kennar (Avril 2016).....	44
Figure 25: variation de la température des eaux de la zone marécageuse d'El kennar (Avril2016).....	46
Figure 26: variation du pH des eaux de la zone marécageuse d'El kennar (Avril 2016).....	47
Figure 27: variation du EH des eaux de la zone marécageuse d'El kennar (Avri l2016).....	48
Figure 28: variation de la CE des eaux de la zone marécageuse d'El kennar (Avril 2016).....	49
Figure 29: variation des teneur en Ca ⁺² des eaux de la zone marécageuse d'El-kannar (Avril 2016).....	50
Figure 30: variation des concentrations en Mg ⁺² des eaux de la zone marécageuse d'El kennar (Avril 2016).....	51
Figure 31: variation des concentrations en Na ⁺ des eaux de la zone marécageuse d'El kennar (Avril 2016).....	52
Figure 32: variation des concentrations en k ⁺ des eaux de la zone marécageuse	

d'El kennar (Avril 2016).....	53
Figure 33: variation des concentrations en HCO_3^- des eaux de la zone Marécageuse d'El kennar (Avril 2016)	54
Figure 34: variation des concentrations en Cl^- des eaux de la zone marécageuse d'El kennar (Avril 2016).....	55
Figure 35: variation des concentrations en SO_4^{2-} des eaux de la zone marécageuse d'El kennar (Avril 2016).....	56
Figure 36: Cycle de l'azote.....	57
Figure 37: variation des concentrations en NH_4^+ des eaux (de la zone marécageuse d'El kennar (Avril 2016).....	58
Figure 38: variation des concentrations en NO_2^- des eaux de la zone marécageuse d'El kennar (Avril 2016).....	59
Figure 39: variation des concentrations en NO_3^- des eaux de la zone marécageuse d'El kennar (Avril 2016).....	60
Figure 40: variation des concentrations en PO_4^{3-} des eaux de la zone marécageuse d'El kennar (Avril 2016).....	61
Figure 41: variation des concentrations en fer des eaux de la zone Marécageuse d'El kennar (Avril 2016).....	62
Figure 42: Le couple Ca^{+2} , ($\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-}$) (A : eaux sous terraine, B : eaux de surface) dans la zone marécageuse d'El kennar.....	63
Figure 43: Le couple Na^+ , Cl^- (A : eaux souterraine, B : eaux de surface) dans la zone marécageuse d'El kennar.....	64
Figure 44: Le couple SO_4^{2-} , Cl^- (A : eaux sous terraine, B : eaux de surface) dans la zone marécageuse d'El kennar.....	64
Figure 45: Evolution des anions en fonction de la conductivité électrique.....	65
Figure 46: Evolution de la conductivité électrique en fonction de rapport $\text{Cl}^-/\text{HCO}_3^-$	66
Figure 47: Echanges de bases (A : les eaux souterraines : eaux de surface) de la région marécageuse d'El Kennar.....	67
Figure 48: la répartition des classes de l'eau en fonction de la dureté totale de la zone marécageuse d'El kennar (Avril 2016).....	68
Figure 49 : classification des eaux selon le Diagrammes de Wilcox de la zone marécageuse d'El kennar (Avril 2016).....	69
Figure 50: classification des eaux selon le Diagrammes de Richards de la zone marécageuse d'El kennar (Avril 2016).....	70

Introduction générale

Les zones humides font partie des écosystèmes les plus productifs de la terre, Selon *Turner (1992)*, l'appellation de zone humide peut désigner l'ensemble des éléments reliant l'environnement aquatique à l'environnement terrestre. Mais naturellement, ces zones sont soumises à des inondations variables dans l'espace et dans le temps, la phase «inondation» varie d'une année à l'autre selon les conditions climatiques.

Comme le notent *Mitsch et Gosselink (1986)*, l'intervention humaine modifie aussi les limites en séparant dans certaines zones la terre de l'eau par drainage, endiguement et poldérisation. Pourtant le facteur dominant qui distingue les zones humides des autres écosystèmes est un excès d'eau. Les autres caractéristiques propres aux zones humides sont leurs sols qui se différencient nettement des sols essentiellement terrestres et elles présentent une végétation adaptée aux conditions d'humidité du sol d'inondation (*Mitsch et Gosselink., 2007*).

Les zones humides jouent un rôle important à différents niveaux, elles participent à la régulation des microclimats, elles sont déterminantes pour la gestion de l'eau, elles régulent les débits et les crues des fleuves, entre le cours d'eau et les zones adjacentes (recharge / décharge des nappes, dissipation des forces érosives), entre les eaux de surface et les eaux souterraines et elles épurent les eaux des bassins versants en dégradant les excès de nutriments de la matière organique et des pesticides (*Brenda-Xiomara, 2008*).

Dans le cadre générale des différentes études et pendant plusieurs années les moyens humains et matériels considérable ont été mis en œuvre pour la connaissance des écosystèmes lacustres et la compréhension de ces fonctionnements hydrodynamique et hydrochimique actuelle de tel système.

Dans la wilaya de Jijel le marécage d'El Kennar ou bien Ghedir Beni Hamza constitue une partie intéressante du patrimoine hydraulique de la région et qui rattache au bassin versant d'oued Nil à une ligne de crête de Djebel Beni Hamza (279m) et de Djebel Boutouil (117m), car elle représente la source prépondérante d'eaux d'irrigation, elle joue également un grand rôle écologique et sur la beauté paysagère dans la région comme milieu humide favorable à une répartition d'une richesse floristique, faunistique et amortie les crues.

En effet le problème de développement actuel de dynamisme anthropique dans l'endroit et de la préservation des écosystèmes et des hydro-systèmes nécessite la mise en place d'une gestion équitable des ressources, d'autre part la compréhension des interlocuteurs des systèmes côtiers en relation avec la dynamique du climat apparaît indispensable pour prédire sa réponse au cours des changements environnementaux à venir, l'établissement des différents

paramètre enregistrée qui permet de donner l'interprétation sur la connaissance actuelle du lac qui les renferment et qui constitue alors une véritable pause dans la conception des évolutions environnementales soit passées ou futures de ces régions .

Actuellement on ne dispose d'aucune information sur l'hydrodynamique de ce lac par contre il y a des études qui concernent la qualité de ces eaux, mais n'est pas suffisamment pour la séparation de leur qualité.

Dans cette optique, ce travail a été axé principalement sur l'aspect qualitatif de ces eaux par la détermination de la relation nappe-marécage, ainsi que les origines probables de la pollution surtout dans la zone marécageuse. En mettant sur pied le plan de travail suivant :

- ✍ Le premier chapitre représente une synthèse bibliographique sur les zones humides, en parlant sur les notions générales des zones humides et ses caractéristiques.
- ✍ Le deuxième chapitre est consacré à la présentation du milieu : nous sommes donc attachés à définir le cadre général de notre région d'étude, dans le but d'en tirer une monographie géographique, géologique et hydroclimatologique.
- ✍ Le troisième chapitre se focalise sur la stratégie de prélèvement, le matériel utilisé et les modes opératoires réalisés.
- ✍ Le quatrième chapitre concerne l'étude hydrochimique des eaux de la nappe et du marécage. Ce chapitre est basé sur :
 - La classification des eaux de la nappe et du marécage selon leur potabilité ;
 - La cartographie des éléments chimiques pour avoir une idée sur la répartition spatiale de la pollution
 - La détermination de la relation hydrodynamique nappe-marécage.

CHAPITRE I : Généralités sur les zones Humides

1. Définition des zones humides

Les zones humides comme l'indique leur appellation générale, se définissent avant tout comme des milieux marqués par la présence d'eau. Elles sont considérées au sens de la convention de RAMSAR comme des étendues de marais, de fagnes, de tourbières ou des 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. Ces zones contiennent différents types d'habitats. A l'échelle mondiale, les zones humides telles qu'elles sont définies couvrent une superficie non négligeable atteignant 6% de la surface du globe. (Bouljedri, 2012)

2. Types des zones humides

La propagation élevée des ZH dans le monde prédétermine une présence intensif de la typologie des milieux aquatiques qui sont représentés dans le schéma et le tableau suivant :

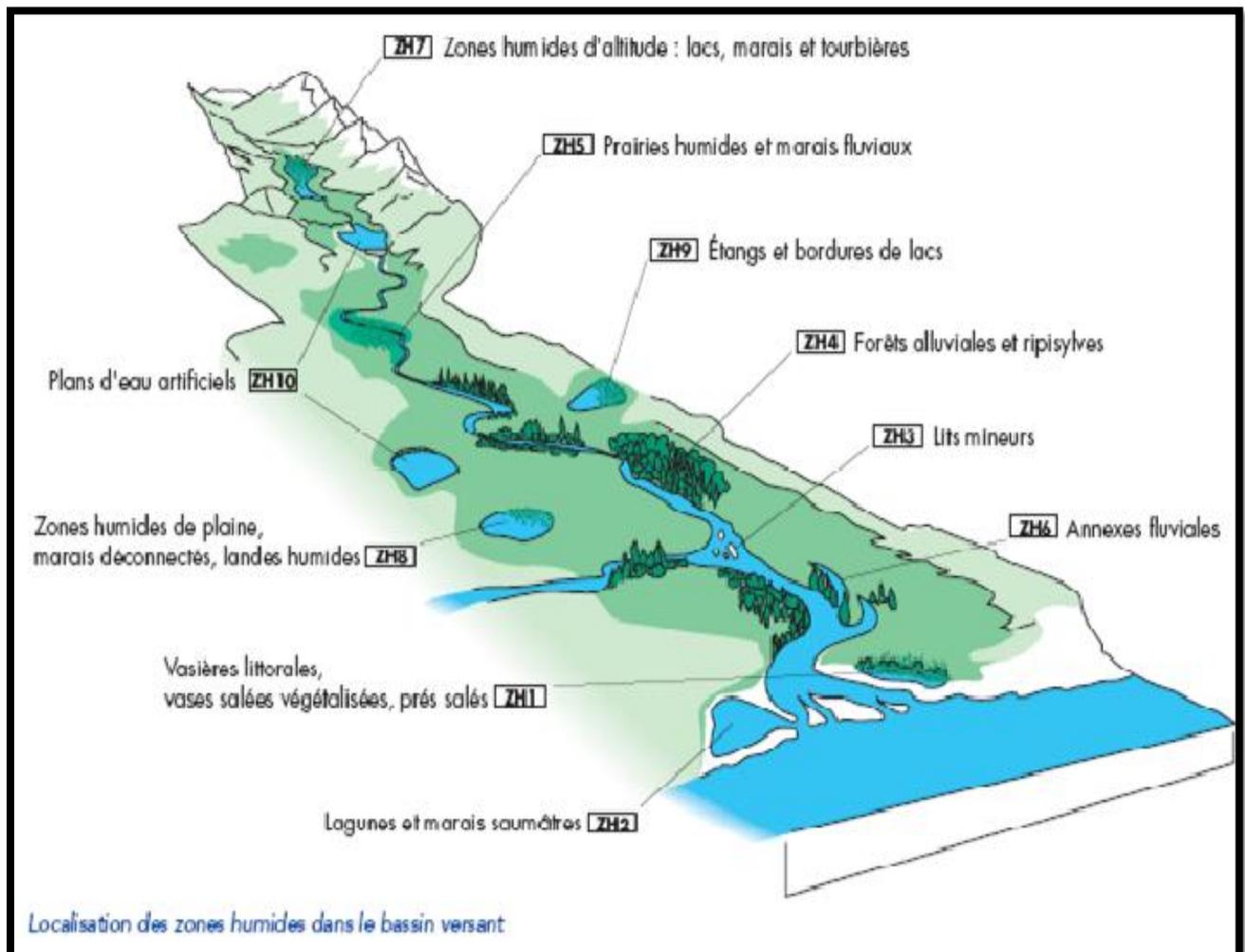


Figure01 : typologie des milieux aquatiques dans un BV.

Tableau 01 : Les différents types des zone humide (Anonyme, 1971 in Abdallah B 2006).

1	Eaux courants, cours d'eau du ruisseau ou fleuve	- sources, ruisseau, ruisseaux, torrents, vivrières et fleuves, toutes les eaux courantes des surface. - les frayères les plus intéressantes peuvent être notées.
2	Lac, retenues et plans d'eau	- lacs (grands lacs, petits lac, lacs de montagne) retenues artificielles, bassins pluviaux pour tous les usages plans d'eau gravières, ballastières
3	Tourbières, marais et étangs	-Tourbières (de tous types) marais, marais cressonnières, roselières. - étang - toute zone humide d'altitude : prairies humide et tourbières d'altitude, combes à neige.
4	Rivières et plaines alluviales	- bancs de graviers, îles, bras morts, émergences phréatiques ... - prairies inondables, plaines basses régulièrement inondées, ripisylves, fourrés alluviaux humides. - forêts inondables, ripisylves, fourrés alluviaux.
5	Milieux humides karstiques du cristallin remarquable.	- karst, résurgences karstiques, sources incrustantes, tufs, grottes, étangs saumâtres.
6	Marais côtiers et étangs saumâtres.	- estuaires, vasières salées, étangs saumâtres marais côtiers, polders.

3. Facteurs caractérisant les zones humides

Les ZH sont qualifiées par différents facteurs (*Tandjir, 2010*) : climatiques, géographiques, géologiques, physiographiques, biologiques, sociopolitiques.

➤ Facteurs climatiques :

Le suivi en permanence des données climatiques d'une contrée, dans des stations météorologiques, permet de comprendre les caprices, des saisons en pluie, température, évaporation, insolation, neige, grêle, ...hygrométrie et vent. Ces caprices influent sur ces ZH et leurs hôtes zoologiques et botaniques.

➤ **Facteurs géographiques :**

Chaque localité géographique est spécifique (littoral, plateau, coteau, montagne et désert).

Le végétal, l'animal, minéral et l'homme s'acclimatent dans l'aire lui fournissant les besoins nécessaires de se reproduire en éléments vitaux, particulièrement l'eau conditionnée par les perturbations climatiques entachant aussi, et à des degrés variés, la géologie du site considéré.

➤ **Facteurs géologiques :**

Les couches géologiques, se formant de puis des milliers d'années, cèdent les anions et les cations aux masses liquides voire solides (terres ferrugineuses, calcaires, magnésiennes et salines) y constituant l'unité spécifique de l'amalgame eau-sol- communauté faunistique et floristique et minéral.

Leurs interactions permettent l'acceptabilité ou la recevabilité d'espèces et non d'autres selon l'offre d'ambiance de multiplication, et de nourritures spatio-temporelles de l'offre du biotope.

➤ **Facteurs physiographiques :**

Ces paramètres identifient la physionomie du site humecté dans l'espace (caractéristiques spécifique de région géographique concernée) et en temps (à l'échelle diurne, nocturne, saisonnière voire annuelle et interannuelle).

Cette physionomie est à chercher pour tout l'organique et inorganique afin de corrélérer les exigences de ces derniers aux offres des substrats supports pour leur biologie équilibrée et sécuritaire en permanence.

➤ **Facteurs biologiques :**

Tout être vivant convoite son habitat spécifique lui assurant ses fonctions vitales (reproduction, aliment et abri) quitte à se déplacer sur des distances significatives (voie aérienne, aquatique et terrestre: en long, travers et profondeur).

L'assimilation des ZH fait comprendre les interactions entre paramètres organiques et inorganiques caractérisant des zones que les pratiques anthropiques les préserve en suivant la profondeur).

➤ **Facteurs sociopolitiques :**

Comme tout espace territorial, les ZH sont des sources productrices de protéines végétales (cultures variées : des fourrages , ...aux céréales) et animales (aquaculture : des cichlides , cyprinidés , anguillidés , ...aux salmonidés), écotourismes (ski nautique : dénivelées montagnardes favorables de chérai...) et cela en ces deux différents aspects .

➤ **Facteurs sociaux :**

L'attachement et l'entraide de plusieurs institutions (environnement , territoire , aménagement , urbanisme , .. ruralisme et écotourisme) se positionnent en plaines , vallées , montagnes , ou plateaux et contribuent au niveau raisonnable de la vie des populations concernées en leur procurant des ressources directement utilisables (protéines animales et végétales) ou nécessitant des transformations (bois et autres produits issus de la faune et de la flore) .

➤ **Facteurs politiques :**

De par la localisation des ZH qui est commune , notamment servant aux aires de repos, reproduction , migration des oiseaux d'eau , poissons et gros animaux , les pays limitrophes coopèrent à la survie des espèces zoologiques et botaniques dont les autres vies en dépendent étroitement notamment quantitativement et qualitativement des eaux .

Ainsi, l'importance de ces facteurs biotiques et abiotiques est indéniable dans la vie du citoyen, vie soutenue par les arrêtés, circulaires, décrets, et lois régissant la bienveillance de ces ZH et cela à l'échelle locale, régionale, du pays et d'autres contrées étrangères liées par une concertation de la convention RAMSAR.

4. Les fonctions des zones humides

Les fonctions des zones humides désignent, en premier lieu, des actions propres qu'elle réalise au sein du milieu dont elle fait partie. Par exemple, les milieux humides sont capables de stocker de l'eau de façon permanente ou temporaire ; on parle de fonction de stockage ou de rétention d'eau des zones humides, l'exécution de ces fonctions est déterminée par les caractéristiques du système. Par exemple, l'importance du stockage de l'eau dans une zone humide va varier selon la taille de la zone, sa pente ou encore sa connexion avec d'autres milieux humides.

Du point de vue humain, le terme de « fonction » d'un milieu humide désigne le bénéfice ou l'avantage tiré de celui-ci pour la société ou encore le service rendu à la société. Par exemple, l'action de stockage de l'eau d'une zone humide permet d'assurer un écrêtement des crues ou encore de garantir une ressource en eau lors des périodes sèches, on peut identifier trois types de fonctions associées aux zones humides: hydrologiques, épuratrices et de biodiversité (*Barnaud et Fustec. 2007 in Julien Jarleton.2009*).

5. L'intérêt des zones humide

Les zones humides considérées comme des unités vitales sur l'aspect scientifique, environnemental, économique, sociales..., que l'on doit s'efforcer de préserver parmi les principales valeurs en a :

5.1. Valeurs économiques

- ✓ Productions agricole et sylvicole (pâturage, fauche, roseaux, sylviculture, ...).
- ✓ Production biologique (aquaculture, pêche, chasse, ...).
- ✓ Production et stockage d'eau potable (réservoirs, captages, ...).
- ✓ Production de matières premières (granulats, tourbes).
- ✓ Tourismes.

5.2. Valeurs sociale et récréatives

- ✓ Loisirs naturalistes et support pour l'éducation à l'environnement.
- ✓ Détente et loisirs (chasse, pêche, promenades).

5.3. Valeurs scientifiques, culturelles et paysagères

- ✓ Recherches scientifiques (écologie, archéologie, palynologie...).
- ✓ Patrimoine culturel, identité locale.
- ✓ Paysage, cadre de vie.

5.4. Valeurs environnementale (écologique)

- ✓ Contrôle des inondations.
- ✓ La recharge des aquifères.
- ✓ Le piégeage des éléments chimiques toxiques et le recyclage des nutriments.
- ✓ Contribuant fortement aux biodiversités régionales (floristiques, faunistiques).
- ✓ Limitation de l'intensité des effets de sécheresses prononcées: soutien des débits d'étiage, augmentation de l'humidité atmosphérique.
- ✓ Hivernage, migration et reproduction de nombreux oiseaux du que plus de 50% des espèces d'oiseaux dépendent de ces zones.
- ✓ En zone littorale, reproduction et croissance de certaines espèces de poissons, crustacés et mollusques constituent des espaces incontournables dans le déroulement de leur cycle de vie.

6. Les zones humides comme milieu menacés

Malgré la réglementation importante vis-à-vis des zones humides, leur surface ou leur qualité tend à diminuer encore. En effet, ces réglementations ne sont pas toujours respectées et de nombreuses menaces continuent à peser sur ces milieux.

Certaines pratiques perdurent et perturbent le régime hydrique du milieu humide:

- ✓ Drainage de la zone humide ou modification du fonctionnement hydrologique des parcelles adjacentes.
- ✓ Prélèvements excessifs et direct d'eau.
- ✓ Mise en retenue.

- ✓ Remblaiement, Extraction des matériaux des milieux humides.

Les zones humides sont également souvent soumises et sensibles aux pollutions de l'eau pollution organique, bactériologique, eutrophisation (excès de nutriments), pesticides, etc.

Enfin, l'écosystème que constitue une zone humide peut également être perturbé voir détruit, en cas de :

- ✓ Déprise ou abandon: petit à petit le milieu se ferme entrainant une banalisation du milieu, avec une perte de biodiversité et une moindre efficacité dans les régulations hydriques ou l'autoépuration des eaux.
- ✓ Intensification agricole qui provoque une artificialisation de la végétation.
- ✓ Urbanisation.

Ces menaces sont regroupées dans le schéma au dessous.

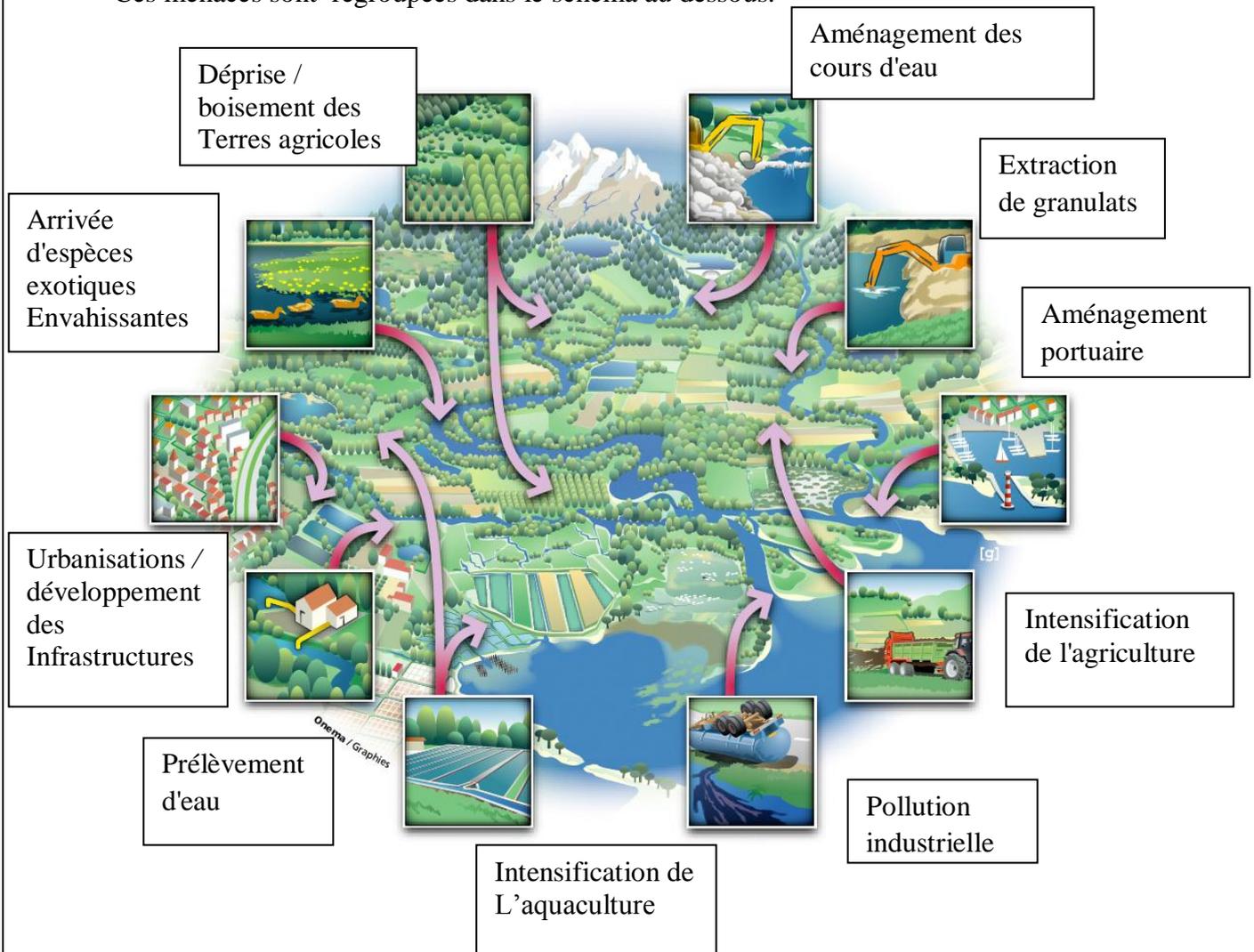


Figure02: les différentes menaces qui Influence sur les milieux humides.

7. Quelques généralités sur les interventions et les actions de gestion des ZH

- Interventions concernant le fonctionnement hydraulique :
 - ✓ Restauration des connexions
 - ✓ restauration / création d'ouvrages hydrauliques : barrages, seuils, vannes,...
 - ✓ Suppression drains, remblais ...
 - ✓ recreusement, décolmatisation des fonds et berges
- Interventions concernant la conversion des habitats :
 - ✓ Travaux de réhabilitation: conversion de terres (labour à prairie,..).
 - ✓ Consiste à « replanter » une prairie
 - ✓ Utiliser des espèces « adaptées », locales
 - ✓ Enlèvement de remblai: le déblaiement vise à réhabiliter des anciennes zones humides asséchées par dépôt de matériaux.

Ce type d'intervention, généralement lourd, peut être envisagé si l'on est sûr de retrouver le terrain naturel et le fonctionnement de la zone.

8. Les zones humides en Algérie

La position géographique stratégique de l'Algérie, sa configuration physique et la diversité de son climat lui confèrent d'importantes zones humides :

- ✓ La partie Nord-Est renferme de nombreux lacs d'eau douce, des marais, des ripisylves et des plaines d'inondation.
- ✓ La frange Nord-Ouest et les hautes –plaines steppiques caractérisent par les plans d'eau salés tels que les chottes, les sebkhas et les daya.
- ✓ Le Sahara renferme les oasis et les daya et dans le réseau hydrographique fossile des massifs montagneux du Tassili et du Hoggar. (*Boumezber, 2001 in Krid L 2006*).

Actuellement l'Algérie compte 42 sites inscrits sur la liste RAMSAR des zones humides d'importance internationale classées et protégées, à la sauvegarde et à la préservation des écosystèmes de notre planète. Elle exprime également l'attachement de l'Algérie à promouvoir un développement durable respectueux de la nature et de l'environnement (*Saïd B.2004*).

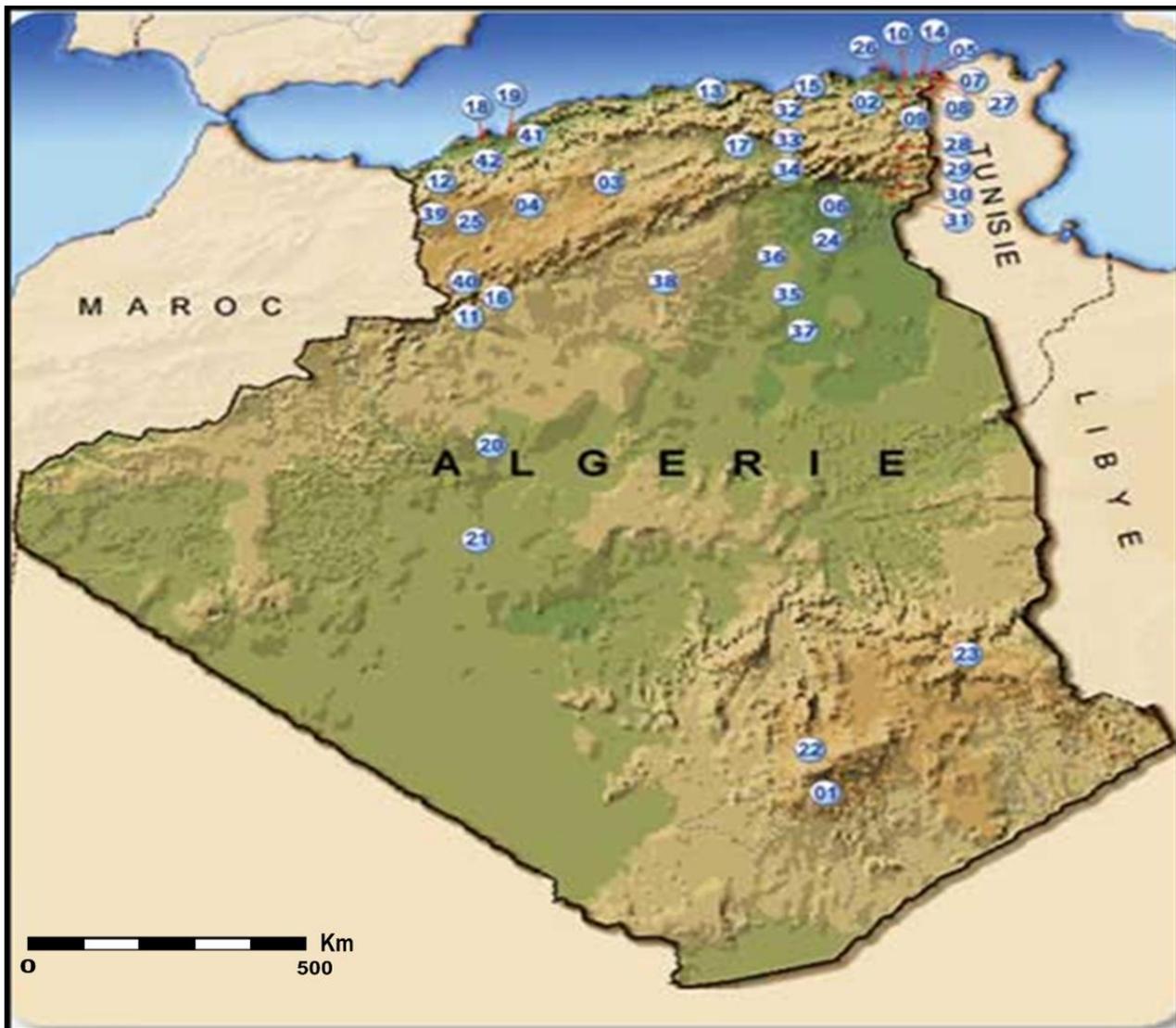
A cet égard, les 42 zones humides algériennes (sans cesse en augmentation d'année à l'autre) d'importance internationale se répartissent sur tout le territoire (montagne, littoral, hautes plateaux et Sahara). Le tableau suivant résume les 42 ZH inscrits sur la liste RAMSAR, sa superficie et sa localisation d'après les wilayas.

Tableau02 : la distribution de ZH en Algérie.

Wilaya	Nom de la zone humide	Superficies (ha)
El Taraf, commune d'Oum Tboul Parc National d'El kala	Lac Tonga	2.700
El Tarf, commune d'El Frine, Parc National d'El kala	Lac Oubeïra	2.200
El Tarf, commune du lac des oiseaux	Le lac des oiseaux	170
Wilaya de Saïda, Nâama, El Bayadh	ChottEchChergui	855.500
Wilaya de Skikda	Guerbes	42.100
Wilaya de M'Sila et Batna	Chott El Hodna	362.000
Wilayad'Illizi	Valéed'Iherir	6.500
Wilaya de Tamanrasset	Guelatatesd'issikarassene	35.100
Wilaya d'El Oued et de Biskra	Chott Merouane et Oued Khrouf	337.700
Wilaya de Mascara,Oran et Mostaganem	Marais de la Macta	44.500
Wilayad'AdrarCommune d'OuledSaïd	Oasis de OuledSaïd	25.400
Wilayad'Oran	Sebkhad'Oran	56.870
Wilaya d'Adrar Commune de Tamentit	Oasis de Tamentit et Sid Ahmed Timmi	95.700
Wilaya de Nâam	Oasis de Moghrar et Tiout	195.500
Wilaya de Djelfa	ZehrezChergui	50.985
Wilaya de Djelfa	ZehrezGharbi	52.500
Wilaya de Tamanrasset	Guelatatesd'Affilal	20.900
Wilaya de Tlemcen	Grotte de GharBoumâaza	20.000
Wilayad'ElTarf	Marais de la Mekhada	8.900
Wilaya d'El Oued et de Biskra	ChottMelghir	551.500
Wilaya d'Alger Communes de Réghaïa et Heraoua	Lac de Réghaïa	842
Wilaya d'El Tarf, ParcNational d'El Kala	Lac Noir	5
Wilayad'ElTarf, Commune d'AïnKhiar,Parc National d'El Kala	Aulnaiesd'AïnKhiar	170
Wilaya de Nâama	Cirque d'AïnOuarka	2.350
Wilaya de jijel	Lac de BéniBélaïd	600
Wilayad'Annaba	Lac de Fetzara	20.680
WilayaSétif	Sebkhet El Hamiet	2.509
	SebkhetBazer	4.379
	Chott El Beïdha-Hammam Essoukhna	12.223
WilayaOum El Bouaghi	GaraetAnnDjemel-El Merhssel	18.140
	GaraetGuellif	24.000
	ChottTinsilt	2.154
	Gara et El Taref	33.460
WilayaTlemcen	Dayet El Ferd	3.323
WilayaNâama	OglatEdaira (Aïn Ben Khelil)	23.430
Wilaya Oran	Les Salinesd'Arzew	5.778
	Le lac de Tellamine	2.399
El Tarf	Le Lac Mellah	2.257
Gharđaïa	Sebkhet El Meleh (Lac d'ElGoléa)	18.947
Ouargla	ChottOumRaneb	7.155
	ChottSidiSlimane	616
	ChottAïn El Beïda	6.853

La source : des atlas des ZH 1,4.

La carte ci-dessous montre la répartition spatiale de ces zones à travers le territoire Algérien, elle illustre que la majorité de ces zones sont situées au Nord-Est et au Nord-West, et quelque région du Sud surtout le Sud-Est.



La légende

- | | |
|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| -1/GULTATES AFILAL | - 15/RESERVE NATURELE DU LAC BENI BELAID |
| -2/LACFETZARA 3/CHOTT DE ZEHREZ GHARBI | - 16/ CIRQUE DE AIN OUARKA |
| -3/ CHOTT DE ZEHREZ GHARBI | - 17/CHOTT EL HODNA |
| -4/CHOTT DE ZEHREZ CHERGUI | - 18/SABKHA D'ORAN |
| -5/RESERVE INTEGRALE DU LACOUBERA | - 19/MARAISE DE LA MACTA |
| -6/CHOTT MELGHIR | - 20/OASIS D'OULADE SAID |
| -7/AULNAIES D'AIN KHIAR
TIMMI | - 21/OASIS DE TAMENTIT ET OULED AHMED |
| -8/TOURBIERE DU LAC NOIR | - 22/GUOLTATES D'ISSAKARASSENE |
| -9/RESERVE NATURELLE DU LAC DES OISEAUX | - 23/VALLEE D'IHERIR |
| -10/MARAISE DE LA MEKHADA | |
| -11/OASIS DE MOGHRAR ET TIOUT | - 25/CHOTT CHERGUI |
| -12/GROTTE KARSTIQUE DE BOUMAAZA | - 26/COMPLEXE DES ZONES HUMIDES
DEGUERB ESSANHADJA |
| -13/RESERVE NATURELLE DU LAC DE REGHAIA | |
| -14/RESERVE INTEGRALE DE LAC TONGA | |

Figure03: la répartition des ZH dans le territoire algérienne.

9. Les zones humides de la wilaya de Jijel

D'après le plan d'aménagement côtier de la wilaya de Jijel, mission N°1, la wilaya de Jijel comporte les zones humides suivantes :

➤ **Réserve de Béni Belaid**

Située à 32 km de Jijel, la réserve de Béni Belaid est une plaine côtière humide, classée (Convention RAMSAR). Elle s'étend sur une superficie de 600 ha, divisé en des étendues marécageuses inondables et des terrains broussailleux, avec un Nord composé de terrains sablonneux.

Elle offre de larges possibilités d'aménagement et de mise en valeur. La réserve Béni Belaid n'échappe pas aux diverses dégradations causées par les incendies, les défrichements et le surpâturage. Elle est vouée à la dégradation si le projet du complexe sidérurgique de Bellara est maintenu.

➤ **Le parc national de Taza**

Le parc de Taza recèle une richesse et une abondance d'espèces naturelles très variées, telles ; la forêt de Guerrouche, la corniche, les baies et caps, et les potentialités en matière de tourisme telles que les plages et les grottes merveilleuses, s'étendant sur une superficie de près de 3807 ha, le parc abrite une faune diverse et riche, à l'abri de toute forme de pollution. Le parc reste néanmoins vulnérable aux risques des incendies volontaires ou accidentels, faute de moyens de surveillance et d'intervention.

➤ **Retenue d'El-Aouana**

Elle enveloppe une superficie de 3 ha dans la région d'El-Aouana par des caractéristiques physique des eaux douce à un niveau égalé à 1.5m, il possède une richesse et une abondance d'espèces naturelles très variées.

➤ **Ghedir el Mardj**

Il situe dans la commune de Taher a une superficie de 45ha ces eaux sont de type des eaux douce avec une diversité remarquable sur le niveau faunistique que et même floristiques.

➤ **Ghedir Beni Hamza**

Ce marécage situé à environ 20 Km à l'Est de la ville de Jijel dans la daïra de Chekfa (secteur de Faza) au sud du village d'El Kennar, sa superficie est environ 35 ha. Il est caractérisé par des eaux douces à un niveau de profondeur équivalent de 1.5m, et une diversité écologique remarquable.

CHAPITRE II : Cadre physique et naturel de la zone d'étude

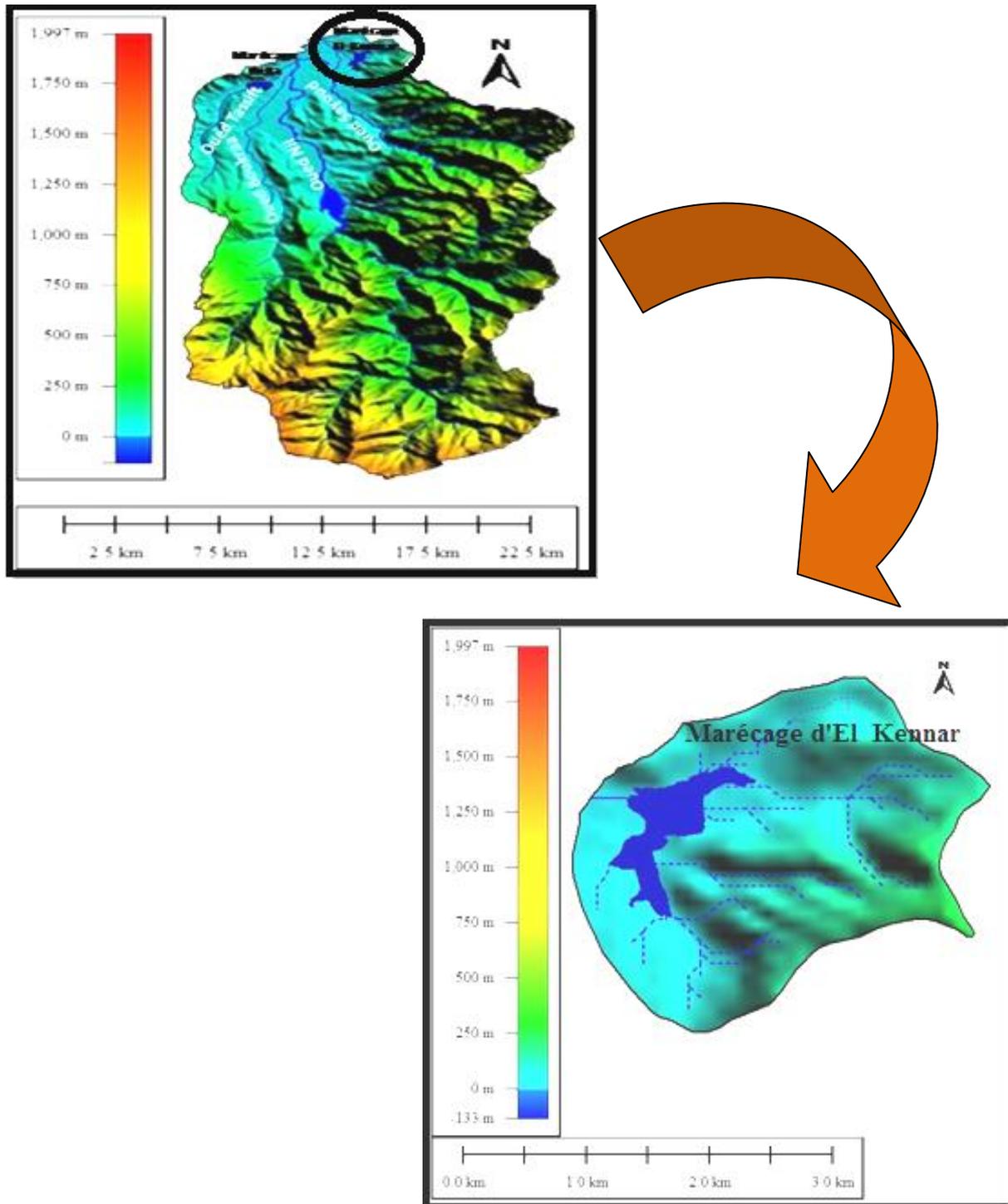


Figure 05: Situation géographique du sous bassin de marécage d'El-Kennar par rapport au BV d'Oued Nil.

2. Description de site

La zone marécageuse appelée communément Ghedir Beni Hamza c'est un plan d'eau naturel couvre une superficie d'environ 37.09 ha. Il possède une cortège floristique très riche qui offre la possibilité d'être un site de nidification et d'alimentation pour un grand nombre d'espèces animales particulièrement les oiseaux migrateurs et sédentaires, il accueil

annuellement entre 1000 et 1500 oiseaux migrateurs, elle est entouré d'une terre cultivée (I.F ,2012), dans le centre de ce Ghedir au niveau du point le plus bas l'eau persiste pendant la plus grande partie de l'année, ce dernier varie en fonction des facteurs climatique , elles soutient des caractéristiques physique générale qui sont :

- ✓ c'est une cuvette à fond vaseux.
- ✓ type de sol limoneux ou argilo-limoneux.
- ✓ qualite médiocre.
- ✓ zone inondée de 7à8 mois/an.
- ✓ Précipitations de 800à1000mm/an.
- ✓ température moyenne annuelle de 18c°.
 - Maximale de 30c°.
 - Minimale de 10c°.
- ✓ vents dominants en hiver (Nord-Ouest).
- ✓ végétation et avifaune dominant (tamarix galica, Nymphara albacauards , becessuies ..).
- ✓ c'est un site proposé au classement en 2008 comme site à intérêt international RAMSAR.
- ✓ zone qui situe localement a l'Est du BV d'oued Nil et qui prend sa source sur les hauteurs des montagnes du sud de la wilaya et se jette à la mer.

- Généralement elle est menacée par :

- ✓ l'avancée du béton (les constructions).
- ✓ décharge sauvage.
- ✓ rejets des eaux usées de l'agglomération limitrophe.

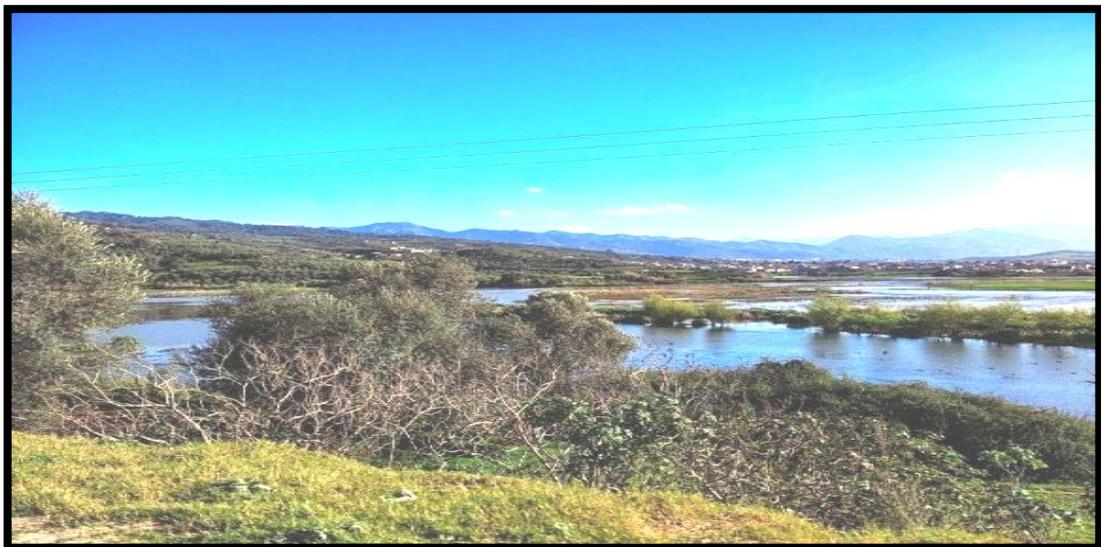


Figure06 : Photo de marécage d'El kennar.

2.1. Aperçu pédologique

La texture du sol est un facteur édaphique important, elle joue un rôle déterminant dans la fertilité du sol et la circulation de l'eau, l'étude granulométrique réalisée sur ce site montre que la texture du sol étudié est limono-sableuse, avec ce type de texture, notre sol est léger présente une faible rétention de l'eau, donc il est facilement lessivable par les eaux de pluie et d'irrigation, pour le pH il est plus ou moins acide avec une valeur min égale à 6.04 et une valeur max égale à 6.79, cette acidité est sans doute liée à l'hydro-morphologie et l'activité biologique du sol car le pH baisse avec les acides organiques libérés produits par la biodégradation microbienne des débris végétaux et animaux alors que le taux de la matière organique dans le sol de cette station présente des valeurs comprises entre (0.16% et 3.59%) qui s'explique par la richesse du sol en micro-organismes (*Haroud Z, Akika H. 2012*).

2.2. Les activités agricoles

La région d'El-Kennar est un milieu physique favorable à l'activité agricole. En raison de l'abondance des pluies et de la fertilité des sols. C'est le premier secteur d'activité pour les habitants locaux avec une superficie agricole totale (SAT) de 1245 ha (la majorité des zones arables sont situées au Nord et Nord-Est de la commune), alors que la superficie agricole utilisable (SAU) est estimée à 595 ha (dont 157,62 irriguée) et la superficie de terre au repos est 185 ha et les terres improductives sont environ 92 ha.

3. Cadre géologique

3.1. Cadre géologique régional

La wilaya de Jijel s'étend sur deux grands domaines géologiques, un domaine, situé au Nord (dit domaine interne), correspondant aux formations cristallophylliennes du socle kabyle et couverture sédimentaire et un domaine situé au Sud (dit domaine externe), correspondant aux séries types flysch et aux séries telliennes.

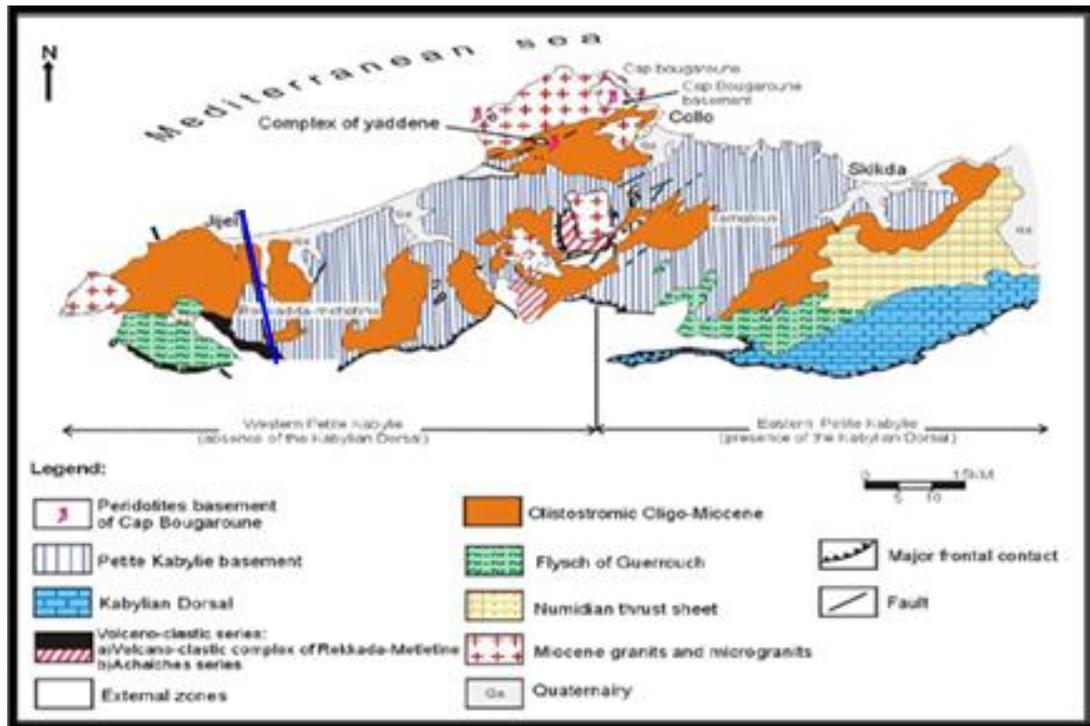
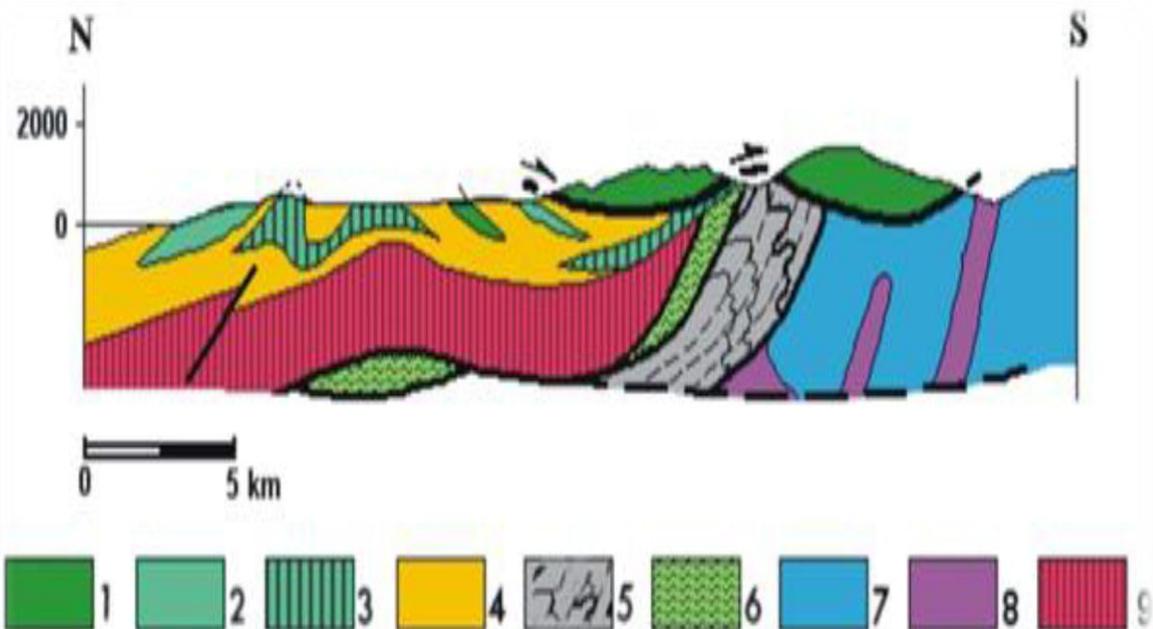


Figure07 : Schéma structural de la petite Kabylie (Djellit, 2010).



Légende : 1 : unité Gerrouche, 2 : Numidien, 3 : FlyshAlbo-Aptien, 4 : Oligo-Miocène, 5 : unité flyshSchisto-gréseux, 6 unité Volcano-Sédimentaire, 7 : unité tellienne, 8 : Trias, 9 : socle Kabyle.

Figure N08 : Coupe synthétique donnent l'allure de l'édifice structural de la petite Kabylie (Djellit, 2010).

3.2. Cadre géologique local

La plaine de l'Oued El Nil consiste en un remplissage alluvionnaire d'une ancienne vallée creusée dans les marnes éocènes à l'Ouest (rive gauche de l'Oued Nil) et les terrains métamorphiques à l'Est (rive droite de l'Oued Saayoud). Sur ces alluvions se déposent des formations dunaires plus au moins-récents comme celle de Bazoul et d'El Kennar. (*Lehtihet, 1983*).

La figure et la coupe ci-dessous montrent la majorité des formations dans la plaine d'Oued Nil et la partie Sud d'El kennar où se trouve la zone d'étude.

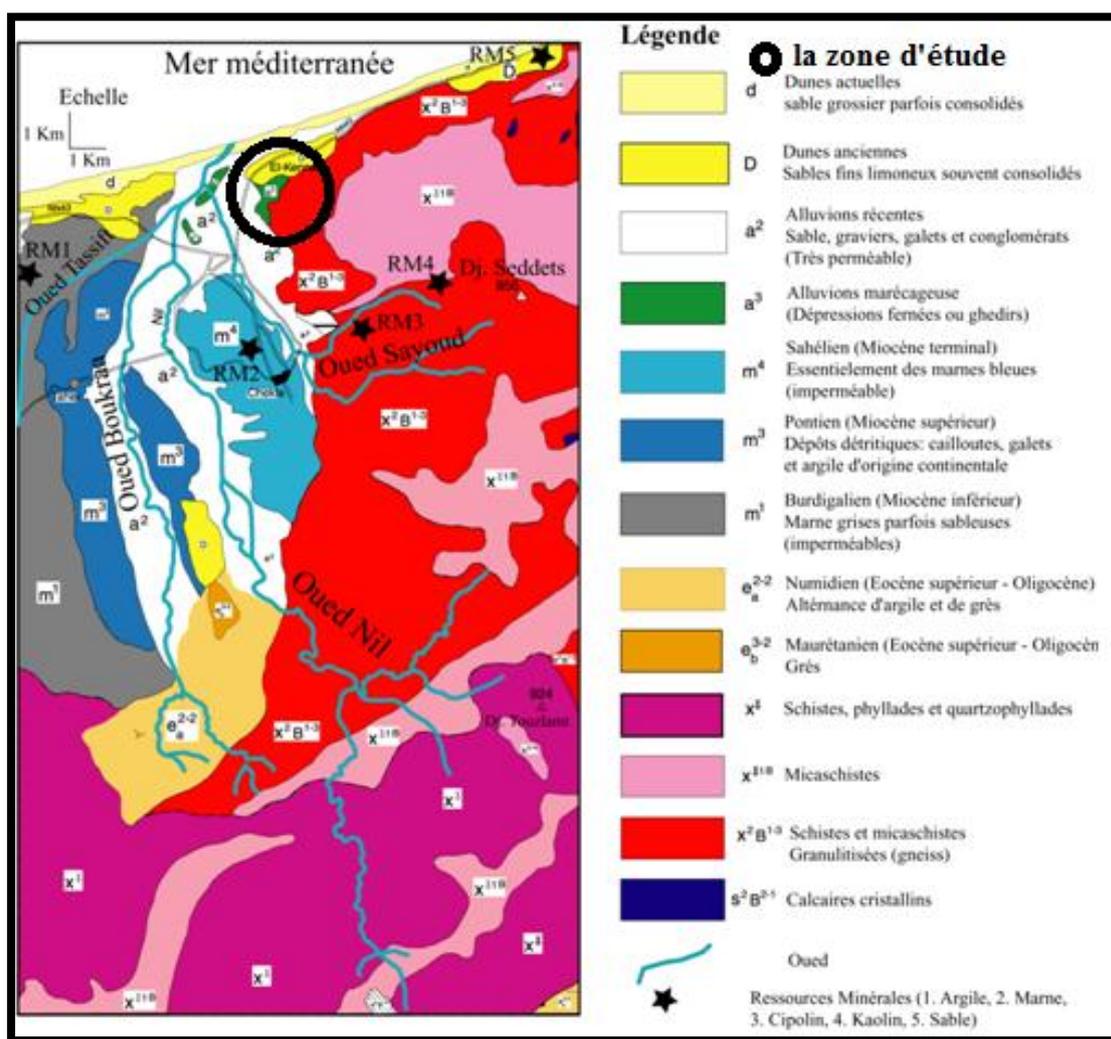


Figure09: Esquisse géologique de la région d'oued Nil (provenant de la carte géologique d'El-Milia N°29, Ehrmann F. 1926 in Debieche 2015).

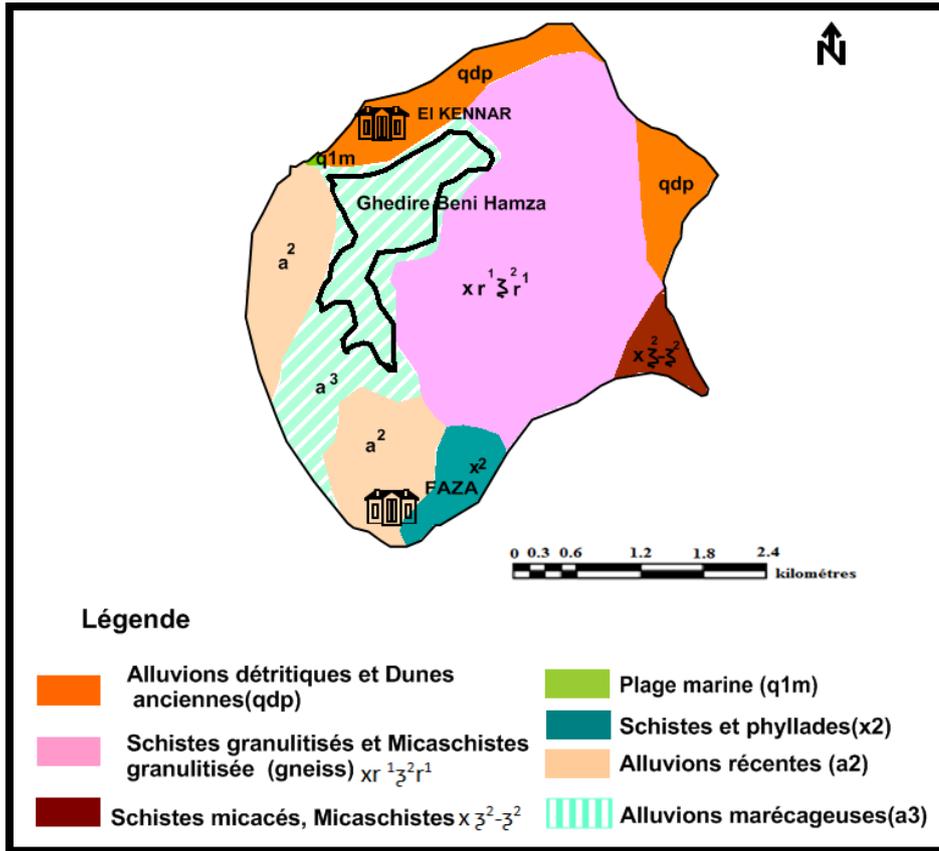


Figure10 : Esquisse Géologique du bassin versant du marécage d'El kennar

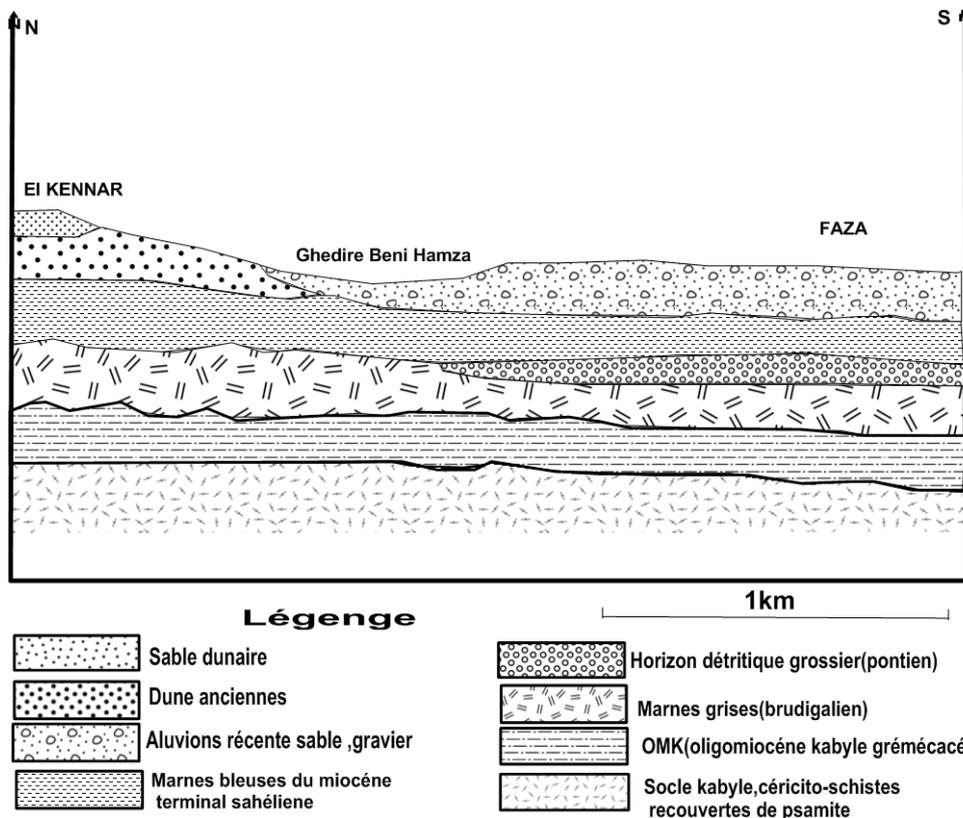


Figure11: Coupe schématique N-S de la partie sud d'El Kennar (in Ben Beghila,S).

D'après les cartes (fig.10) et la coupe (fig.11) on peut faire ressortir les formations géologiques qui couvrent la région d'étude, et qui sont les suivantes :

- ✓ Des alluvions récentes (a^2) : ces alluvions forment l'aquifère de la nappe superficielle de la plaine (sable, gravie).
- ✓ Des alluvions marécageuses (a^3) : qui forme actuellement le fond du lac.
- ✓ Alluvions détritiques et Dunes anciennes (q^d_p): comprenant des cailloutis, des galets et des argiles.
- ✓ Plage marine (8à12 m) (q^1_m).
- ✓ Schistes et phyllades(x^2).
- ✓ Schistes granulitisés et Micaschistes granulitisés (gneiss) ($xr^1z^2r^1$).
- ✓ Schistes micacés, Micaschistes(xz^2-z^2).

Les formations métamorphiques du socle kabyle (les schistes) forment la limite méridionale de la zone étudiée, sont la plus basse unité géologique de la région d'El-kennar.

4. Etude climatique

Les conditions climatiques jouent le rôle principal pour déterminer le régime des cours d'eau. Elles sont utilisées pour définir les caractéristiques des eaux de surfaces.

Parmi les facteurs hydro-climatologiques étudiés en a la pluviométrie qui l'y plus importante ainsi que la température de l'air et d'autres facteurs secondaires tels que le vent, L'évapotranspiration, humidité ... etc.

Dans cette étude hydro-climatique, les données climatiques utilisées appartiennent à la station la plus proche (Taher- Achouat).

Tableau03 : Les coordonnées de la station météorologique d'Achouât, Taher.

Station	Le code de station	Les coordonnées Lambert		Altitude (m)
Jijel (Achouât,Taher)	030504	X(Km)	Y(Km)	4
		776 ,30	394,00	

4.1. Précipitations moyennes mensuelles

La répartition moyenne mensuelle des précipitations montrent plus clairement, les mois de hautes précipitation et les mois sec. D'après l'histogramme (fig.12) on constate que le mois le plus pluvieux c'est le mois de décembre avec une pluviométrie de 192,28mm, et le mois le plus sec c'est juillet (2,99mm)

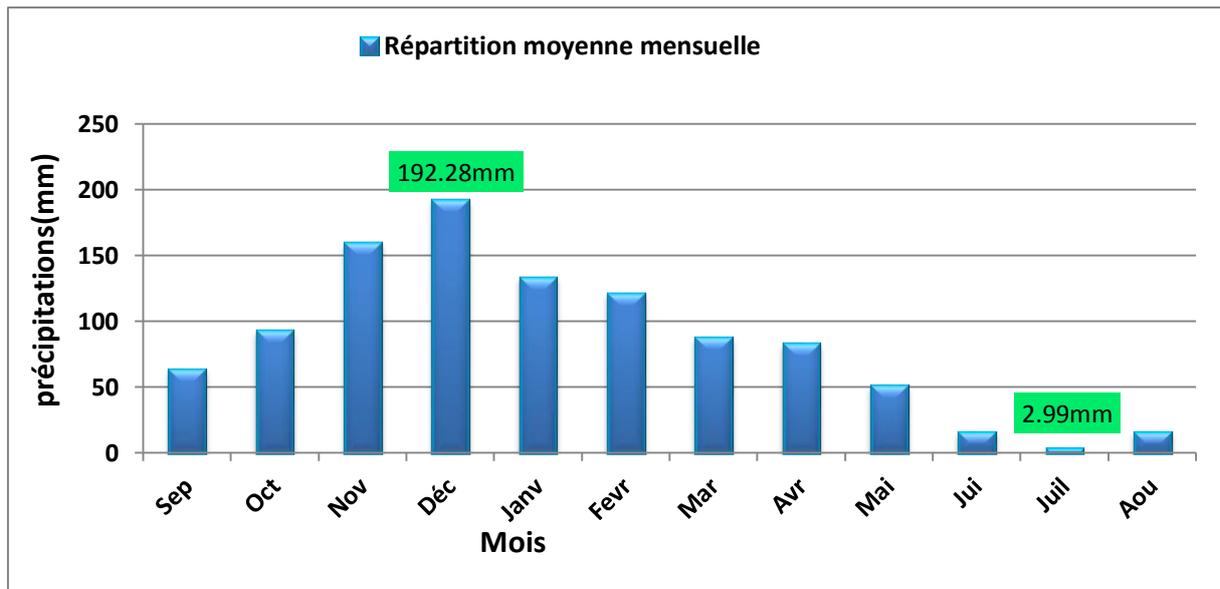


Figure12 : Répartition des précipitations moyennes mensuelles de la station d'Achouat-Taher (1988-2015).

4.2. Température moyennes mensuelles

D'après le graphique représentant les températures moyennes mensuelles de la station d'Achouat-Taher on distingue deux périodes : la première ou la température décroît du mois de septembre (23.6 C°), jusqu'au mois de janvier 11.58 C° , et la deuxième ou la température croît progressivement du mois de février 11.70 C ° au mois d'aout 26.21 C°.

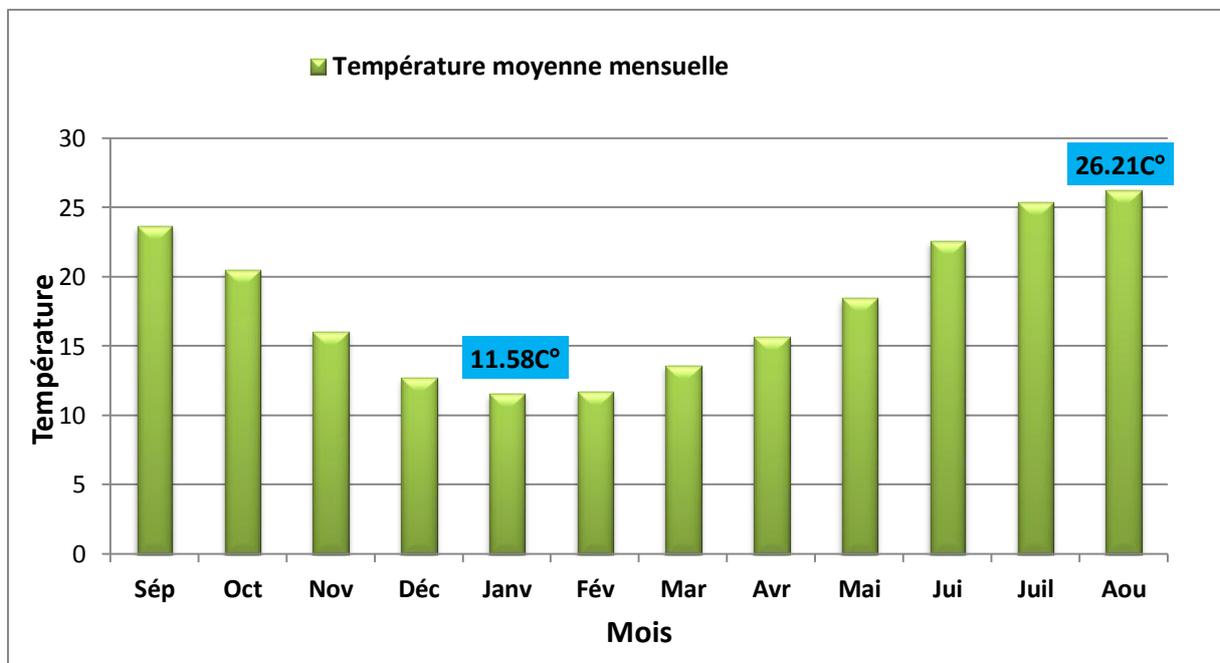


Figure13: répartition moyennes mensuelles des températures de la station d'Achouat-Taher (1988-2015).

4.3. Bilan hydrologique

L'établissement d'un bilan hydrologique est nécessaire pour appréhender le fonctionnement d'un système hydrologique de surface et de subsurface, la détermination de ce dernier passe par la connaissance des paramètres climatiques tels que :

- Les précipitations.
- L'évapotranspiration.
- Le ruissellement et l'infiltration qui constituent le cycle de l'eau.

La quantification de la hauteur de chaque élément du cycle hydrologique peut être faite à partir de l'équation du bilan hydrologique. Ce dernier fait le bilan entre les quantités d'eau entrantes et sortantes d'un système défini dans l'espace (entité naturelle en générale) et dans le temps (année hydrologique).

L'équation du bilan hydrique est présentée comme suit :

$$P = ETR + R + I + W$$

Avec :

P : précipitations (mm)

ETR : évapotranspiration réelle (mm)

I : infiltration (mm)

R : ruissellement (mm)

W : variation des réserves qui peut être considéré comme négligeable (mm)

4.3.1. Calcul de l'évapotranspiration

L'évaporation a une grande importance pour les études hydrologique, car il intéresse le bilan hydrologique ainsi que les réserves souterraines, on peut définir l'évapotranspiration comme étant l'ensemble des phénomènes d'évaporation des plans d'eau (processus physique) et de la transpiration des plantes (phénomène biologique), on distingue :

4.3.1.1. L'évapotranspiration potentielle (ETP)

L'évapotranspiration potentielle (ETP) représente la quantité d'eau maximum qui peut être abandonnée pour des conditions météorologiques données et pour un stock d'eau du sol maximum et infiniment renouvelable.

Partant d'expérience réalisées sur divers climat (subhumide – humide) Thornthwaite, propose la formule suivante pour calculer l'ETP :

$$ETP = 16 * [10T/I]^a$$

Avec:

$$I = \sum i = (T/5)^{1.514}, a = 0.016 * I + 0.5 \text{ et } ETP_c = ETP * K$$

ETP : évapotranspiration potentielle non corrigée (mm).

T : température annuelle moyenne (C°).

I : indice thermique annuel.

i : indice thermique mensuel.

a: exposant climatique (fonction de la durée du jour).

ETP_c: évapotranspiration potentielle corrigée (mm).

K: facteur de correction.

4.3.1.2. Evapotranspirations réelles

Par définition, on appelle évapotranspiration réelle effective actuelle, la somme de l'évapotranspiration et de transpiration réelle pour une surface donnée.

Pour le calculer on peut utiliser les formules de :

- ✓ Coutagne
- ✓ Turc
- ✓ Thornthwaite

D'après Thornthwaite, un bilan hydrologique mensuel peut être établi avec l'intégration des précipitations et de l'évaporation potentielle (ETP). Cette méthode permet l'estimation à chaque mois les paramètres suivants:

ETR : L'évapotranspiration réelle.

Da : le déficit agricole ; (Da = ETP - (P + RFU))

Ws : l'excédent, water surplus

Pour cela il faut tout d'abord calculer la RFU (réserve facilement utilisable) contenue dans le sol, Thornthwaite utilisait une valeur moyenne de RFU égale à 100mm lorsque l'humidité <50%.

Le principe de calcul est basé sur les cas suivants :

- ✓ Si $P > ETP$: $ETR = ETP$, il reste une quantité d'eau, $P - ETP$ qui va alimenter la RFU, s'il reste son maximum (100mm), on va avoir un excédent sous forme de ruissellement.
- ✓ Si $P < ETP$ et $RFU = 0$: $ETR = P$

$$\checkmark \text{ Si } P < ETP \text{ et } RFU \neq 0 \quad \left\{ \begin{array}{l} P + RFU > ETP \longrightarrow ETR = ETP \\ P + RFU < ETP \longrightarrow ETR = P + RFU \end{array} \right.$$

✓ Si $P = ETR$: les précipitations sont justes suffisantes pour alimenter le sol. Il n'y aura pas de W_a pour alimenter le RFU.

En fin, si malgré l'apport de la RFU et de l'ETR reste toujours inférieur à l'ETP, il va avoir un déficit agricole (D_a) tel que : $D_a = ETP - ETR$ Donc $D_a = ETP_i - (P_i + RFU_{i-1})$

Avec : i : mois en cours.

$i-1$: mois précédent.

Tableau 04: Bilan hydrique selon Thornthwaite a la station d'Achouât-Taher (1988-2015).

Mois Paramètres	Sep	Oct	Nov	Déc	Janv	Fevr	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Année
P (mm)	62,84	92,48	159,54	192,28	133,25	121,04	87,52	82,72	50,49	15,78	2,99	15,72	1016,7
ETPc (mm)	107,58	76,94	42,43	26,64	23,04	22,96	37,25	51,7	78,15	116,1	148,09	147,48	878,36
P-ETPc	-44,74	15,54	117,11	165,64	110,21	98,08	50,27	31,02	-27,66	-100,3	-145,1	-131,7	/
ETR	62,84	76,94	42,43	26,64	23,04	22,96	37,25	51,7	78,15	88,12	2,99	15,72	528,78
Déficit (D_a)	44,74	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	27,98	145,1	131,76	349,58
Excédent (Ws)	0,00	0,00	32,65	165,64	110,21	98,08	50,27	31,02	0,00	0,00	0,00	0,00	487,87
RFU	0,00	15,54	100	100	100	100	100	100	72,34	0,00	0,00	0,00	/

Le bilan hydrologique (*tab.04*) pour une période de 27 ans (1988-2015) à la station d'Achouât fait ressortir que:

- ✚ Les précipitations deviennent supérieures à l'évapotranspiration potentielle(E.T.P) du mois d'Octobre jusqu'au mois d'Avril.
- ✚ La RFU est a son maximum de 100 mm du mois de Novembre jusqu'à la fin d'Avril, ou on totalise un excédent de 487.87 mm avec un pic au mois de Décembre 165.64mm.
- ✚ Par ailleurs, le RFU commence à diminuer au début du mois de Mai, pour s'épuiser et devenir nulle du mois de Juin jusqu'au mois de Septembre, avec un déficit agricole de l'ordre de 349.58mm. C'est la période déficitaire, où on doit recouvrir d'avantage à l'irrigation.

4.3.2. Détermination du Ruissellement et d'Infiltration

4.3.2.1. Ruissellement superficiel

Ce paramètre joue un rôle très important sur le bilan hydrologique. Le ruissellement superficiel est estimé à partir de deux formules :

- Formule de Tixeront-Berkaloff

$$R = P^3 / 3(ETP)^2 \text{ si } P < 600\text{mm}$$

- Formule de Tixeront-Berkaloff modifiée par Romantchouk

$$R = P^3 / 3 \text{ si } P > 600\text{mm}$$

Avec :

R: ruissellement (mm)

P: précipitations moyennes annuelles (mm)

ETP: évapotranspiration potentielle d'après Thornthwaite en (mm)

Les résultats sont représentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau05 : Résultats de calcul de ruissellement.

Paramétrer	P (mm)	ETPc(mm)	R (mm)
Quantité[mm]	1016.7	878.36	350.31

4.3.2.2. Infiltration

Ce paramètre est aussi important du point de vue hydrologique, pour l'estimer on la L'expression générale du bilan hydrique s'écrit comme suit :

$$P = ETR + R + I \quad \text{Donc} \quad I = P - (ETR + R)$$

Avec:

R:ruissellement (mm)

P:précipitations moyennes annuelles (mm)

ETR : évapotranspiration réelle (mm)

I : infiltration (mm)

Les résultats sont représentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau06: Calcul du R et I dans la zone d'étude.

Paramétrer	P (mm)	ETPc (mm)	ETR (mm)	R (mm)	I (mm)
Quantité (mm)	1016.7	878.36	528.78	350.31	137.61

A partir de l'étude hydroclimatologique du bassin versant du marais d'El Kennar en peut dire que cette région est soumise à un climat tempéré méditerranéen intermédiaire, caractérisé par une période humide qui s'étale du mois d'Octobre jusqu'au mois d'Avril et une période pratiquement sèche qui s'étend du de mois de Mai jusqu'au mois de Septembre.

CHAPITRE III : Matériels et Méthodes

1. Echantillonnage

Un suivi des paramètres physico-chimiques des eaux souterraines (puits) a été effectué durant une journée. Afin que nos données soient statistiquement exploitables deux échantillons d'eau ont été prélevés de chaque station.

2. Positionnement géographique des points d'eau

Pour la localisation des points d'eau, nous avons utilisé trois outils : le GPS, Google Earth et les cartes topographiques.



Figure 14: Photo du GPS de marque Carmine.

3. Mesure du niveau piézométrique

Pour la mesure du niveau d'eau (statique et dynamique) des différents ouvrages, nous avons utilisé une sonde piézométrique possédant un voyant qui s'allume une fois que le bec de la sonde est en contact avec la surface de l'eau (*Fig.15*)



Figure15 : Photo de la sonde piézométrique.

4. Choix des stations de mesure

Pour le prélèvement des eaux souterraines, on a choisi des points représentatifs de la plaine et des points proches des zones à risque de pollution (zones agricoles, les rives du marécage...), concernant les eaux de surface les point de mesure sont répartie tout au tour du marécage (*fig21*).

5. Technique de prélèvement d'eau

Dans chaque station, on a prélevé deux bouteilles, étiquetées pour éviter tout risque de confusion entre les échantillons (nom de puits, date...), ces bouteilles sont rincés au moins trois fois avec de l'eau naturelle à analyser ainsi que le matériel utilisé (le préleveur et le seau) pour prévenir toute contamination de l'échantillon.

Le prélèvement des eaux souterraines se fait :

- Dans les puits : à l'aide d'un préleveur manuel (*fig.16*).



Figure16 : Prélèvement d'eau dans un puits.

- Marécage : Le prélèvement d'eau se fait au milieu du marais à l'aide d'un seau lié à une corde. Une fois le seau rempli, les bouteilles sont remplies à ras bord, puis fermées immédiatement, de façon à limiter le plus possible les bulles d'air. (*fig.17*).



Figure17 : prélèvement dans le marécage.

6. Conservation des échantillons

Normalement les échantillons doivent être conservés à une température de 4°C dans un réfrigérateur ou être congelés dans un congélateur. Faute d'absence d'un frigo et d'un congélateur dans notre laboratoire, les échantillons sont conservés au laboratoire et à l'abri de la lumière. Sachant que les analyses pour les éléments du cycle d'azote ont été effectuées le lendemain.

7. Préparation des échantillons

Pour préparer les eaux avant le dosage on a effectué :

- **Filtration** : d'une manière générale, la filtration de l'échantillon se fait au laboratoire, avant l'analyse. Pour filtrer les échantillons, on a utilisé des membranes filtrantes de porosité égale à $0,45 \mu\text{m}$ au Laboratoire de Recherches de Génie Géologique (LGG).
- **Filtration gravitaire** : Par gravité, l'échantillon traverse le filtre placé dans un entonnoir. Ce type de filtration est lent et de ce fait insociable car l'échantillon se dégrade progressivement au contact de l'air (fig.18).



Figure18 : Photos montrant la filtration gravitaire

8. Les Mesures effectuées in situ

Trois paramètres physico-chimiques (pH, T, conductivité électrique) ont été mesurés in situ à l'aide d'une valise multi-paramètre de terrain (WTW 350 I).

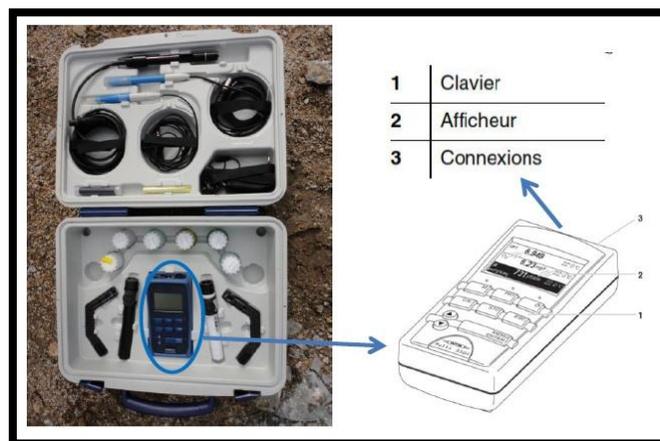


Figure19 : Photo de Multi paramètres 350I. (Université de Jijel).

9. Le matériel utilisé dans le laboratoire

Les analyses chimiques des eaux ont été effectuées au laboratoire de recherche de Génie Géologique, et pour se faire, nous avons utilisé le matériel suivant :

- ✓ les Matériels courant de laboratoire (Burette graduée, éprouvette graduée, fioles jaugée, pipettes graduée, Bécher, flacon, tube à essai, pissette, entonnoir, spatule, bouchon ...)
- ✓ Agitateur magnétique, barreaux magnétique
- ✓ Spectrophotomètre accompagné avec une cuve de 10 mm d'épaisseurs
- ✓ Balance analytique
- ✓ Etuve pour séchage.

10. Nettoyage de la verrerie

Les flacons destinés au dosage des sels nutritifs (ammonium, phosphates, nitrates), ont été nettoyés et rincés avec une solution d'acide sulfurique dilué, puis rincés à l'eau distillée (Rodier, 2005).

Les autres flacons sont pratiquement nettoyés avec le savon, l'HCL dilué (acide chlorhydrique) puis l'eau distiller.

11. La spectrométrie

Le dosage des sels nutritifs (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- et PO_4^{2-}), le fer et les sulfates plus le sodium et potassium a été effectué par le spectrophotomètre d'absorption atomique. Le mode opératoire pour chaque élément est donné dans le tableau ci-dessous (tab.07).

Tableau07 : Les méthodes d'analyse adoptées au laboratoire

Eléments	Unités	Méthodes	Appareillage
Ammonium (NH_4^+)	mg.l^{-1}	En milieu alcalin et en présence de Nitroprussiate (réactif I) qui agiter comme un catalyseur, l' NH_4^+ traité par une solution de réactif II donné de la coloration verdâtre Indique la présence de l'ammonium. La longueur d'onde utilisée est 655nm.	

<p>Nitrites (NO₂⁻)</p>	<p>mg.l⁻¹</p>	<p>La réaction des ions nitrites présents dans une prise d'essai a pH de 1.9 avec le réactif amino-4benzène sulfonamide en présence d'acide ortho phosphorique pour former un sel diazotique qui forme un complexe de coloration rose avec le réactif mixte. Les mesures se font à une longueur d'onde de 540 nm.</p>
<p>Nitrates (NO₃⁻)</p>	<p>mg.l⁻¹</p>	<p>En présence de salicylates de sodium, les nitrates donnent les paranitro-salicylates de sodium puis évaporés en 77à88C°et dose les résidus avec H₂SO₄, l'eau distillée et la solution tartrate double de sodium et de potassium le résultat est d'un colorer jaune ensuite susceptibles d'un dosage spectrophotométrique. Les mesures font à une longueur d'onde de 415 nm.</p>
<p>Ortho-phosphate (PO₄³⁻)</p>	<p>mg.l⁻¹</p>	<p>En milieu acide et en présence de Molybdate acide, les PO₄⁻³ donné un complexe d'antimonyl-phosphomolybdate développe une coloration bleue, La longueur d'onde utilisée est de 880 nm.</p>
<p>Sulfates (SO₄²⁻)</p>	<p>mg.l⁻¹</p>	<p>Les ions des sulfates sont précipités et dosée à l'état de sulfate de baryum suivent la réaction :</p> $\text{BaCl}_2 + \text{SO}_4 \rightleftharpoons \text{BaSO}_4 + 2\text{Cl}^-$ <p>en présence de solution stabilisante et faite la lecture spectrométrique a une longueur d'onde de 420 nm.</p>



Spectrophotomètre à u.v.

Cuve photométrique de parcours optique d'au moins de 10mm et convenant pour l'absorbance prévue de la solution à mesure.



<p>Fer (Fe⁺²)</p>	<p>mg.l⁻¹</p>	<p>En présence de la solution chlorhydrate d'hydroxylamine et le tompon acétate ultérieurement en additionné la solution de phénantroline-1.10 et conserve a l'abrite de lumière pendant 15min et après cette période mesure en spectromètre la complexe rouge-orange à une longueur d'onde de 510nm, le complexe fer II-phénontroline-1.10 est stable dans l'intervalle de pH de 2.5 à 9 et l'intensité de la coloration est proportionnelle à la quantité du fer.</p>	
<p>Sodium (Na⁺) et potassium (K⁺)</p>	<p>mg.l⁻¹</p>	<p>Apré la préparation des étalons avec les solutions mère de KCl et NaCl dans des flacons à des concentrations connues. On nébuliser l'échantillon dans une flamme air-acétylène en intercalant de l'eau permutée entre chaque solution. Effectuer les lectures au spectromètre de flamme à la longueur d'onde de 589 nm pour le sodium et 766,5 nm pour le potassium. Régler le zéro de l'appareil avec de l'eau déionisée. Se reporter à la courbe d'étalonnage</p>	<p>La flamephotometer</p> 

12. L'analyse volumétrique

Le titrage c'est la méthode qui se base sur la mesure exacte d'un volume d'une solution à concentration connu qui a été utilisée pour effectuer la réaction avec un volume de la substance à doser. Les éléments de Calcium, Chlorure, Bicarbonates et le TH, sont exposé à un titrage avec un agitateur magnétique et une burette graduée (remplir par une solution a une

concentration connue), le dosage de ces éléments chimiques et les méthodes utilisées sont représenté dans le (tab 08).

Tableau08 : les méthodes utilisées au titrage.

Eléments	Unités	Méthodes	Appareillage
Chlorure (Cl)	ml	La réaction des ions de chlorure avec des ions de nitrate d'Ag pour former du chlorure d'Ag insoluble qui est précipité quantitativement, addition d'un petite excès d'ions d'argent et formation du chromate d'argent brun-rouge avec des ions chromates de potassium qui ont été ajoutés comme indicateur cette réaction est utilisée pour l'indication du virage, durant le titrage le PH est maintenu entre 5et 9.5 afin de permettre la précipitation.	Assemblage titrimétrique 
Calcium (Ca²⁺)	ml	En présence d'une solution de l'Na OH, le titrage des ions de calcium avec une solution aqueuse de l'EDTA à un PH compris entre 12et13, l'indicateur est le murexide qui forme un complexe rose avec le calcium et lors du titrage l'EDTA réagit avec les ions de calcium et l'indicateur vire alors de la couleur rose à la couleur violet.	Pipete, flacon, réactifs, bouchon...

Le TH	/	Le titrage par complexométrie des ions de calcium et magnésium avec une solution aqueuse de l'EDTA et une solution tampon de PH 10 avec l'addition d'un indicateur qui y le noir ériochrome (NET) qui donne un coloré rose en présence des ions de calcium et magnésium et lors du titrage la solution tourne au bleu.	
Bicarbonates (HCO₃⁻)	ml	Concernons le dosage d'alcalimétrie "acido-basique" on à les HCO ₃ ⁻ , la méthode repose sur la détermination des volumes successifs d'acide fort en solution diluée nécessaire pour neutraliser aux niveaux de PH 8.3 et 4.3 en présence de l'acide titrant de l'H ₂ SO ₄ ⁻² et un indicateur coloré qui y le méthylorange.	

CHAPITRE IV : Résultats et discussions

I: Hydrodynamique souterraine et de surface

Introduction

La connaissance des paramètres hydrodynamiques, notamment le niveau piézométrique est d'une importance fondamentale dans l'hydrogéologie.

Le niveau des eaux souterraines de l'aquifère peut être utilisé pour plusieurs raisons, la plus importante est l'établissement d'une carte piézométrique qui est nécessaire pour connaître la direction et la vitesse de l'écoulement des eaux souterraines, ainsi que leur zones d'accumulation.

1. Hydrodynamique générale d'El kennar

La structure morphologique et hydrologique du bassin versant du marécage d'El kennar est doté de deux parties d'aquifères complémentaires ; partie aquifère amont, partie aquifère avale.

➤ Partie d'aquifère amont :

Il s'agit du réservoir qui forme toute la partie amont de la région, il est constitué par les formations lithologiques (schistes, calcaires, gypse) et des produits d'altération (arènes, éboulis) ce type de réservoir est généralement caractérisé par une bonne vitesse d'écoulement (fenazi, 2008.in Abdelaziz mohamed M, bounou M 2013).

➤ Partie d'aquifère aval :

Il englobe toute la partie avale de la région, les formations qui le constituent sont essentiellement de nature détritique.

Les formations de la nappe alluviale jouissent d'une bonne perméabilité, ces pour ça l'eau y circule facilement (fenazi, 2008.in Abdelaziz Mohamed M, bounou M2013).

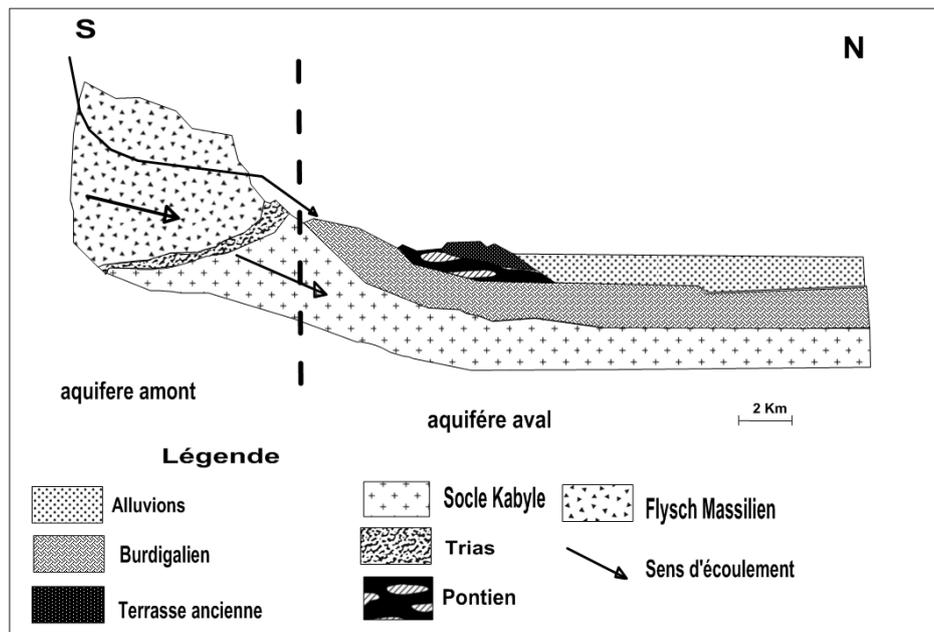
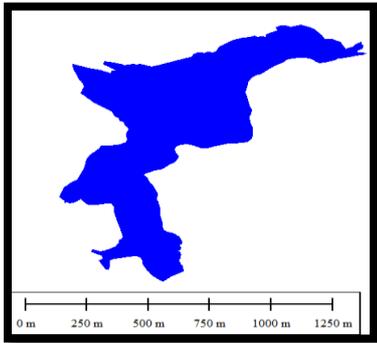
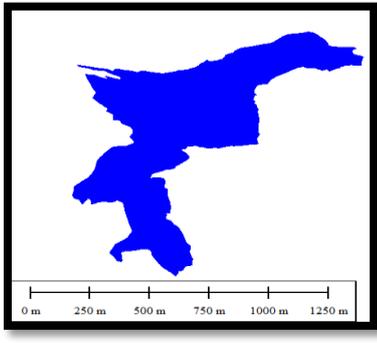
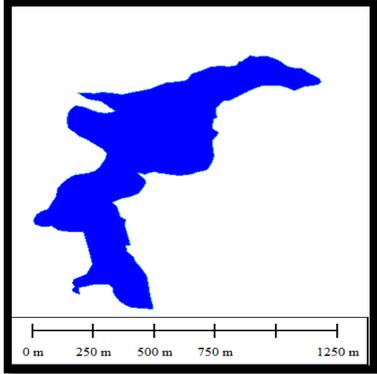


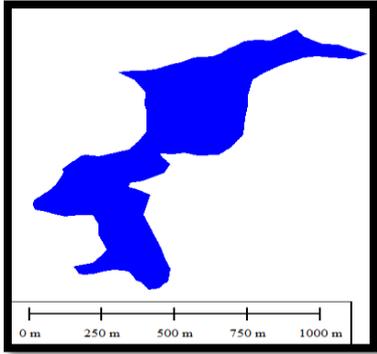
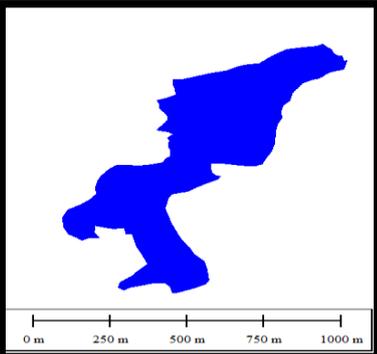
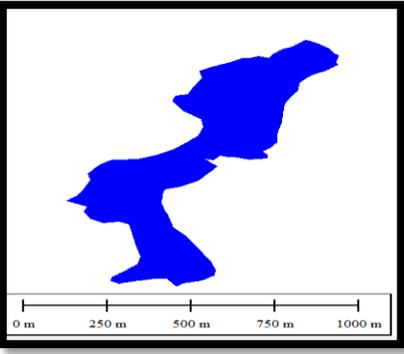
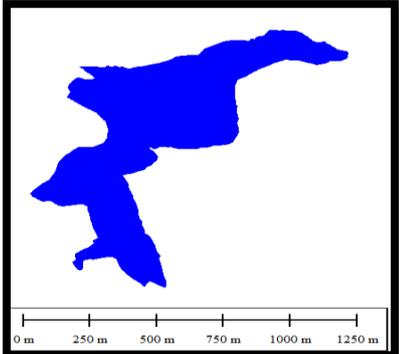
Figure20: les formations aquifères de la région d'El kennar. (Source FENAZI 2008).

2. Fluctuation spatiotemporelle du marécage d'El Kennar

L'eau est considérée comme un agent cinétique à toutes les directions de la surface c'est pour cela nous avons prémédité a une étude hydrodynamique avec des images satellitaires du Google Earth pour mieux connaitre la fluctuation du marécage d'El Kennar, et ce durant les saisons hivernale (période des hautes eaux) et les périodes estivales (période des basse eaux). Les résultats obtenus sont données dans le (tab09).

Tableau09 : Fluctuation du niveau d'eau du marécage d'El Kennar durant les deux périodes de basse et haute eaux.

periode	Image /date	La géométrie	
		Superficie (Ha) ou (Km ²)	Périmètres (Km)
Hautes eaux	24/2/2014 	39.18Ha ou 0.3918 Km²	4.958 Km
	20/12/2014 	41.18 Ha ou 0.4118 Km²	5.188 Km
	12/2/2015 	37.09 Ha Ou 0.3709 Km²	4.571 Km

Basses eaux	21/5/2003		<p>27.99Ha ou 0.2799 Km²</p>	4.027Km
	9/8/2007		<p>26.73Ha ou 0.2673 Km²</p>	3.679Km
	13/7/2009		<p>21.79Ha ou 0.2179 Km²</p>	3.343Km
	22/6/2015		<p>37.09Ha ou 0.3709 Km²</p>	4.571 Km

Les résultats obtenus montrent que la superficie moyenne du marécage pendant la période des hautes eaux est de l'ordre de 39 ha, par contre pendant la période des basses eaux la superficie prend une moyenne de 28 ha, cette fluctuation due d'une part aux facteurs climatiques (précipitations, température et évaporation), et d'autre part à l'absence des apports qui alimentent le marécage surtout par ruissellement (tous les oueds sont temporaires). Cependant, une alimentation du marécage par des apports souterrains est toujours possible.

On constate aussi des fluctuations pour la même période et d'une année à l'autre, ceci dû à la variabilité des apports de pluie. L'image de 22/06/2015 montre une superficie de 37 ha expliquée par des précipitations importantes durant ce mois (68mm).

Donc on peut conclure que le niveau d'eau dans le marécage dépend directement de l'apport des précipitations, même s'il y a une alimentation du marécage par les eaux souterraines, elle reste toujours sans beaucoup d'influence.

3. Hydrodynamique souterraine de la zone marécageuse

3.1. Notion sur la piézométrie

La carte piézométrique d'une nappe permet de donner une vision instantanée de son état à un moment précis, elle sera donc établie durant une période très courte, pour être représentative sur l'ensemble du secteur couverte de conditions identique vis-à-vis des influences locales et des événements périphérique (Gilli et al., 2008), elle est considérée comme la synthèse la plus importante pour toute étude hydrogéologique. Elle permet principalement d'analyser l'aquifère et ses relations avec son environnement plus de l'identification du sens d'écoulement, ainsi que les zones d'alimentation et/ou de drainage.

3.2. Inventaire des points d'eau

Une campagne de mesure piézométrique a été faite durant le mois d'avril 2016, ces mesures concernent 25 puits pour les eaux souterraines et 14 stations pour les eaux de surface (affluents plus marécage). Le choix des points de mesure a été faite de tel sort à couvrir toute la zone d'étude et entourer le marécage. La position des points de mesure est donnée dans la carte ci-dessous (*fig.21*).

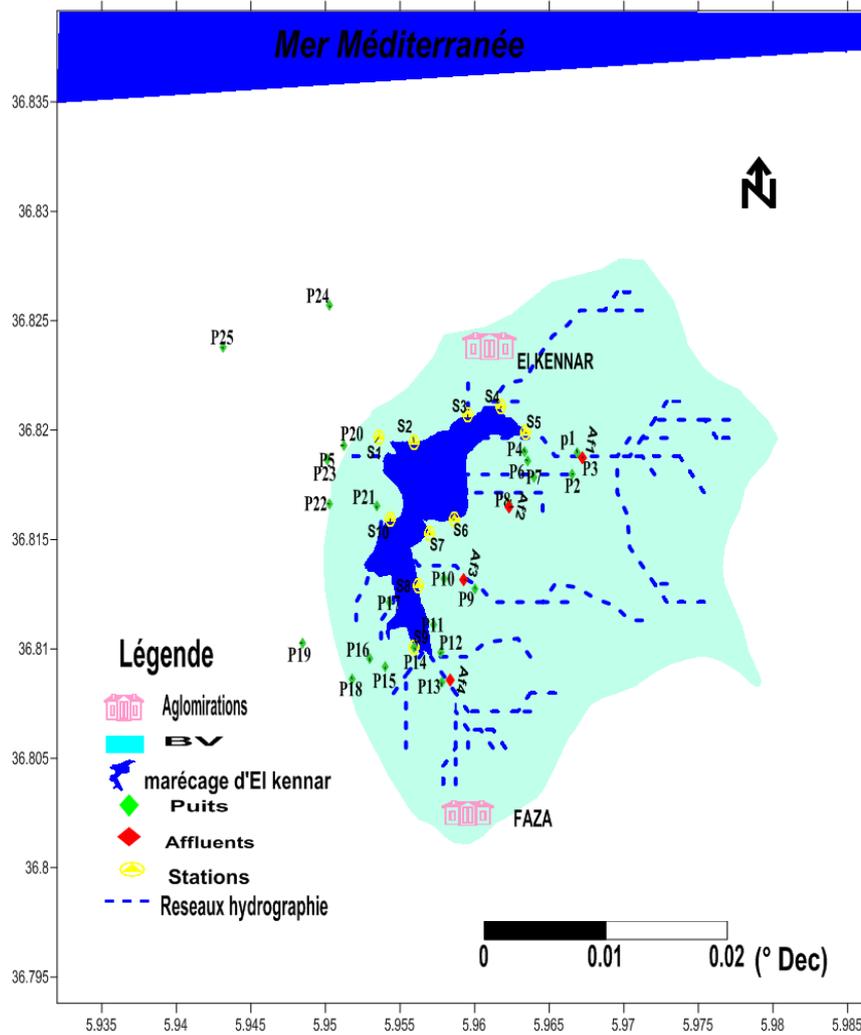


Figure21 : Carte d’inventaire des points d’eau de la zone marécageuse d’El kennar.

3.3. Etablissement et interprétation de la carte piézométrique

Les mesures piézométriques effectuée sur les points recensés (Annexe), nous ont permis de dresser la carte piézométrique (*fig.22*).L’interprétation de cette carte nous a permis de constater :

- Un sens général d’écoulement de direction Sud-Est, Nord-Ouest ;
- Le marécage reçoit les eaux de la nappe du coté Sud-Est et alimente la nappe du coté Nord-Ouest ;
- Le gradient hydraulique est faible dans les zones N-E et S-O avec une valeur moyenne de l’ordre de $0,5 \cdot 10^{-2}$, et fort dans la zone S-E ($1,98 \cdot 10^{-2}$). Cette variation du gradient est due d’une part à la perméabilité de terrain qui n’est pas homogène, et d’autre part à la pente qui est plus importante dans la partie Sud-Est.

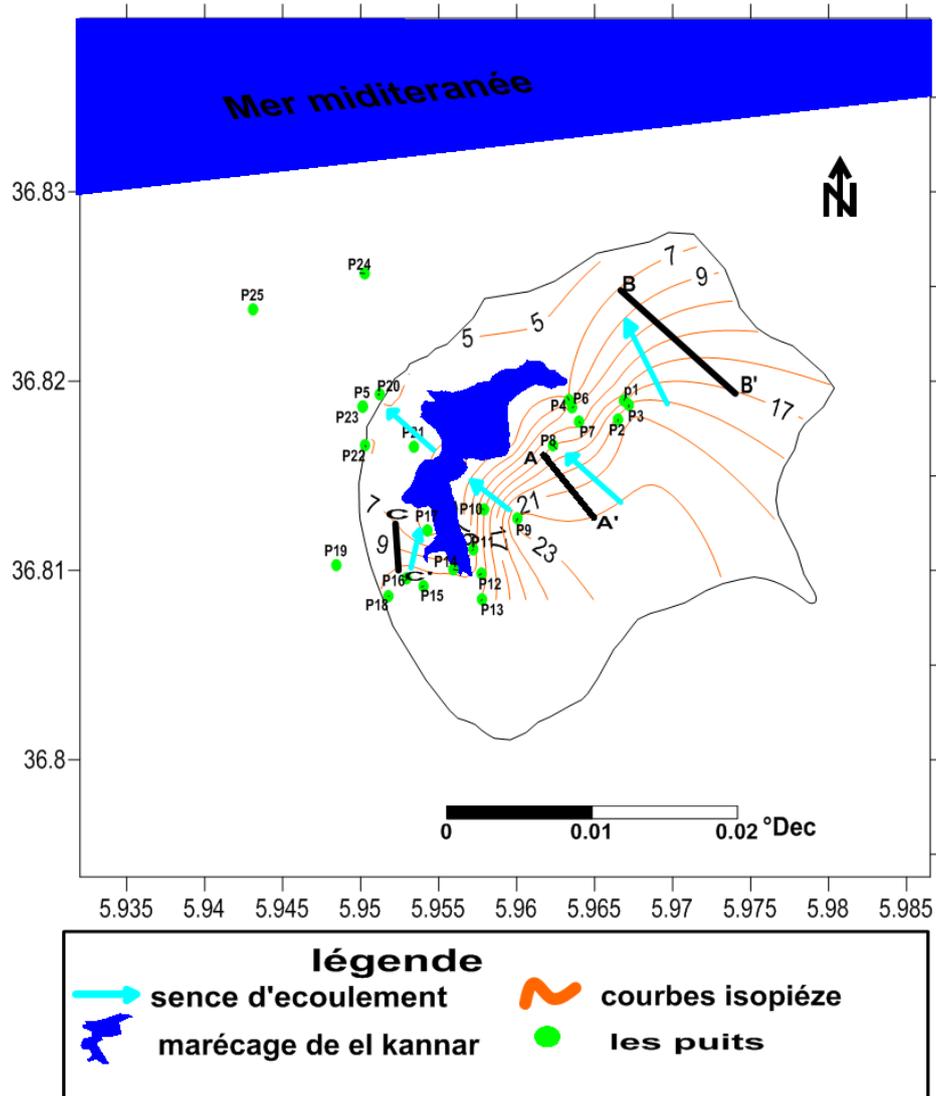


Figure22 : Carte piézométrique de la zone marécageuse d’El Kennar (avril 2016).

3.3.1. Le gradient hydraulique

La base fondamentale du calcul des quantités d’eau souterraine qui interviennent ou débit d’une nappe, par l’hydrodynamique souterraine, est la loi de Darcy (H.Darcy, 1856).

L’application de cette loi est soumise à des conditions bien définies :

- Un milieu homogène et isotrope.
- Un substratum imperméable et horizontal.
- Un écoulement en régime laminaire.

Parmi les paramètres de l’écoulement de l’eau souterraine qu’on peut calculer à partir de l’expression générale de la loi de Darcy c’est le gradient hydraulique (I).

Avec : $Q=K.S.I$

Q : le débit écoulé en m^3/s

K : la Perméabilité en m/s

S : la section en m²

I : le gradient hydraulique sans dimension.

Ce gradient correspond à la perte de charge par unité de longueur ou la pente de la nappe, c'est la différence du niveau piézométrique entre deux points de la surface piézométrique. Il est donné par la relation suivante : $I = (H_2 - H_1) / L$

Où H₂ et H₁ correspondent au niveau piézométrique déterminé par deux courbes iso pièzes.

L : correspond à la distance entre les deux points de niveau piézométrique déterminé par l'échelle de la carte.

Les calculs du gradient hydraulique pour les trois profils A-A', B-B' et C-C' sont données dans le tableau ci-dessous

Tableau10 : calcul du gradient hydraulique (I)

Zone	H ₁ (m)	H ₂ (m)	La distance L(m)	Gradient hydraulique (I)	I en %
A-A'	9	19	503.1968	0.01987294	1.98
B-B'	7	17	1949.8876	0.0051285	0.51
C-C'	7	11	754.7952	0.0052945	0.52

D'après le (tab.10) le gradient hydraulique dans les trois zone oscille entre 0.51% et 1.98% et dans ce cas, il reste toujours dans la gamme déterminé dans les conditions normales d'écoulement des eaux pour les terrains étudiés où le gradient est compris entre 0,003 et 5%.

Conclusion

L'hydrodynamique des eaux de surface montre une relation proportionnelle aux variations saisonnière des précipitations.

L'hydrodynamique des eaux souterraines montre une alimentation du ce marais par la nappe avec un sens d'écoulement principale SE-NW.

La variation de la vitesse d'écoulement dépend de la pente et de la perméabilité.

II: Hydrochimie des eaux

Introduction

La qualité chimique d'une eau dépend de sa composition chimique, car elle définit son utilisation pour l'alimentation en eau potable ou d'autres usages (irrigation, industrie, ... etc.). L'analyse chimique des eaux naturelles consiste à mettre en évidence les caractéristiques physico-chimiques des eaux, Ces dernières sont en fonction de la nature lithologique des terrains traversés, du temps de séjour de l'eau dans la formation aquifère et des rejets anthropiques.

Le but de cette partie est de définir les faciès chimiques des eaux souterraines et de surface ; de les comparer et de suivre l'évolution dans l'espace de ces faciès. Pour cela un certain nombre de cartes et de diagrammes ont été élaborés et serviront de base à l'interprétation générale des résultats d'analyses chimiques.

1. Les faciès chimiques

1.1. Formule caractéristique de STABLER

La formule caractéristique selon STABLER consiste à calculer le pourcentage de chaque ion par rapport à la concentration totale

$$r \% = (100 / c) * r$$

Avec r : quantité en réaction de l'ion considéré en meq/l.

c : la concentration totale.

On classe séparément les anions et les cations par ordre décroissant (Annexe) les résultats obtenus permettent de distinguer les faciès qui figurent dans le (tab. 11). L'examen de ce tableau montre que :

- Les eaux souterraines présentent la famille des eaux Chlorurées avec 61.12%.
- Les eaux de surface présentent la famille des eaux Bicarbonatées avec 85.70%.

Tableau11 : Classification hydrochimique des eaux selon la formule STABLER

Types d'eau	Facies chimique	Point d'eaux	Effectif	Pourcentage
Eaux souterraine	Bicarbonaté magnésien	P1, P3, P8, P11, P19, P20, P15	7	38.88%
	Chloruré magnésien	P6, P10, P7, P14	4	22.22%
	Chloruré-sodique	P4, P9, P12, P 13 P17, P21, P 2	7	38.90%
Eaux surface	Bicarbonaté calcique	S1, S2, S3, S6, S10, S8	6	42.85%
	Bicarbonaté magnésien	S4, AF1, AF2, S7	4	28.57%
	Chloruré sodique	AF3	1	7.14%
	Bicarbonaté sodique	S9, AF4	2	14.28%
	Chloruré magnésien	S5	1	7.14%

1.2. Diagramme de Piper

- **Les eaux souterraines**

Le report des données d'analyse physico-chimiques des eaux souterraines de la zone d'étude pour 18 puits (Avril 2016) sur le diagramme de Piper (*fig.23*) montre l'existence de plusieurs faciès chimiques :

- **Faciès Chloruré sodique** : représente 38.90% des échantillons, l'origine de ce faciès serait probablement due à la dissolution des formations salifères au cours du transit des eaux dans la formation aquifère.
- **Faciès Bicarbonaté magnésien** : représente 38.88% des échantillons. Les bicarbonates est lié au lessivage des terrains métamorphiques (schiste, micaschiste, Granulite) et des formations marneuses, le magnésium probablement dû de la dissolution et les précipitations secondaires des carbonates, l'échange cationique avec les minéraux argileux et la dissolution des minéraux gypseux.
- **Faciès Chloruré magnésien** : représente 22.22% des échantillons qui sont interviennent dans plusieurs processus géochimiques tels que la dissolution et les précipitations secondaires des carbonates, l'échange cationique avec les minéraux argileux et la dissolution des minéraux gypseux.

- **Eaux de surface**

La représentation sur le diagramme de Piper des résultats des 14 échantillons prélevés aux tour du lac et au niveau des cours d'eau alimentant le lac, permet d'avoir une approche globale de la composition chimique des eaux de surface de notre région.

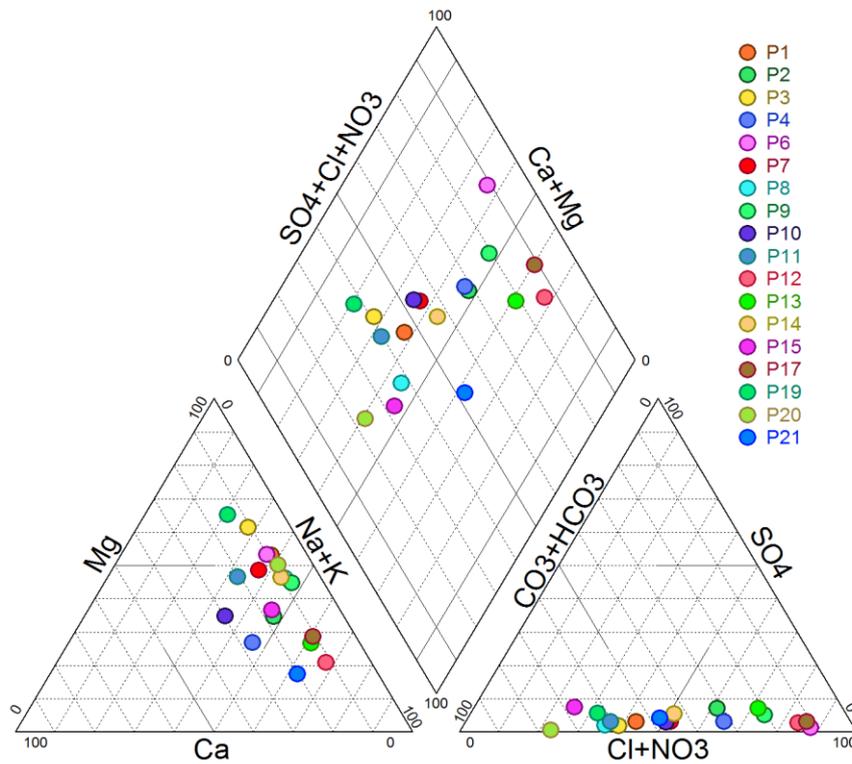


Figure23: Faciès chimique des eaux souterraines de la plaine marécageuse d'El kennar (Avril 2016).

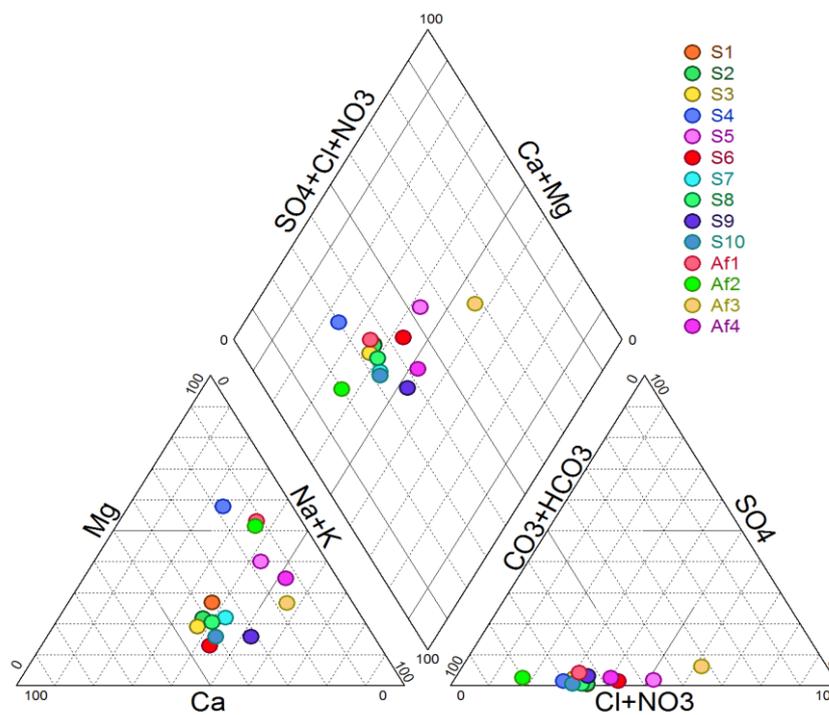


Figure24 : Faciès chimique des eaux de surface de la plaine marécageuse d'El kennar (Avril 2016).

Le diagramme de piper (fig.24) permet de récéncé les faciès chimiques suivent :

- **Faciès bicarbonaté calcique** : représente 42.85% des échantillons ce type de faciès est observé pratiquement à toutes les stations de mesure au tour du lac ce faciès est probablement dû aux formations calcaires qui se trouvent au sud de la plaine constituée essentiellement de schiste et micaschiste.
- **Faciès bicarbonaté sodique** : représente 14.28% des échantillons ce type de faciès est observé surtout a la partie S, S-E du marécage, ce dernier indique des apports plus riches en éléments salifères, dus à l'effet de l'évaporation au niveau du lac ou bien a l'influence des apports des eux usée de la région de faza.
- **Faciès bicarbonaté magnésien** : représente 28.57% des échantillons ce type de faciès est remarqué surtout au NE sur l'axe des deux affluent 1et2 et aussi au niveau de la station 4et7 ce faciès est dû d'une part à l'apport du socle (les dolomies qui sont présente), et d'autre part aux activités agricole au tour du lac.
- **Faciès chloruré sodique** : représente 7.14% des échantillons, ce type de faciès est observé surtout à la partie Est au niveau des eaux de cour d'eau 3, Ce dernier indique des apports boucau plus anthropique, ou a des apports plus riches en éléments salifères, due à l'effet de l'évaporation au niveau du lac.
- **Faciès chloruré magnésien** : représente 7.14% des échantillons ce type de faciès est observé surtout à la partie NE au niveau de la station 5 Ce dernier indique le lessivage des terrains agricole pour le magnésium et les rejets anthropique pour les chlorures de cette rive.

2. Etude physico-chimique des eaux

2.1. Paramètres physiques

2.1.1. La Température

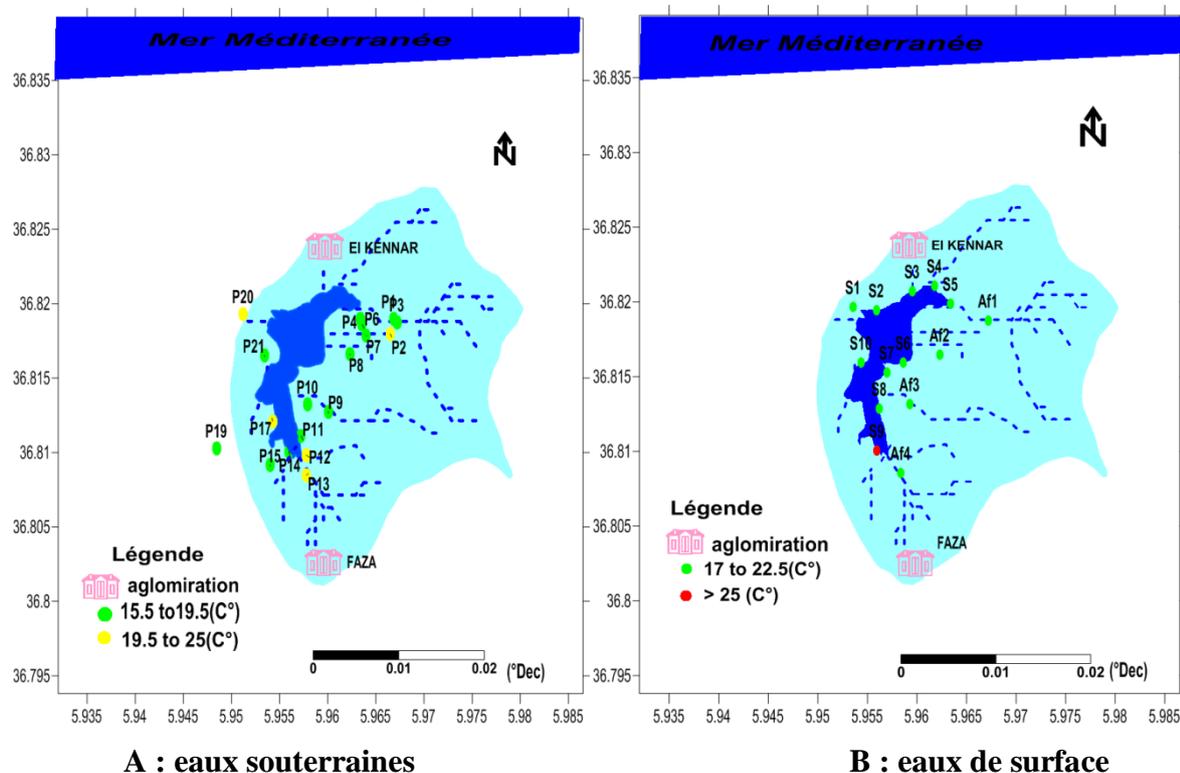
La température est un facteur écologique important du milieu qui a une grande influence sur l'activité biologique d'un cours d'eau (Gaujou, 1995).

Les variations de la température affectent diverses propriétés de l'eau telles que la densité, la viscosité, la tension de vapeur, la solubilité des gaz dissous en particulier l'oxygène, et les vitesses de réactions chimiques, et biologiques (Rodier, 1978).

Ce paramètre varie en fonction de la température extérieure (l'air), des saisons, de la nature géologique et de la profondeur du niveau d'eau par rapport à la surface du sol.

Dans la région d'étude la température des eaux souterraines fluctue entre 16.8°C dans le puits 19 à 19.9°C dans le puits 12, tout les valeurs mesure sont au dessous de la norme algérienne

standards (25°C). La température des eaux de surface oscille entre 17.7 C° au niveaux de l'affluent 3 à 24.5°C au niveau du S4 ces valeurs sont dans l'intervalle de la norme, sauf dans la S9 on a enregistré une anomalie de 26.5 C° ce la est peut être lié à l'exposition prolongé au soleil et à la température extérieure c'est se qui fait que la température a dépassé la moyenne 25 C°.



A : eaux souterraines **B : eaux de surface**
Figure 25 : variation de la température des eaux de la zone marécageuse d'El Kennar

(Avril 2016).

2.1.2. Le potentiel d'hydrogène (pH)

On l'utilise pour déterminer l'alcalinité et l'acidité des eaux. Le pH est logarithme de (H^+) et correspondant à la concentration $[H^+] = [OH^-] = 10^{-7}$. Cependant, certains auteurs ont de bonnes raisons de penser que, H^+ étant une particule subatomique, un proton ne peut exister à l'état libre. Il faudrait remplacer la notion d'ion H^+ par celle d'ion H_3O^+ , l'hydroxynium ou hydronium (Schoeller, 1962). Plusieurs paramètres peuvent influencer le pH, tels que la température et les phénomènes biologiques (photosynthèse et dégradation de la matière organique). La solubilité du CO_2 diminue lorsque la température augmente de sorte que le pH s'élève en même temps. A l'inverse la solubilité du CO_2 augmente lorsque la température diminue, ce qui conduit à une baisse du pH (Liechti et al 2004).

Le pH d'une eau naturelle dépend de l'origine de celle-ci et de la nature des terrains traversés. Les eaux issues des massifs cristallins auront un (pH) plutôt acide, à l'inverse, des eaux

provenant des régions calcaires auront un (pH) plutôt basique (comprise entre 7 et 14), tandis que, La valeur de la norme Algérienne pour le (pH) de l'eau potable est comprise entre 6.5 et 9.5. Certaines eaux superficielles (lacs, rivières...) voient leur pH s'élever brutalement en été, suite à une forte production végétale.

D'après les cartes de variation des valeurs de pH (fig.26), on remarque que les valeurs de pH pour les eaux souterraines varient entre 5.6 à 7.22, les eaux acides sont observées dans les puits (19, 17, 12, 13, 6, 2,3) ce qui indique la pollution de ces puits, soit par les activités agricoles pour ceux qui se trouvent dans les parcelles agricoles, soit par les eaux usées pour ceux localisés dans les agglomérations de Faza. La géologie peut aussi influencée sur la variation des valeurs de pH.

Par contre dans les eaux de surface ont observe que la valeur min 6.72 est enregistré au niveau du S3 et la valeur max 8.9 est marqué au niveau du S7, Ces valeurs se trouvent dans l'intervalle de la norme algérienne.

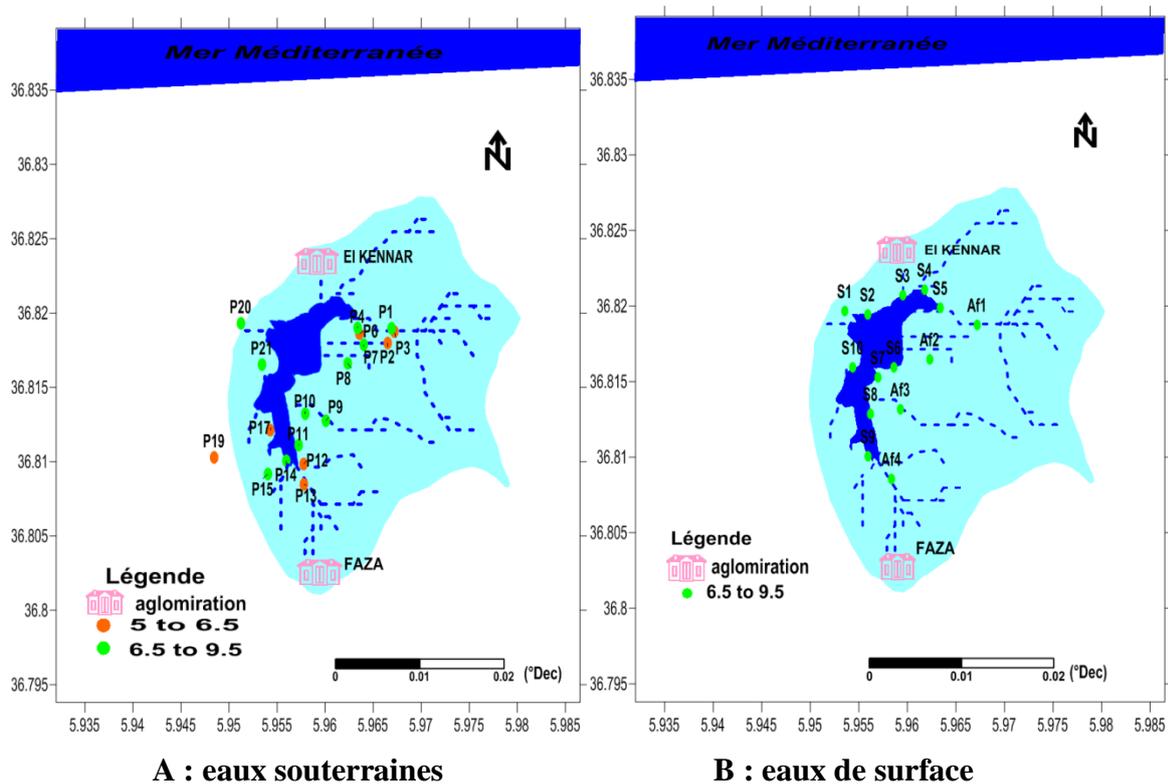


Figure26 : variation du pH des eaux de la zone marécageuse d'El kennar (Avril 2016).

2.1.3. Potentiel d'oxydoréduction (Eh)

Le potentiel de redox (Eh) permet de prévoir l'état des ions chimiques dans l'eau, la direction des réactions chimiques (oxydation, réduction) et l'évolution de la composition chimique des eaux naturelles au cours des échanges avec les autres phases de leur environnement. On générale, la variation du potentiel d'oxydoréduction est très liée à l'effet des précipitations il

est élevé pendant la période des hautes eaux et faible pendant la période des basses eaux ce qui indique qu'il varie plus dans les eaux souterraines que dans les eaux superficielles.

Les cartes de variation d'Eh (fig.27) montrent que tous les points de mesures pour les eaux souterraines présentent des valeurs positives oscillant entre 70 et 300mv, sauf le puits P20 qui a une valeur négative ce qui dénote que ce puits est mal oxygéné, ceci peut être dû à une pollution de ce puits, ou ce puits n'a pas été nettoyé de la vase qui favorise l'accumulation de la matière organique qui consomme par la suite beaucoup d'oxygène.

En ce qui concerne les valeurs du Eh au niveau des eaux de surface, les mesure montrent qu'elles varient entre 64 et 217mv, ce sont des valeurs typique des eaux de surface en période des haute eaux.

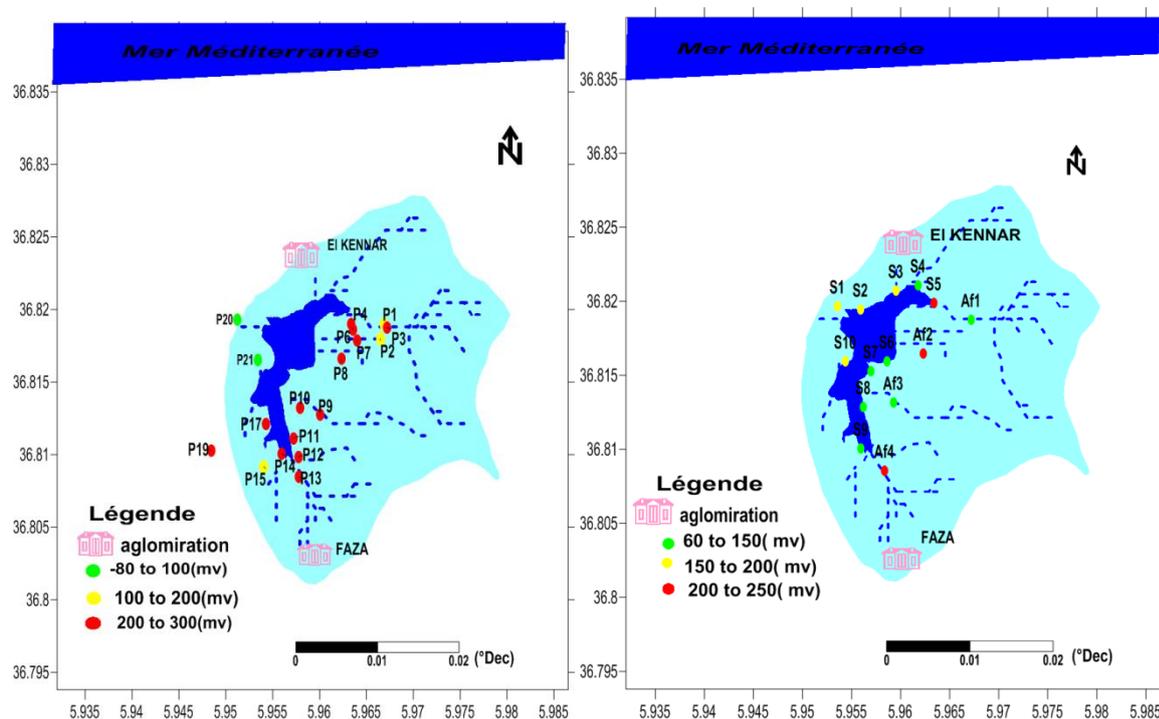


Figure 27 : variation du EH des eaux de la zone marécageuse d'El Kennar (Avril 2016).

2.1.4. La conductivité électrique (CE)

La mesure de la conductivité électrique donne un aperçu sur la minéralisation des eaux de la nappe. Elle s'accroît avec l'augmentation de la teneur de l'eau en sels dissous.

La variation de la minéralisation de l'eau est régit par plusieurs facteurs:

- Evaporation importante liée à l'approximation de la surface
- Temps de séjour et échange eaux-encaissant
- Sens générale d'écoulement de la nappe
- Echanges avec nappes adjacentes

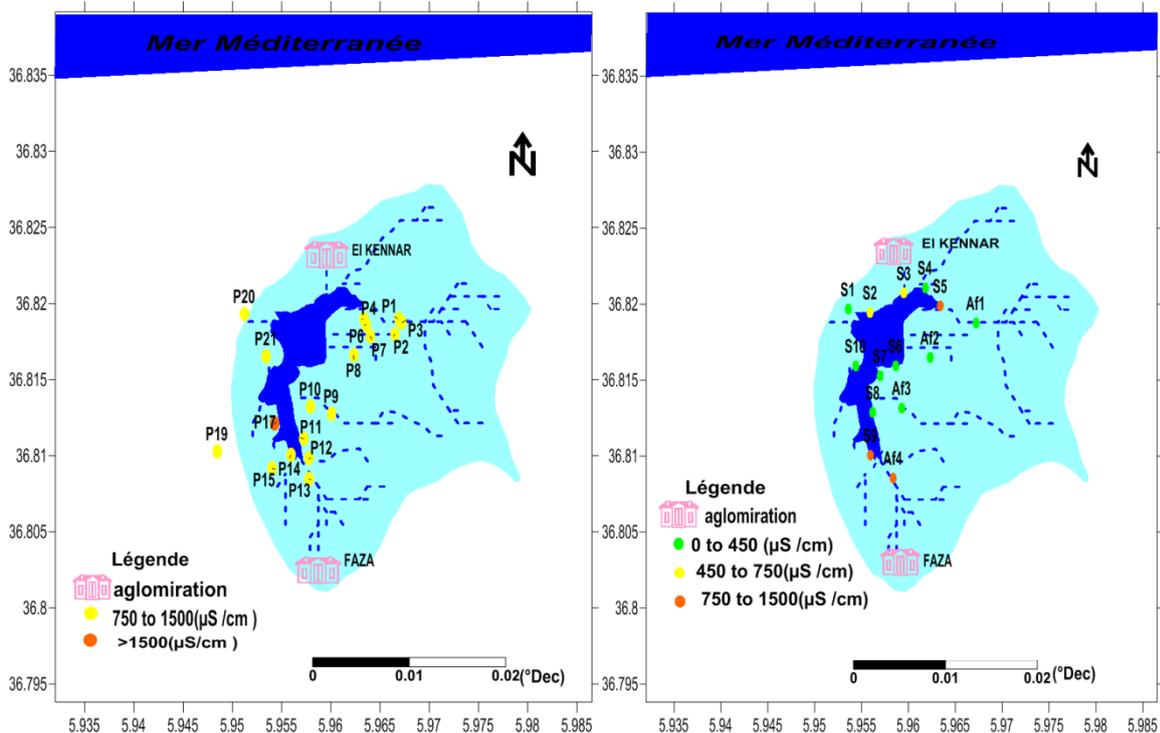
Selon les normes algériennes, on peut classer les eaux naturelles en fonction de la conductivité.

Tableau12 : Classification des eaux en fonction de la conductivité selon les normes algériennes.

σ ($\mu\text{S/cm}$)	Classe
$\sigma < 450$	Minéralisation très faible
$450 < \sigma < 750$	Minéralisation faible
$750 < \sigma < 1500$	Minéralisation moyenne
$1500 < \sigma < 2300$	Minéralisation moyennement élevée
$2300 < \sigma < 3000$	Minéralisation élevée
$\sigma > 3000$	Minéralisation très élevée

La carte de variation spatiale de la conductivité dans les eaux souterraines de la zone d'étude (fig.28), montre que la majorité des puits se trouve dans la classe de minéralisation moyenne avec des valeurs oscillant entre 518 $\mu\text{S/cm}$ (P9) à 2230 $\mu\text{S/cm}$ (P17).

Au niveau des eaux de surface la conductivité électrique varie entre 433 $\mu\text{S/cm}$ dans la station 2 à 1047 $\mu\text{S/cm}$ dans la station 5, ce sont des valeurs qui respectent la norme Algérienne.



A : eaux souterraines

B : eaux de surface

Figure28 : variation de la CE des eaux de la zone marécageuse d'El kennar (Avril 2016).

2.2. Etude des paramètres chimique

2.2.1. Eléments majeur

2.2.1.1. Cations

2.2.1.1.1. Le calcium (Ca⁺²)

Cet élément est fréquent dans les roches sédimentaires, sa présence dans l'eau est liée principalement à deux origines naturelles : soit la dissolution des formations carbonatées (CaCO₃), soit la dissolution des formations gypseuses (CaSO₄). (Hammadi, Harendi.2015)



D'après la carte de calcium (fig.29), les teneurs en calcium au niveau des eaux de la nappe compris entre 8.016mg/l comme valeur minimale enregistrer au niveau du puits (P9) et 48.096mg/l comme valeur maximale au puits (P4), ce sont des valeurs qui restent toujours au-dessous de la norme Algérienne (200mg /l). L'origine du calcium dans les eaux souterraines peut être attribuée au lessivage des formations marneuses. Les valeurs en Ca⁺² dans les eaux de surface vont de 15, 23 mg/l comme valeur minimale enregistrée au niveau du affluent (Af3) sur la rive Est du marécage, à 50.5mg/l comme valeur maximale enregistrée au niveau de la station (S9) sur la même rive. L'origine de cet élément dans les eaux de surface due à l'altération des formations du socle (tel que les formations carbonaté).

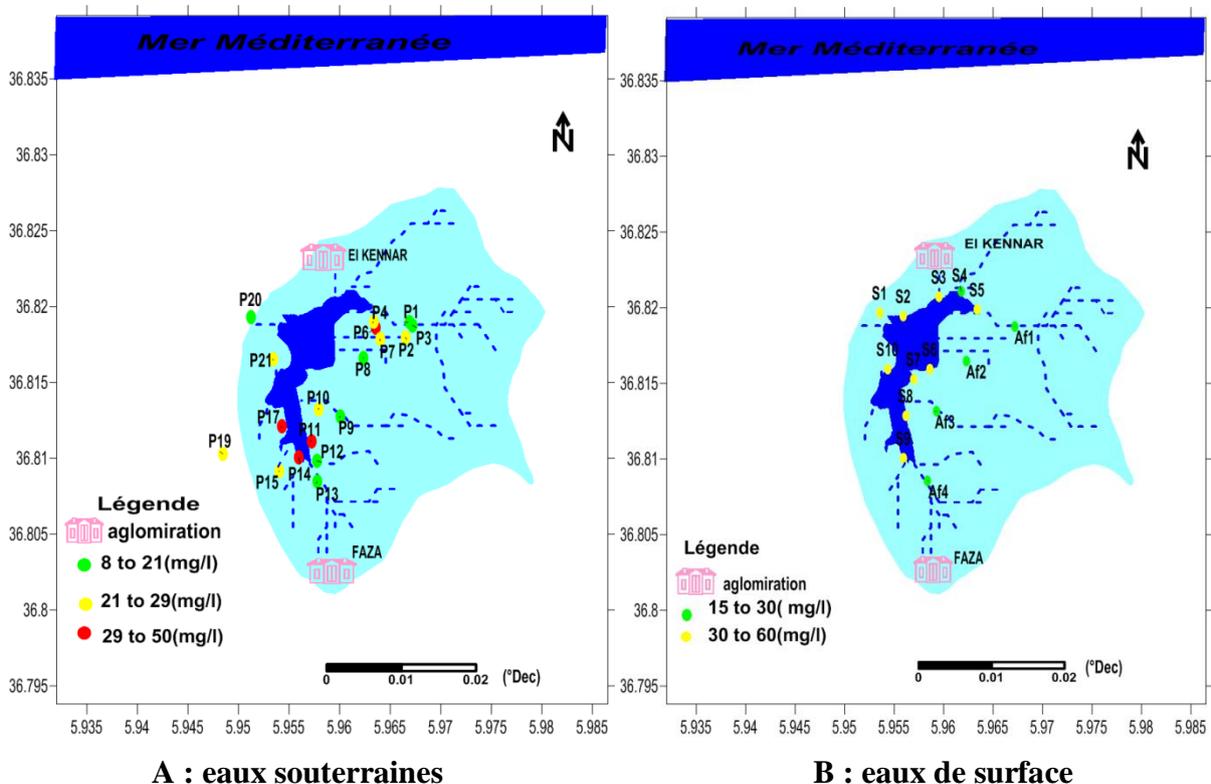


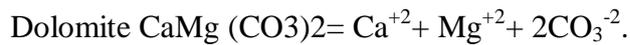
Figure 29: variation des teneurs en Ca⁺² des eaux de la zone marécageuse d'El kennar (Avril 2016).

2.2.1.1.2. Le magnésium (Mg²⁺)

Il s'associe souvent avec le calcium, la mise en solution de Cet ion nécessite un temps de contact plus long, il provient:

- ✓ Des formations dolomitique (calcaire dolomitique, marne dolomitique...) libèrent le magnésium par l'attaque des eaux en présence du gaz carbonique, la dissolution du MgSO₄ dans les terrains gypseux entraine le magnésium.

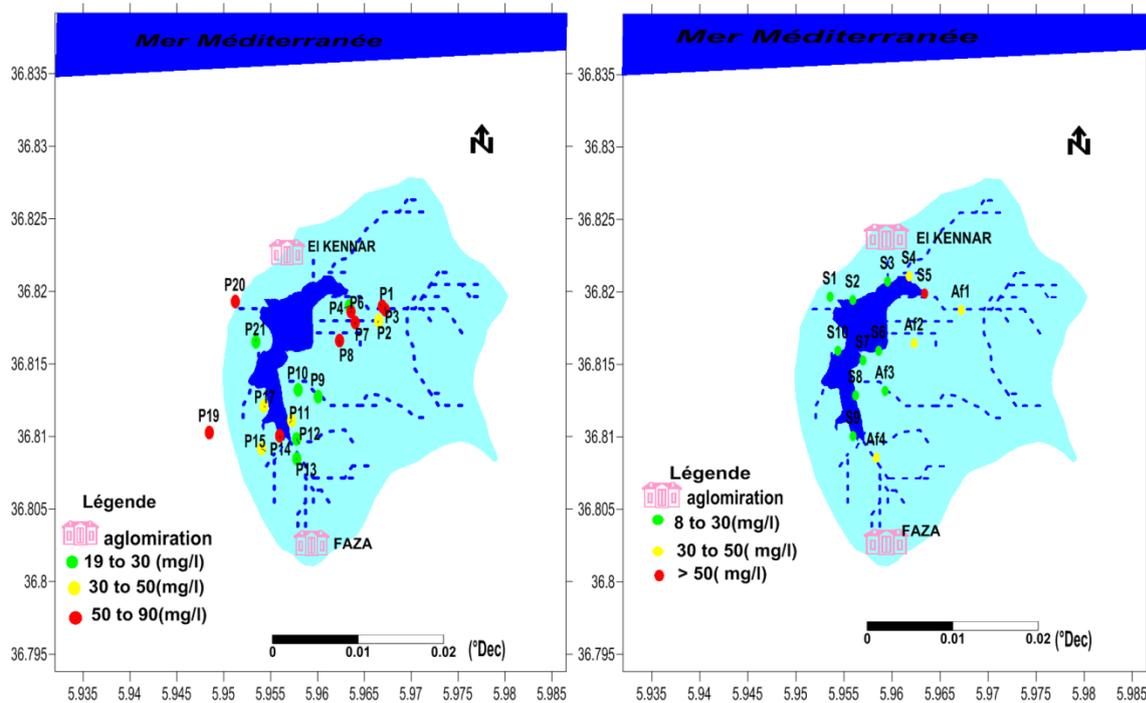
- ✓ Les formations carbonatées à forte teneur en magnésium (Magnésite et Dolomie) comme suite :



- ✓ L'activité agricole par la dissolution des éléments fertilisant.

La carte du magnésium (fig.30), montre que les teneurs en magnésium dans les eaux souterraines varient entre 19.92mg /l observé au niveau du puits 21 et 89.91mg /l observé dans le puits 6, généralement les puits qui se trouvent dans les zones agricoles présentent des valeurs supérieures à la norme (50mg/l), ce qui indique l'influence de l'utilisation des fertilisants sur les concentrations en Mg²⁺, par contre les puits localisés dans les zone non cultiver présentent des faibles valeurs.

Les eaux de surfaces présentent des valeurs inférieures à la norme, sauf la station S5 qui possède une concentration de 51,03mg/l due aux activités agricoles juste au-dessus.



A : eaux souterraines

B : eaux de surface

Figure 30 : variation des concentrations en Mg²⁺ des eaux de la zone marécageuse d'El kennar (Avril 2016).

2.2.1.1.3. Le Sodium (Na^+)

L'origine de cet élément est liée principalement à la dissolution des formations salifères, à l'effet de la salinité marine et à l'évaporation des eaux. La dissolution des minéraux salifères se fait selon la relation suivante : $\text{NaCl} \leftrightarrow \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$;

Les concentrations en sodium illustrées par la carte ci-dessous (fig.31) restent dans les normes (200mg/l) que se soit pour les eaux souterraines que les eaux de surfaces, on note aussi que la majorité des stations ont des teneurs en Na^+ qui se trouvent dans la gamme des faibles concentrations, pour les puits les concentrations se trouvent dans la gamme de faibles à moyennes concentrations, ce qui explique que le sodium vient de la dissolution des formations salifères.

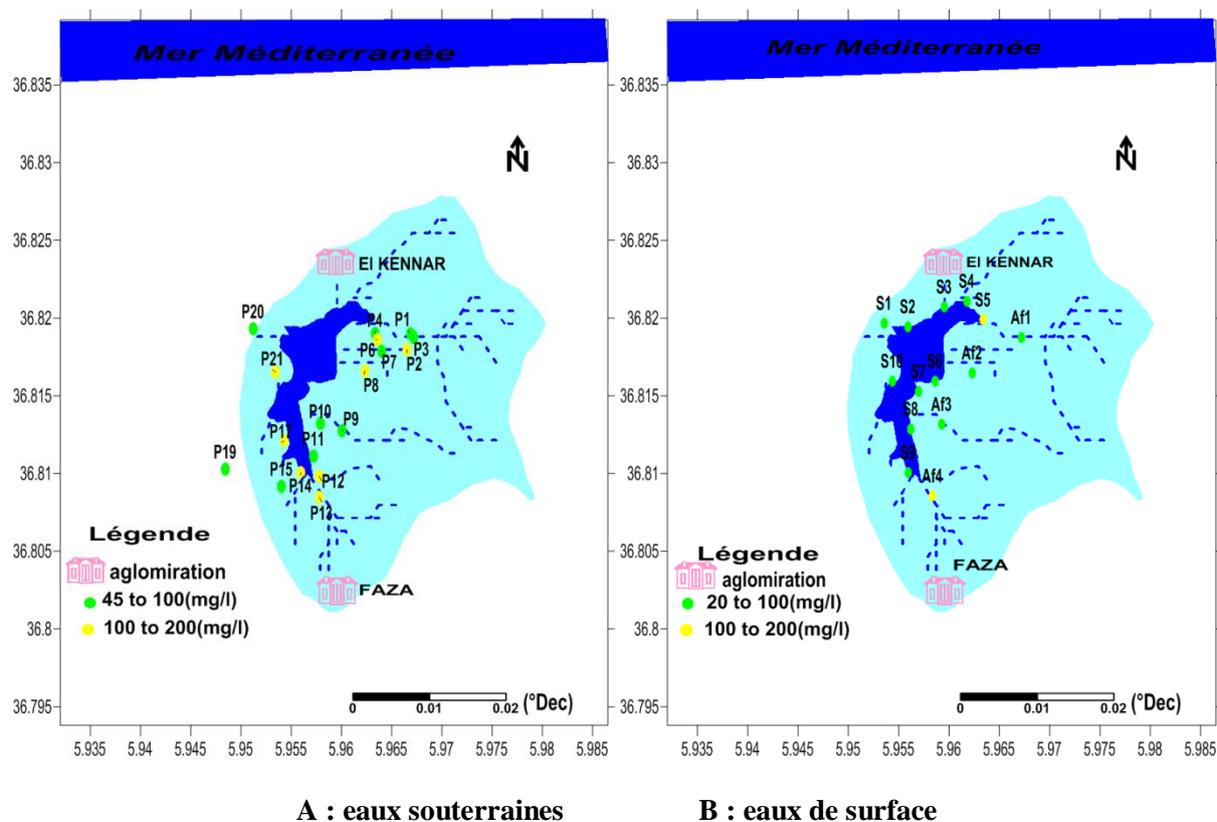


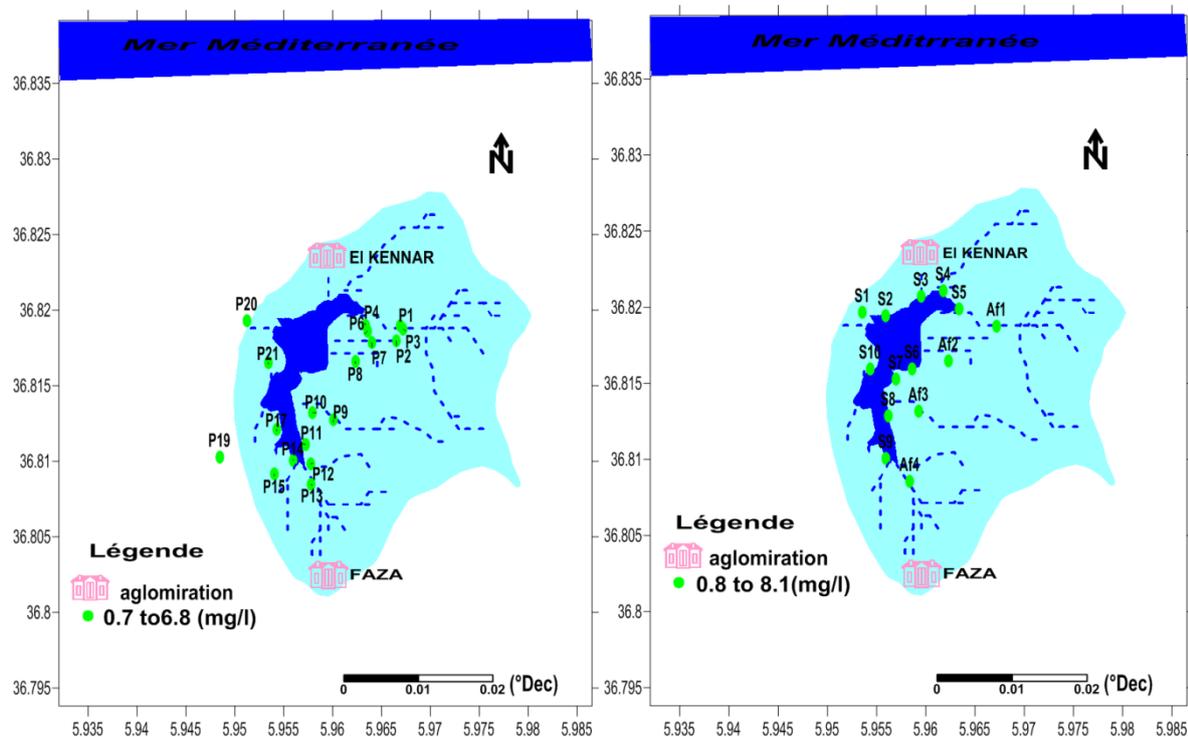
Figure 31 : variation des concentrations en Na^+ des eaux de la zone marécageuse d'El kennar (Avril 2016).

2.2.1.1.4. Le Potassium (K^+)

Le potassium (K^+) est assez abondant sur la terre, mais peu fréquent dans les eaux. En effet, il est facilement adsorbé et recombéné dans les sols, sur les argiles notamment.

Les sources principales de potassium sont les formations silicatées (gneiss, schiste) les argiles potassiques et de la dissolution des engrais chimiques(NPK) qui sont utilisés massivement par les agriculteurs.

D'après la carte de potassium (*fig.32*), nous remarquons que les teneurs en K^+ sont toujours dans les normes algérienne (12mg/l) pour les deux compartiments (eau souterraine et de surface), ceci dû ; soit au phénomène d'adsorption, soit au phénomène de dilution surtout au niveau des zones agricole qui constitue une source majeure pour cet élément suite à l'utilisation des engrais chimiques (NPK).



A : eaux souterraines

B : eaux de surface

Figure 32 : variation des concentrations en k^+ des eaux de la zone marécageuse d'El kennar (Avril 2016).

2.2.1.2. Les Anions

2.2.1.2.1. Les bicarbonates (HCO_3^-)

Les bicarbonates résultent de l'équilibre physico-chimique entre la roche, l'eau et le gaz carbonique.

La présence des bicarbonates dans l'eau est due à la dissolution des formations carbonatées (Ex : cipolin, calcaire...) par des eaux chargées en gaz carbonique ou l'évaporation des eaux.

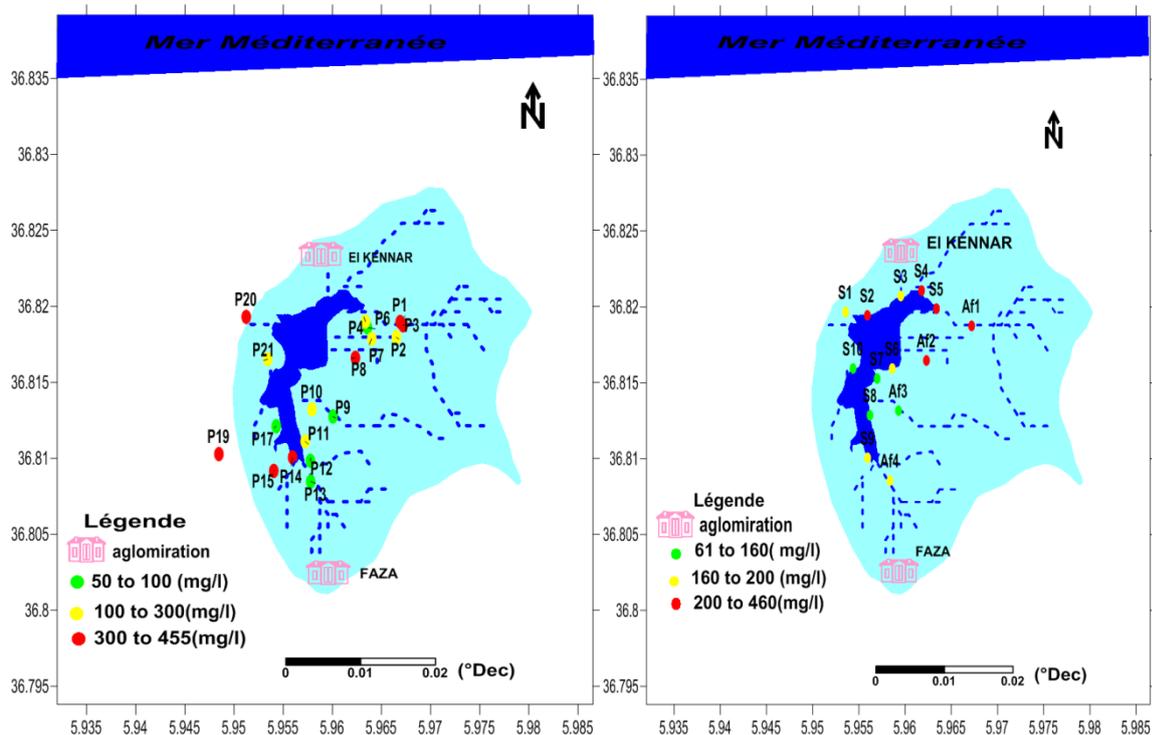
La somme des équations de dissolution est donnée comme suit :



La concentration des bicarbonates dans l'eau est fonction des paramètres suivants:

- Le CO_2 dissout.
- La température de l'eau.
- La concentration de l'eau en sels et la nature des terrains traversés.

Dans notre secteur d'étude les bicarbonates se présente avec des concentrations élevées (fig.33) au niveau des eaux souterraines les teneurs varient irrégulièrement à toutes les directions, ces teneurs oscillant entre 53.68 mg/l au niveau de P6 à 453.84mg/l au niveau de P20, leur origine correspond probablement au lessivage des formations carbonatés (calcaire). Par contre dans les eaux de surface les teneurs élevées sont motionnée sur la côte N-E du marécage elles sont variées entre 61mg/l dans la 3^{ème} affluent à 451.4mg/l dans la 2^{ème} affluent, la présence des bicarbonates dans ces eaux est liée probablement à la dissolution des terrains métamorphiques.



A : eaux souterraines

B : eaux de surface

Figure 33 : variation des concentrations en HCO_3^- des eaux de la zone marécageuse d'El Kennar (Avril 2016).

2.2.1.2.2. Les chlorures (Cl)

La teneur en chlorure peut avoir une origine multiple elle augmente généralement avec le degré de minéralisation qui est due à la dissolution des sels naturels par lessivage de terrain 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, la situation côtière de notre zone d'étude où souvent les pluies sont chargées par les ions des chlorures.

Une autre origine des chlorures est anthropique, il est lié à l'utilisation des pesticides dans l'agriculture (exemple : Hexa chlorobenzène (HCB) ($\text{C}_{10} \text{H}_5 \text{Cl}_7 \text{O}$)). (Guerraichi M

BouchekkoufK, 2013), ou bien a partir des rejets des eaux usées d'origine industrielle tel que l'acide chlorhydrique (HCl) et domestique en particulier l'urine qui est responsable d'un apport d'ion Cl^- d'environ 60mg/personne/jour(Berkane S,2011).

Dans notre secteur d'étude les teneurs en chlorure dans les eaux de la nappe sont très variable, elles varient entre 63.9mg/l(P15) à 443.75mg/l(P17), généralement les valeurs les plus élevées sont enregistrées soit dans les zones agricoles, soit dans les zones où y avait des rejets domestiques, ce qui explique l'origine anthropique de cet élément plus son origine naturelle. Les eaux de surface ont des valeurs faibles dues à l'effet de dilution.

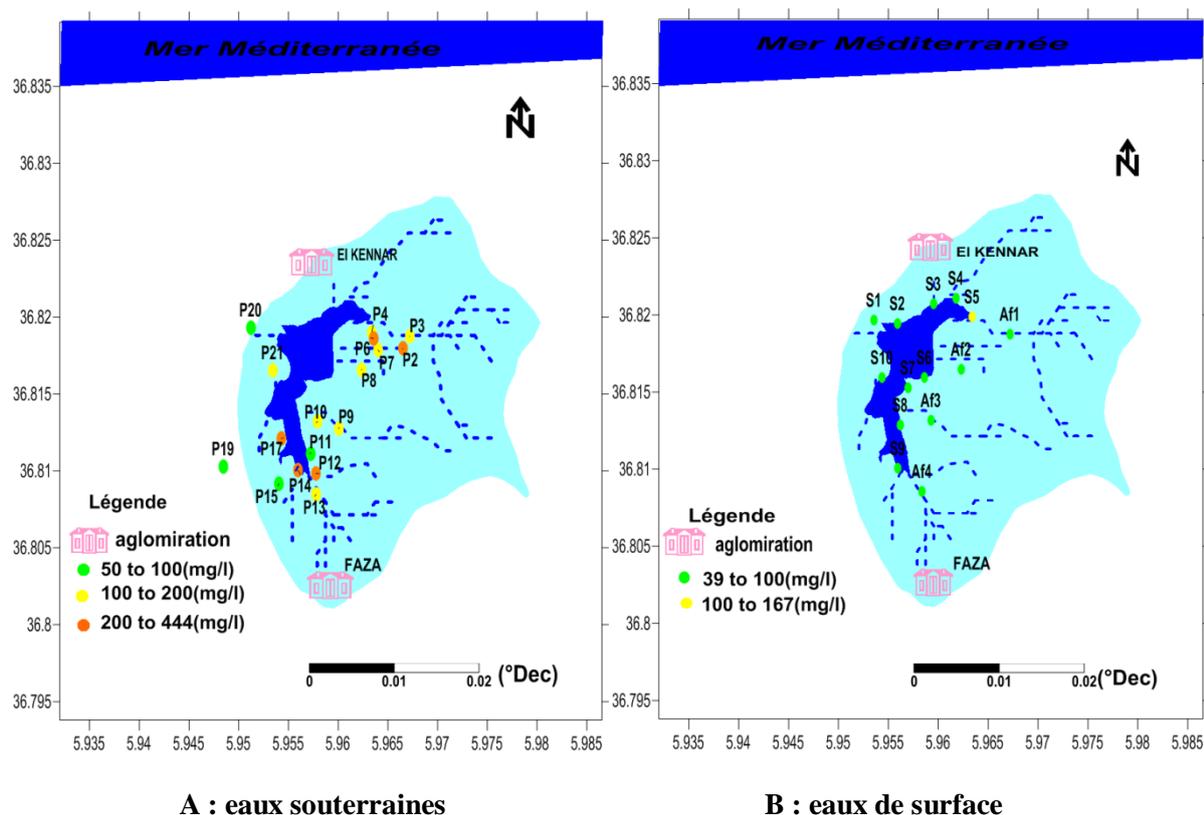


Figure 34 : variation des concentrations en Cl^- des eaux de la zone marécageuse d'El kennar (Avril 2016).

2.2.1.2.3. Les sulfates (SO_4^{-2})

La présence du sulfate dans les eaux naturelles résulte de plusieurs facteurs

- ✓ La dissolution des formations sédimentaire évaporitiques notamment les formations gypseuses.
- ✓ L'oxydation de l'anhydrite sulfureuse atmosphérique par les eaux de pluies.
- ✓ l'oxydation des sulfures d'hydrogène(H_2S) et des oxydes de soufre (SO_2) émis à l'atmosphère.
- ✓ La présence des eaux usées industrielles contenant de l'acide sulfurique (H_2SO_4).

Comme elle peut avoir une origine

- ✓ Biologique (production des sulfates par les matières organiques dans le sol).
- ✓ Agricole (par l'effet de lessivage des engrais).

Généralement les teneurs en sulfates pour notre zone d'étude (*fig.35*), restent très faibles, elles ne dépassent pas les 50mg/l pour les deux compartiments des eaux, ce sont des valeurs naturelles.

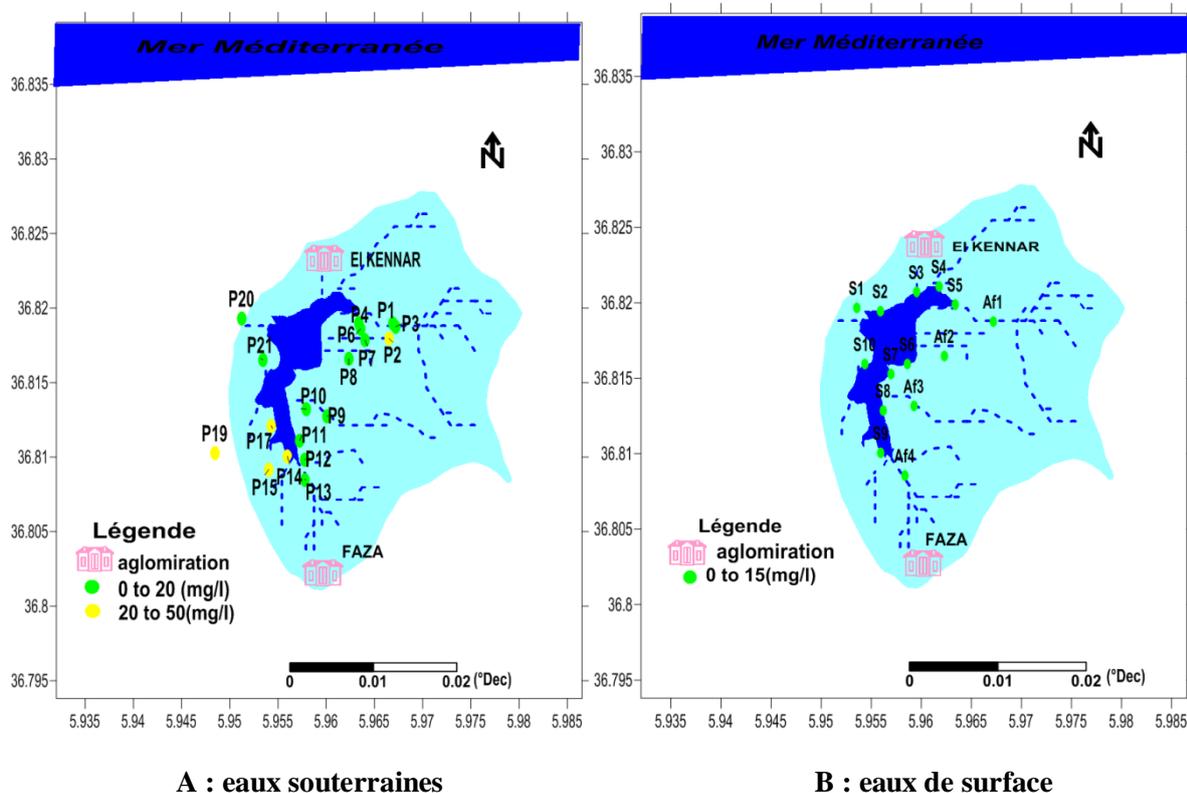


Figure 35 : variation des concentrations en SO_4^{2-} des eaux de la zone marécageuse d'El Kennar (Avril 2016).

2.2.2. Les éléments indésirables

2.2.2.1. Cycle d'azote

L'azote est présent sous trois formes chimiques (nitrates, nitrite et l'ammonium), la présence des nitrates dans les eaux est liée à la minéralisation de la matière organique, les engrais azotés, résidus animaux, fumier ...etc.

On distingue le transfert de la forme ammonium vers les nitrites et les nitrates c'est le potentiel d'oxydoréduction est élevé, cette réaction est rapide en présence de l'oxygène. En effet que les fortes teneurs en CO_2 et les faibles teneurs en oxygène accroissent la concentration en ammonium dans l'eau.

Par ailleurs le transfert naturel de l'azote dans les eaux se fait selon les conditions d'oxydoréduction et les réactions biologiques suivantes :

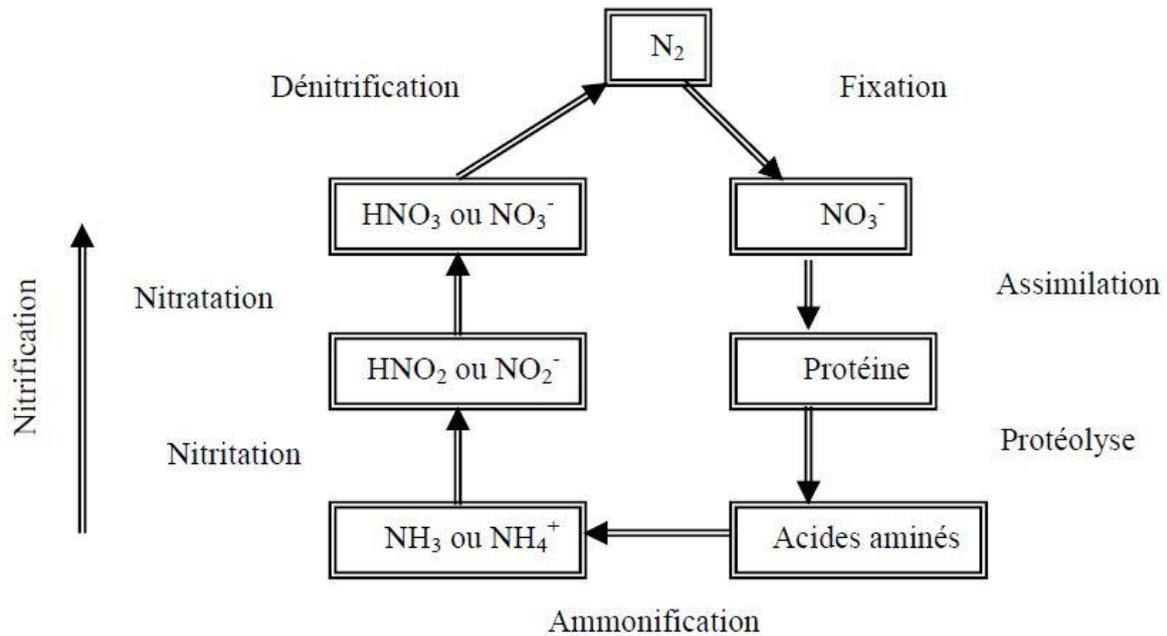
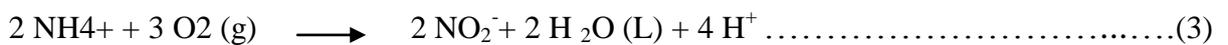


Figure 36 : Cycle de l'azote (Belksier M ,2009).

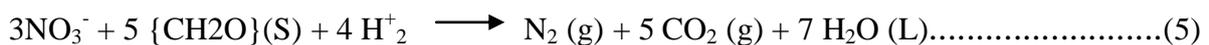
Le cycle de l'azote dans les sols, est tributaire de leurs conditions d'engorgement. En général, deux niveaux sont distingués :

- Un niveau superficiel où l'oxygène peut diffuser et suppléer aux besoins des bactéries, dans cette zone aérobie, les deux étapes de la minéralisation de l'azote organique (ammonification et nitrification) peuvent se réaliser et les nitrates sont lessivés en profondeur.

Le processus se fait selon les réactions suivantes



- Un niveau profond, saturé en eau, où l'oxygène diffuse mal, ce qui entraîne l'installation des conditions réductrices.



2.2.2.1.1. L'Ammonium (NH_4^+)

Ce paramètre résulte de la dégradation des matières organiques azotées et provient essentiellement des rejets urbains. Dans des conditions d'oxygénation normale, cet élément est oxydé en nitrites puis en nitrates. Plus le pH est bas et moins il y'a d'ammoniac, à partir d'un pH de 8 le pourcentage d'ammoniac montée, et cela, de façon exponentielle pour devenir très dangereux (Brière, 2000).

Dans les conditions naturelles, l'eau d'une nappe ne contient pas de composés azotés ; ceux-ci provenant de la décomposition de la matière vivante par les organismes et ils restent en faible quantité (Potelon, 1998).

La carte des teneurs en ammonium (fig.37) montre que les valeurs les plus élevées sont relevées aux puits P3 et P20, ce dernier présente une concentration de 2,96mg/l avec une valeur de Eh de -80mv ce qui explique le phénomène de réduction. Les autres puits ont des valeurs faibles à moyennes ne dépassant pas la norme.

Les eaux de surface présentent des teneurs supérieures à la norme pour trois stations et un affluent, ces fortes valeurs sont dues au lessivage des terres agricoles pour les stations, et aux rejets domestiques pour l'affluent.

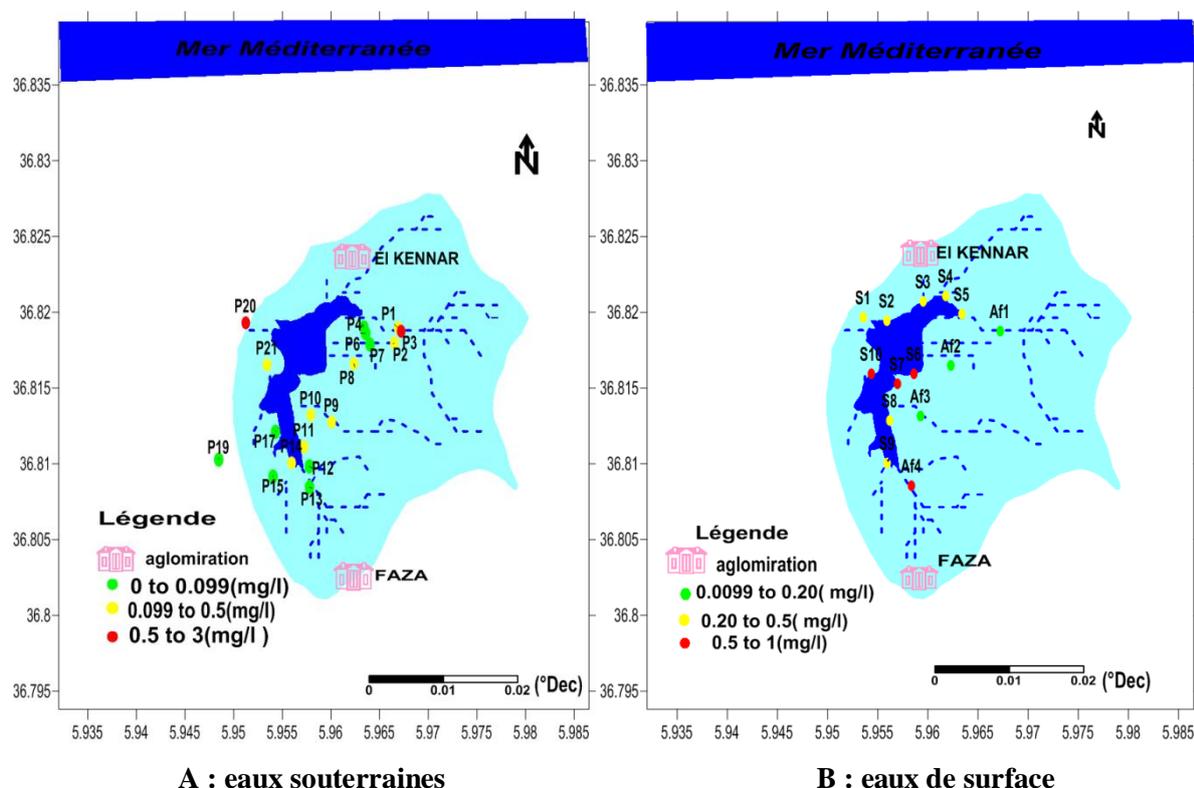


Figure 37 : variation des concentrations en NH_4^+ des eaux (de la zone marécageuse d'El kennar (Avril 2016).

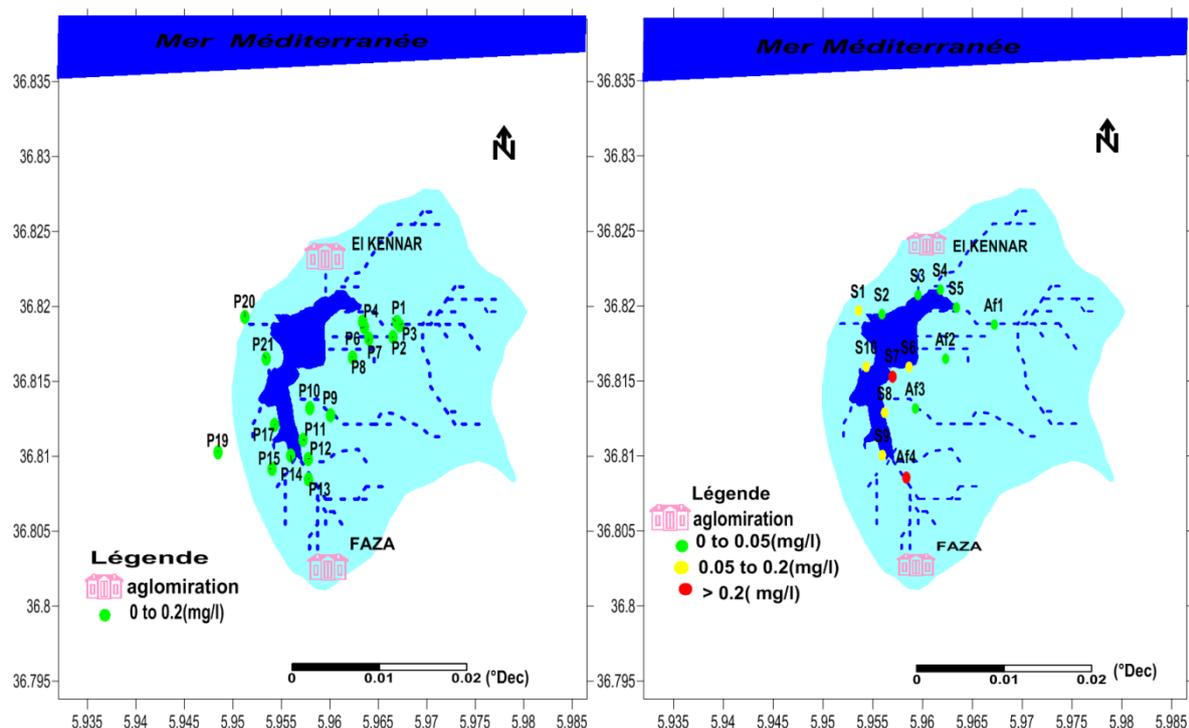
2.2.2.1.2. Les Nitrites (NO_2^-)

La présence des nitrites dans une eau brute est souvent due soit à une oxydation incomplète des composés azotés, soit à une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiant (Rejsek, 2002 ; Partrick, 2003).

L'azote nitreux sont des composés intermédiaires entre l'ammoniaque et les nitrates qui résultent de la réduction des nitrates par l'action bactérienne, représentent une forme moins oxygénée et moins stable. Ils sont toxiques à faibles doses, Une eau chargée en nitrites est le

plus souvent corrélée à un dysfonctionnement du cycle de l'azote est considérée comme significative sur la pollution d'autre part dans les eaux non polluées et dans les zones où l'autoépuration est active, les nitrites sont quasi absents.

La variation des teneurs en nitrite (fig.38), mis en évidence une absence des concentrations en nitrite pour les eaux souterraines. Cependant pour les eaux de surface on note les valeurs en NO_2^- dépassant la norme algérienne (0,2mg/l) et ce pour la station S7 et Af4. Ces teneurs dues à l'oxydation incomplète des formes ammonium.



A : eaux souterraines

B : eaux de surface

Figure 38 : variation des concentrations en NO_2^- des eaux de la zone marécageuse d'El kennar

(Avril 2016).

2.2.2.1.3. Les Nitrates (NO_3^-)

Ce paramètre représente le stade final de l'oxydation de l'azote, il est naturellement présent dans le milieu. Dans les eaux naturelles non polluées, le taux des nitrates varie selon la saison et l'origine des eaux. Leur quantité a augmenté progressivement au cours des trente dernières années à cause de l'emploi excessif d'engrais dans l'agriculture et de l'eau usée domestique et industrielle (Leemans et al, 2002).

La répartition spatiale des valeurs en Nitrates (fig.39), montre que tous les points que ce soit pour les eaux souterraines, soit pour les eaux de surface restent largement inférieur à la norme (50mg/l), ceci peut être dû à la dilution des formes nitrates (période des haute eaux).

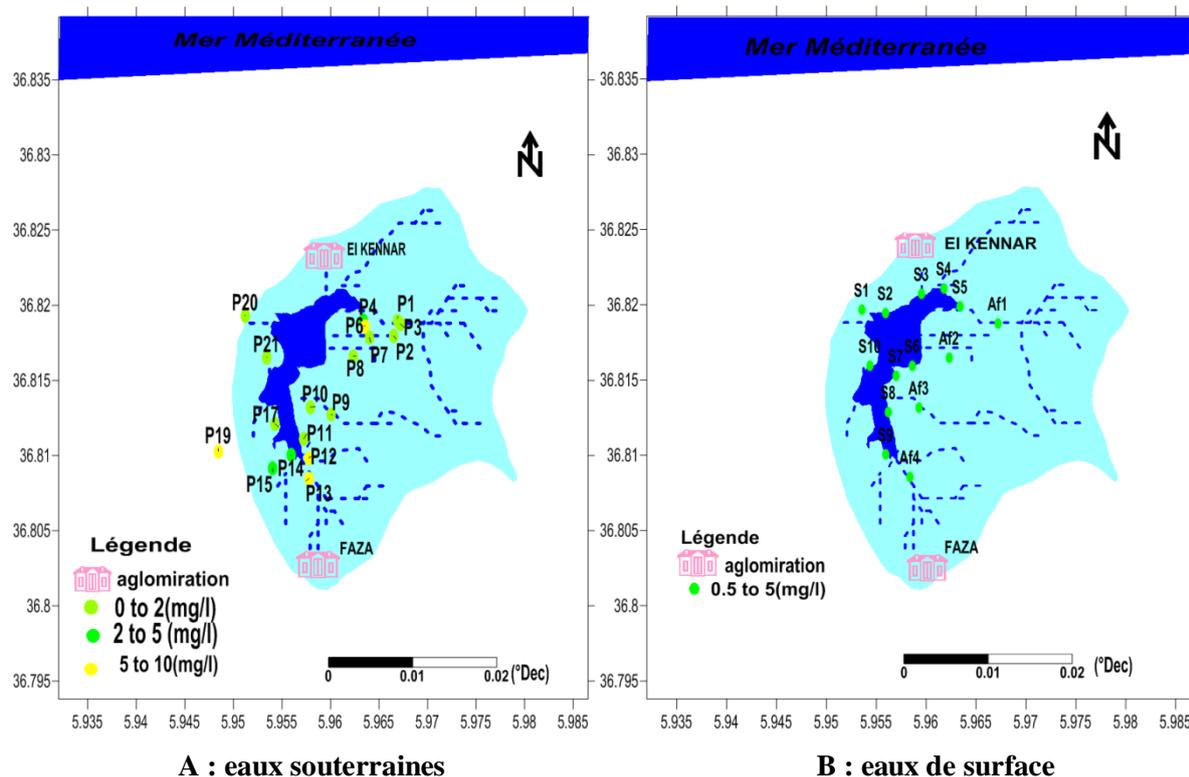
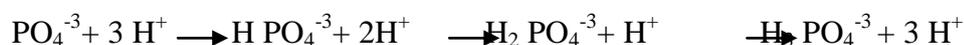


Figure 39 : variation des concentrations en NO_3^- des eaux de la zone marécageuse d'El kennar (Avril 2016).

2.2.2.2. Les Phosphates (PO_4^{3-})

Le phosphore est un élément nutritif majeur des écosystèmes dont l'excès entraîne des perturbations dans la vie d'un cours d'eau. Il est considéré comme indicateur du phénomène d'eutrophisation (Bentouati et Bouzidi, 2010 ; Michelot et al., 2005).

Le phosphate peut se trouver sous différentes formes oxydées, méta (HPO_3), pyro ($\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$) et ortho (H_3PO_4), en milieu aqueux, les formes méta et pyro tendant vers la forme ortho pour des pH de 5 à 8. Les réactions chimiques entre les différentes formes de phosphate sont données par :



Les ortho phosphates représentent la forme minérale principale du phosphore dans les eaux. Leur présence dans l'eau est liée à la dégradation de la matière organique d'origine urbaine ou agricole, aux rejets urbains et industriels de poly phosphates et aux lessivages des engrais agricoles.

Dans notre secteur d'étude (fig.40), les eaux souterraines caractérisées par des très faibles concentrations en phosphate pour la majorité des puits de la région on constate même des teneurs nuls dans certains puits (P7, P8, P10, P11, P12). Idem pour les eaux de surface où les concentrations sont variées entre 0 mg/l au niveau du S3, Af1 et 3 à 0.4 mg/l au niveau du S9.

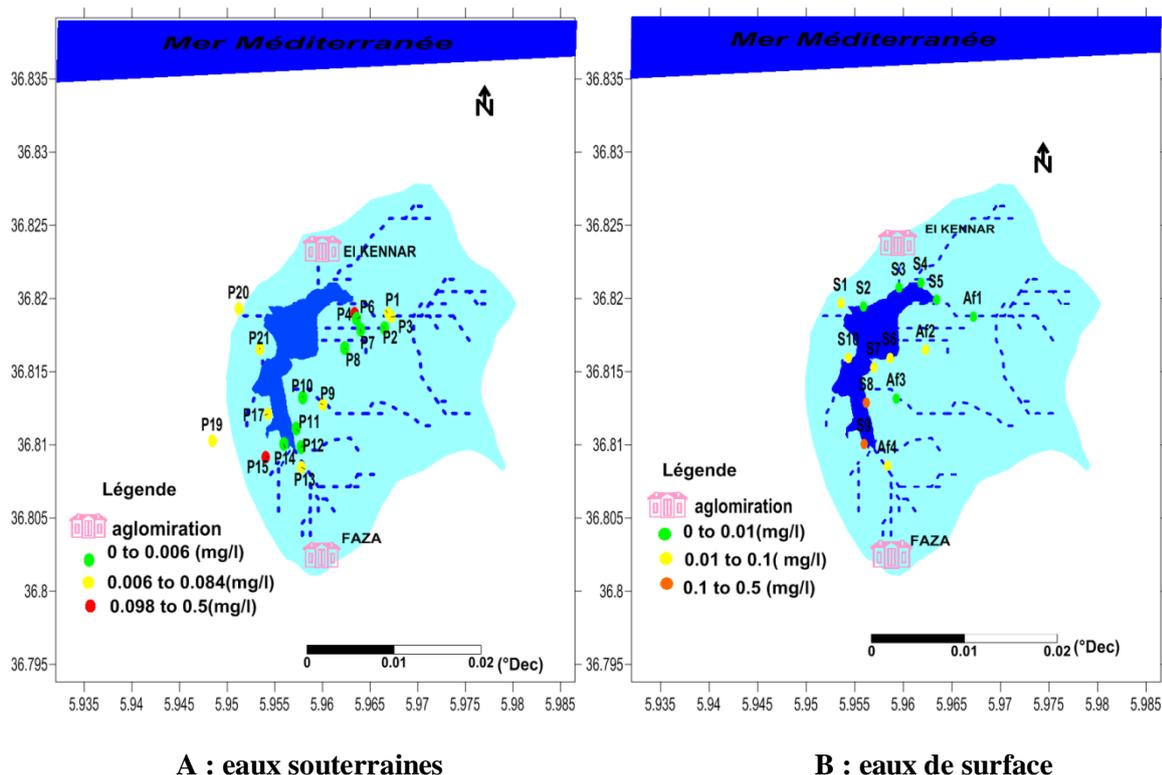


Figure 40 : variation des concentrations en PO_4^{3-} des eaux de la zone marécageuse d'El kennar (Avril 2016).

2.2.3. Les éléments mineurs

2.2.3.1. Le fer

Cet élément chimique est souvent rencontré dans la nature, la présence du fer dans l'eau peut avoir diverses origines : naturelle par le lessivage des terrains argileux ou artificielle par les industries (métallurgiques, sidérurgique). Dans les eaux souterraines le fer peut exister sous forme de pyrite (FeS_2), il est couramment associé aux roches sédimentaires déposées en milieu réducteur (marne, argiles) et aux roches métamorphiques.

La variation des teneurs en fer pour notre cas d'étude (fig.41), montre des teneurs faibles (inférieures à la norme) pour la plupart des puits, les puits P1, P2, P3, P9 et P20 présentent de valeurs supérieures à la norme expliquées par la position de ces puits aux berges des affluents alimentant le marécage où une partie de l'alimentation de ces puits est assurée par l'infiltration des eaux superficielles des affluents.

Les eaux de surface sont marquées par des teneurs en fer dépassant la norme (0,3mg/l) ce qui confirme que l'origine du fer est le lessivage des terrains métamorphique qui se trouvent dans le bassin versant du lac. L'affluent 4 présente une concentration inférieure à la norme peut être expliquée par l'origine des eaux de cet affluent qui sont les rejets de la station de refoulement des eaux usées des agglomérations de Faza.

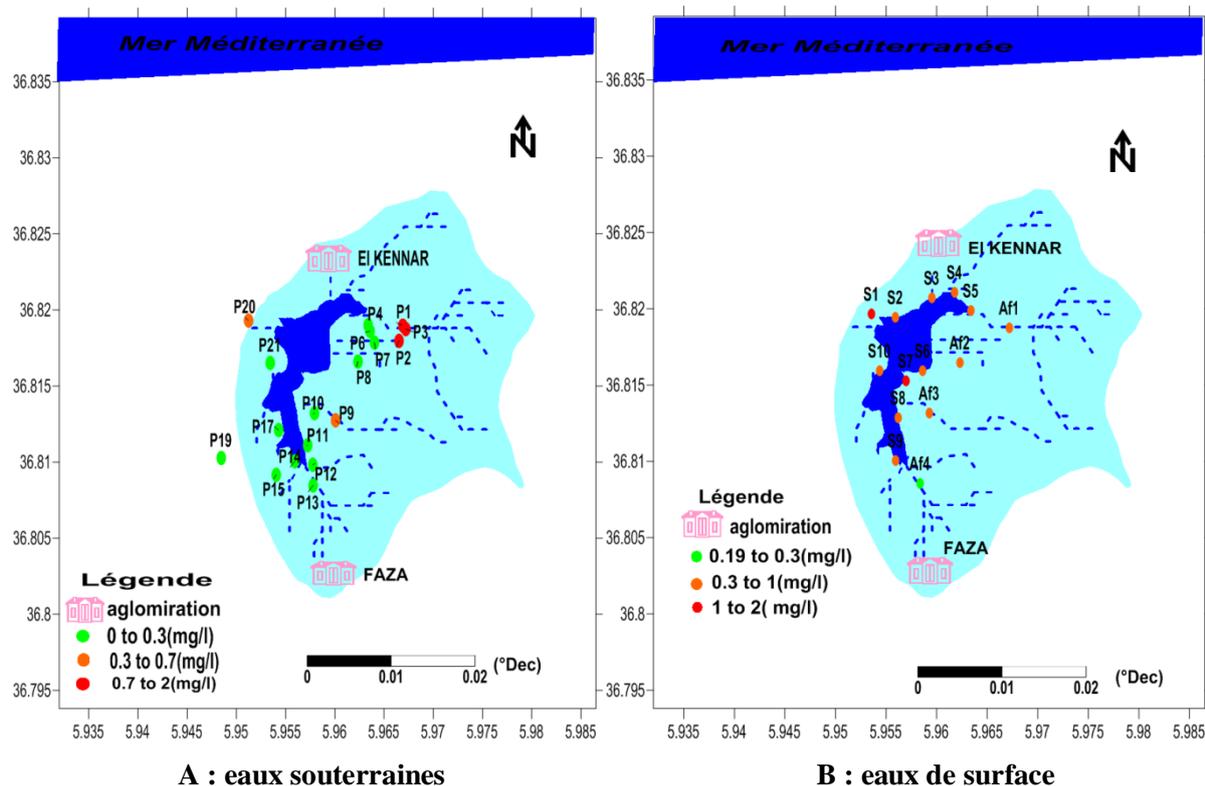


Figure 41 : variation des concentrations en fer des eaux de la zone marécageuse d’El kennar (Avril 2016).

3. Les rapports caractéristiques

3.1. Méthode des rapports caractéristiques

Afin de comprendre le processus de minéralisation des eaux souterraines et de surface de la région du lac, apprécie les relations entre les différents éléments chimiques et déterminer leurs origines, nous avons utilisé les résultats de notre campagne de mesure (Avril 2016) à la fois, en se basant sur les meilleures corrélations qui existent entre les différents paramètres, ainsi que sur les faciès chimiques prédominants.

3.1.1. Le rapport $r Ca^{+2} / r HCO_3^-$ et $r Ca^{+2} / r (HCO_3^- + SO_4^{-2})$

Dans cette représentation graphique nous avons essayé de déterminer l’origine du calcium en fonction des bicarbonates et des sulfates, car ce cation tire son origine des carbonates et du gypse.

La représentation graphique de l’évolution du calcium en fonction des bicarbonates (*fig.42*) montre une évolution d’un ensemble des points observé au dessous de la droite (pente =1), présente un excès des teneurs en HCO_3^- , il est interprété comme le résultat de la mise en solution des bicarbonates (tel que la dolomie métamorphisé ”cipolin”).

La figure (*fig.42*) représentant l’évolution des teneurs du Ca^{+2} en fonction de $HCO_3^- + SO_4^{-2}$ font apparaître:

- ❖ Un excès des deux anions (HCO_3^- et SO_4^{2-}) par rapport au calcium, reflète deux autres faciès chimiques, l'un bicarbonaté-sodique et l'autre bicarbonaté-magnésien.

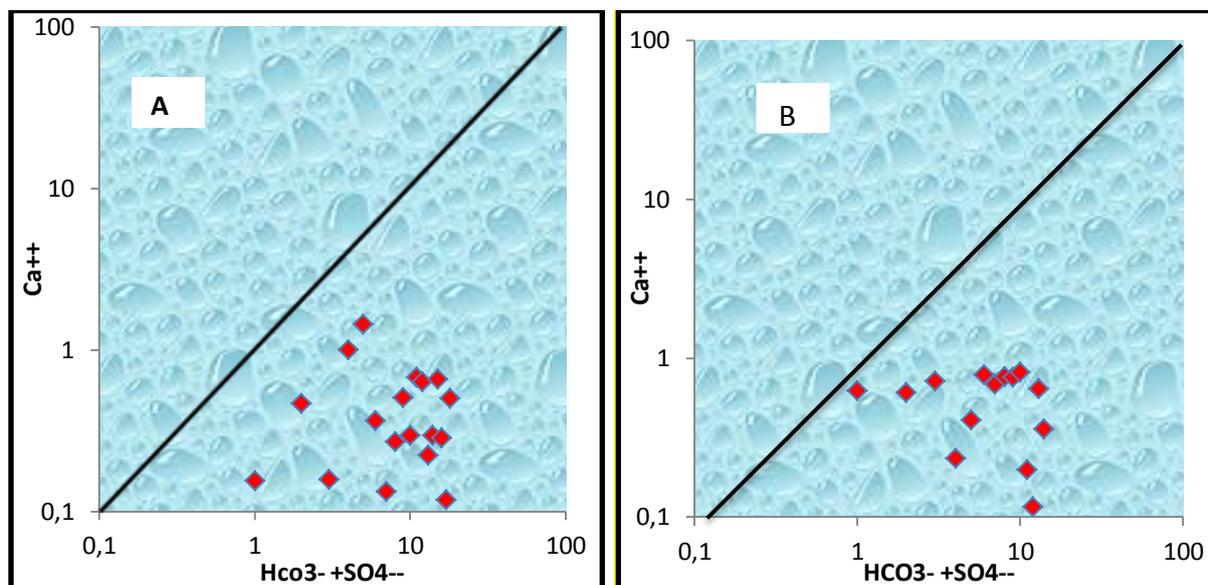


Figure 42: Le couple Ca^{+2} , ($\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-}$) (A : eaux souterraine, B : eaux de surface) dans la zone marécageuse d'El kennar.

3.1.2. Le rapport $r \text{Na}^+ / r \text{Cl}^-$

La représentation graphique de l'évolution des teneurs du sodium en fonction des concentrations des chlorures montre une répartition aléatoire des données, indiquant une origine moins probable de la dissolution des formations salifères (halite). L'excès des teneurs en chlorures par rapport au sodium peut être expliqué soit par une origine supplémentaire des chlorure (les eaux usées), soit par un échange de base entre les alcalins et les alcalino-terreux.

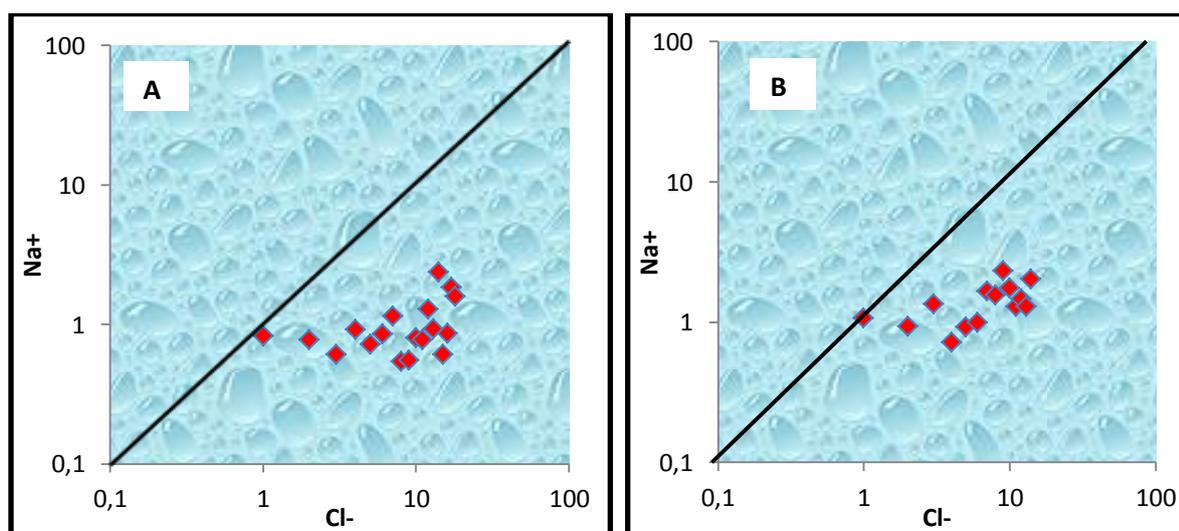


Figure 43 : Le couple Na^+ , Cl^- (A : eaux souterraine, B : eaux de surface) dans la zone marécageuse d'El kennar.

3.1.3. Le rapporte $rSO_4^{2-} / r Cl^-$

La représentation graphique de l'évolution des teneurs en chlorure en fonction des concentrations en sulfate montre que ces deux ions sont issus de deux formations différentes, le SO_4^{2-} qui provient du gypse et le Cl^- de la dissolution des évaporites chlorurées notamment l'halite (NaCl) et boucau plus de la pollution anthropique.

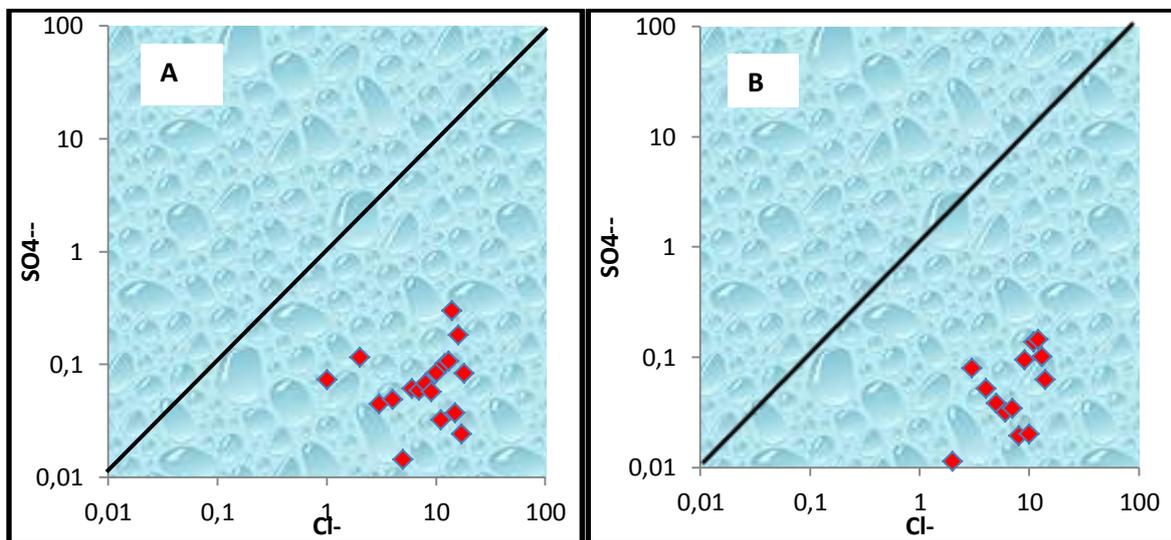


Figure44 : Le couple SO_4^{2-} , Cl^- (A :eaux souterraine ,B :eaux de surface) dans la zone marécageuse d'El kennar.

3.1.4. Les éléments HCO_3^- , Cl^- et SO_4^{2-}

Après avoir fait le point sur les origines des cations, nous avons essayé de représenter l'évolution des anions en fonction de la conductivité électrique. L'interprétation de la (fig.45) montre que la conductivité électrique n'évolue pas avec les sulfate, par contre une évolution proportionnelle est peut remarquable entre les chlorures, bicarbonate et la conductivité. Ce qui nous a permis de constater que la conductivité est due aux éléments bicarbonate et chlorurés.

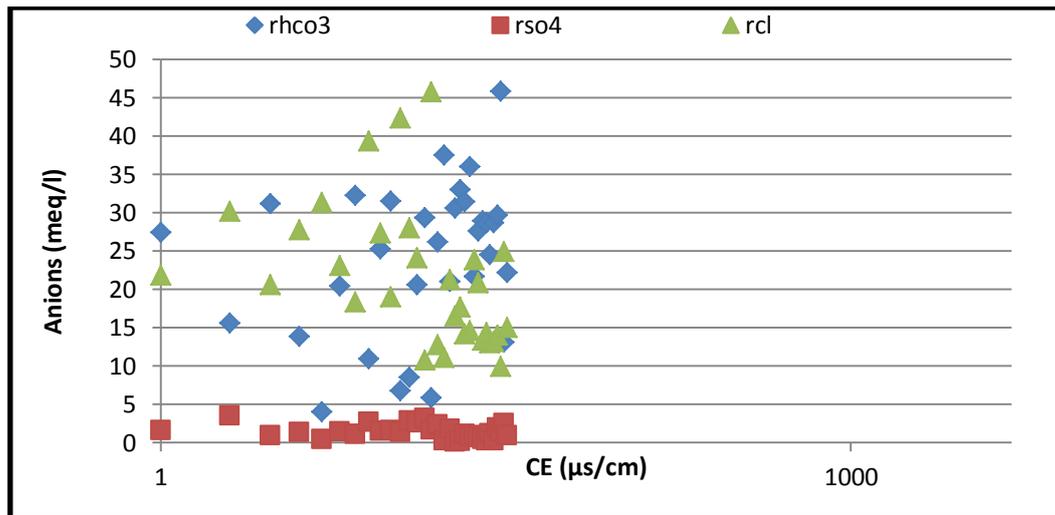


Figure45 : Evolution des anions en fonction de la conductivité électrique.

3.1.5. Les éléments Cl^- , HCO_3^-

Ces deux ions sont issus de deux formations différentes, les HCO_3^- proviennent de la dissolution des terrains métamorphiques ou le trias qui affleure à la partie amont de l'aquifère et le Cl^- provient de la dissolution de l'halite et de la pollution anthropique. Nous avons associé l'évolution de ces ions à la conductivité électrique pour mettre en évidence l'élément le plus responsable à la conductivité.

L'interprétation du graphique (fig.46) a révélé que la majorité des points d'eau présente un rapport ($\text{Cl}^-/\text{HCO}_3^-$) inférieur à 1, indiquant ainsi la dominance des ions HCO_3^- par rapport aux ions Cl^- , ce qui confirme la dominance du faciès bicarbonate calcique et sodique. Quelques points d'eau présentent des valeurs du rapport ($\text{Cl}^-/\text{HCO}_3^-$) supérieures à 1, indiquant l'influence des chlorures sur la conductivité.

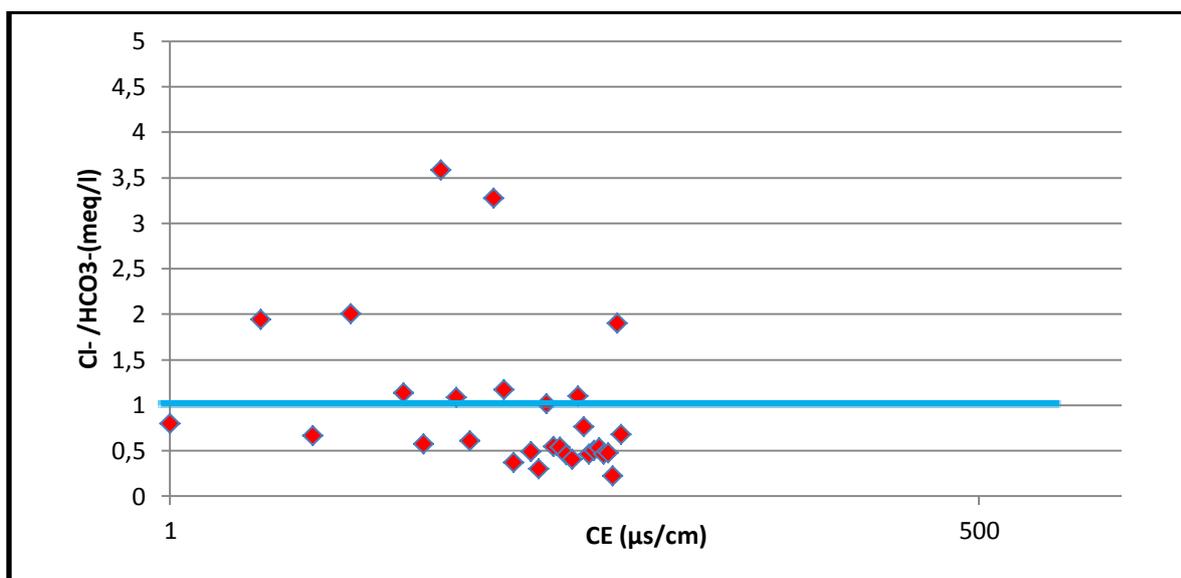


Figure 46: Evolution de la conductivité électrique en fonction de rapport $\text{Cl}^-/\text{HCO}_3^-$.

3.2. Echange de basse

Les eaux souterraines et surface, en traversant les formations géologiques, se mettant en contact avec différentes roches du réservoir ont la propriété d'échanger leurs ions contre ceux contenus dans les roches.

Selon Schoeller (1931), l'indice d'échange de base (i.e.b) est le rapport entre les ions échangés et les ions de même nature primitivement existants :

$$i.e.b = r \text{ Ca}^{+2} / r (\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{-2}) / r (\text{Na}^+ / \text{Cl}^-)$$

Cet indice donne des informations concernant l'origine des eaux à savoir :

La (fig.47) montre que 90.62 % des échantillons ont subi le phénomène d'échange de base qui sont présentent un (i.e.b > 0) ce la s'explique par la prédominance des chlorures par rapport a ou sodium plus potassium, Selon Schoeller, et en liaison avec la lithologie et la circulation des eaux, le sodium de l'eau est échangé contre le calcium du terrain (échange de $\text{Na}^+ + \text{K}^+$, de l'eau contre Ca^{+2} et Mg^{+2} du terrain), le reste des échantillons sont a un accès de sodium ce la pour les eaux d'origine sédimentaire, par contre l'origine cristalline est représenté par un (i.e.b < 0).

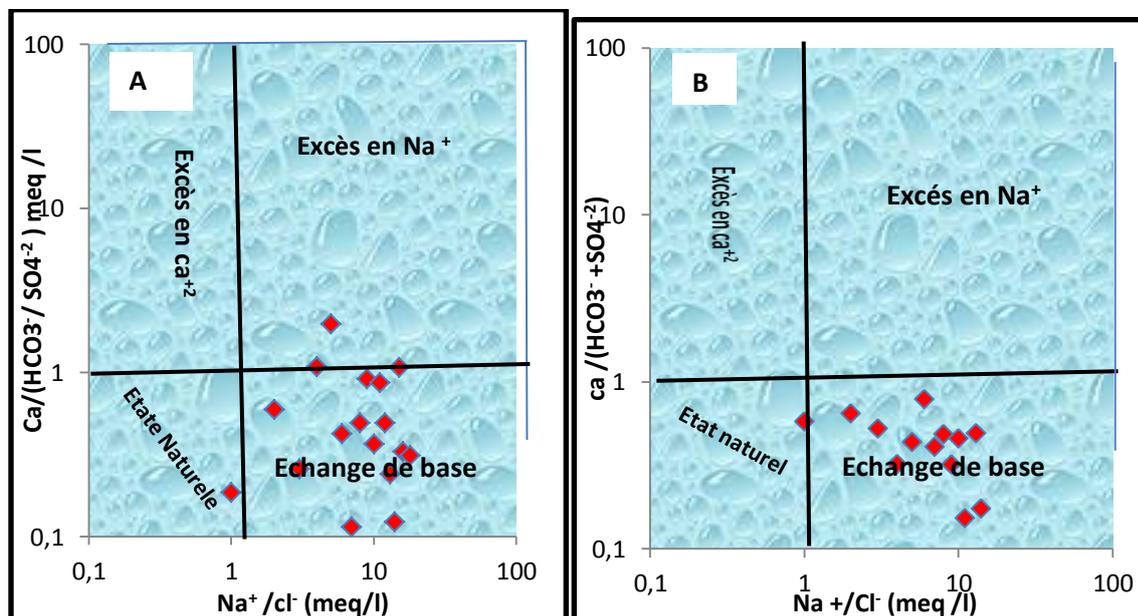


Figure47 : Echanges de bases (A : les eaux souterraines ; B : eaux de surface) de la région marécageuse d'El Kennar.

4. La qualité des eaux

4.1. La dureté (TH)

La qualité naturelle des eaux peut être altérée d'une part par l'activité humaine et d'autre part par les conditions naturelles (climatiques et géologiques).

La détérioration de la qualité de l'eau est appréciée par la mesure des paramètres physico-chimiques et bactériologiques. La qualité d'une eau est caractérisée par sa dureté ou le titre hydrotimétrique (TH), qui est directement liée à la nature des terrains traversés. Elle est mesurée par rapport aux teneurs en carbonate de calcium et de magnésium. Il provient des roches calcaires ou dolomitiques et la présence du CO₂ favorise cette dissolution.

$$\text{TH} = (r \text{ Ca}^{+2} + r \text{ Mg}^{+2}) * 5$$

Avec:

r = poids/équivalent et équivalent = masse molaire/valence ionique

r : la quantité de réaction. **TH** : la dureté total exprimée en méq/l ou en degré français (°F).

Les eaux naturelles peuvent être classées selon la gamme de la dureté totale comme suit (tab.13).

Tableau 13: gamme de la dureté totale

TH en °F	0-7	7-22	22-32	32-54	> 54
Classe de l'eau	douce	Modérément douce	Assez douce	dure	Très dure

La carte de répartition de la dureté (fig.48), nous a permis de donner un aperçu général sur la répartition des classes d'eaux dans la zone d'étude :

Les eaux de surface sont classées dans les catégories modérément douces à Assez douces.

Les eaux souterraines peuvent être classées en trois classes :

- ✓ La classe Modérément douce : qui représente un pourcentage de 22.22%, représentée par les puits P9, P12, P13 et P21 qui sont situés dans la partie Sud du marécage.
- ✓ La classe Assez douce : avec un pourcentage de 44.45% représentée par les puits P2, P4, P8, P10, P11, P15, P17 et P20 répartis pratiquement sur toute la plaine.
- ✓ La classe dure : qui représente 33.33%, elle englobe quatre puits (P1, P3, P6, P7).

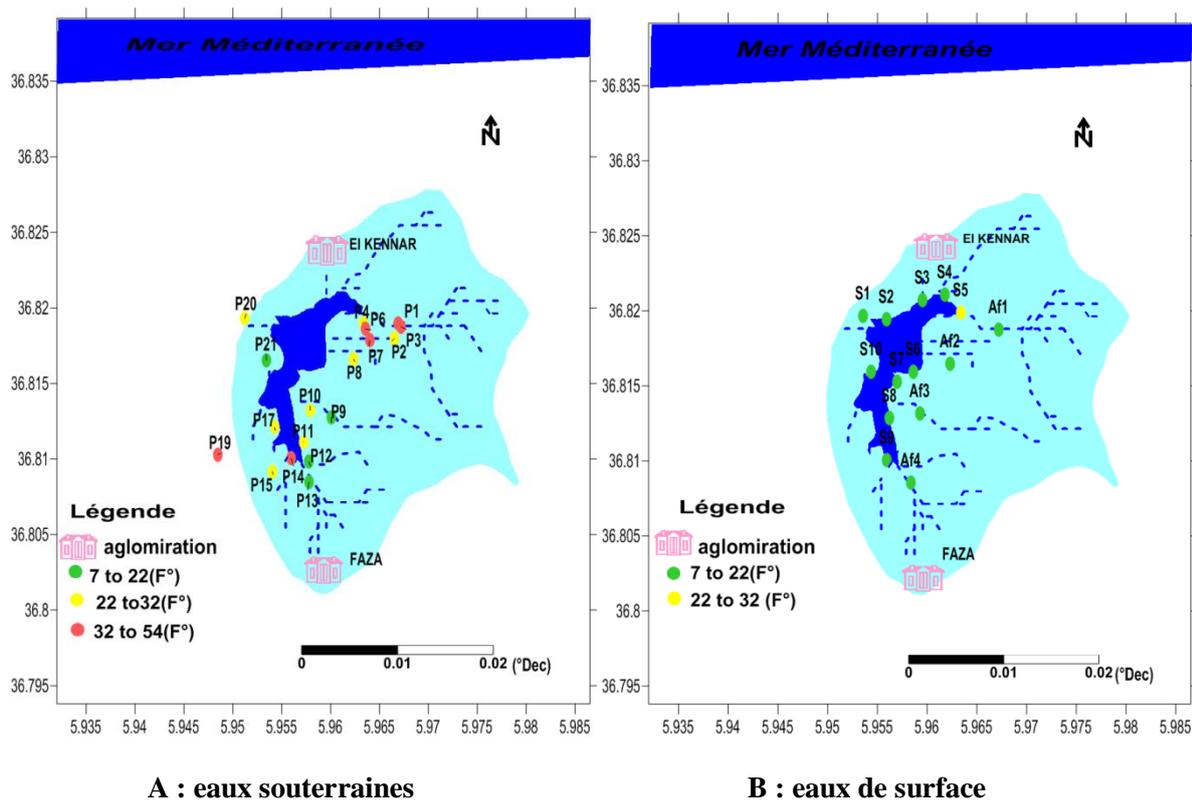


Figure 48: la répartition des classes de l'eau en fonction de la dureté totale de la zone marécageuse d'El kennar (Avril 2016).

4.2. Aptitude des eaux à l'irrigation

L'eau destinée à l'irrigation doit présenter des caractéristiques physico-chimiques tolérables par les plantes. Les eaux trop minéralisées créent divers problèmes pédologiques et agronomiques, ces sels peuvent nuire aux cultures et perturber leur croissance entraînant une baisse du rendement. Parmi les éléments responsables de ces problèmes on cite le sodium ; les fortes teneurs en cet élément provoquent un changement de la structure physique du sol à cause du gonflement des particules d'argiles, celles-ci seront par la suite dispersées rendant ainsi la circulation de l'eau plus lente au sein du sol. Cette dégradation des caractéristiques physiques du sol se traduit par une baisse de sa perméabilité et de son aération.

4.2.1. Classification des eaux par la méthode de wilcox

Généralement, les plantes supportent mal les sols saturés en sodium. La classification de Wilcox fondée sur la conductivité électrique et la teneur en sodium dans l'eau exprimée en pourcentage. La représentation des différents échantillons sur ce diagramme permet de donner la caractérisation des eaux pour leur aptitude à l'irrigation (fig.49). Le %Na⁺ est défini par la relation suivante :

$$\text{Na}\% = 100 * \frac{\text{Na}^+ + \text{K}^+}{\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2} + \text{Na}^+ + \text{K}^+}$$

Tous les ions sont exprimés en mg/l et la conductivité électrique de l'eau par le µS/cm.

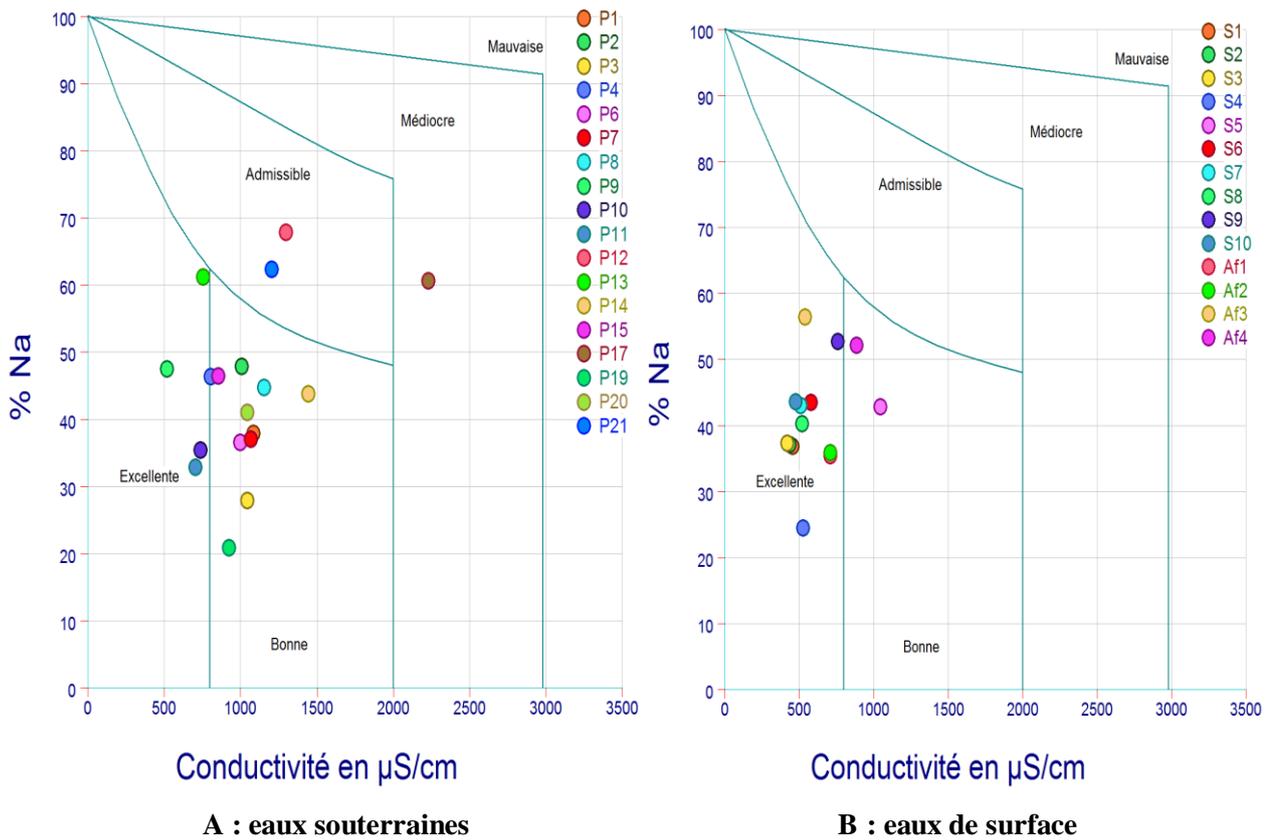


Figure 49: classification des eaux selon le Diagrammes de Wilcox de la zone marécageuse d’El kennar (Avril 2016).

D’après le diagramme les eaux souterraines, on remarque que la majorité des points d’eau se trouvent dans les classes excellente et bonne. Le puits P17 se trouve dans la classe médiocre peut être due à une contamination locale de ce puits.

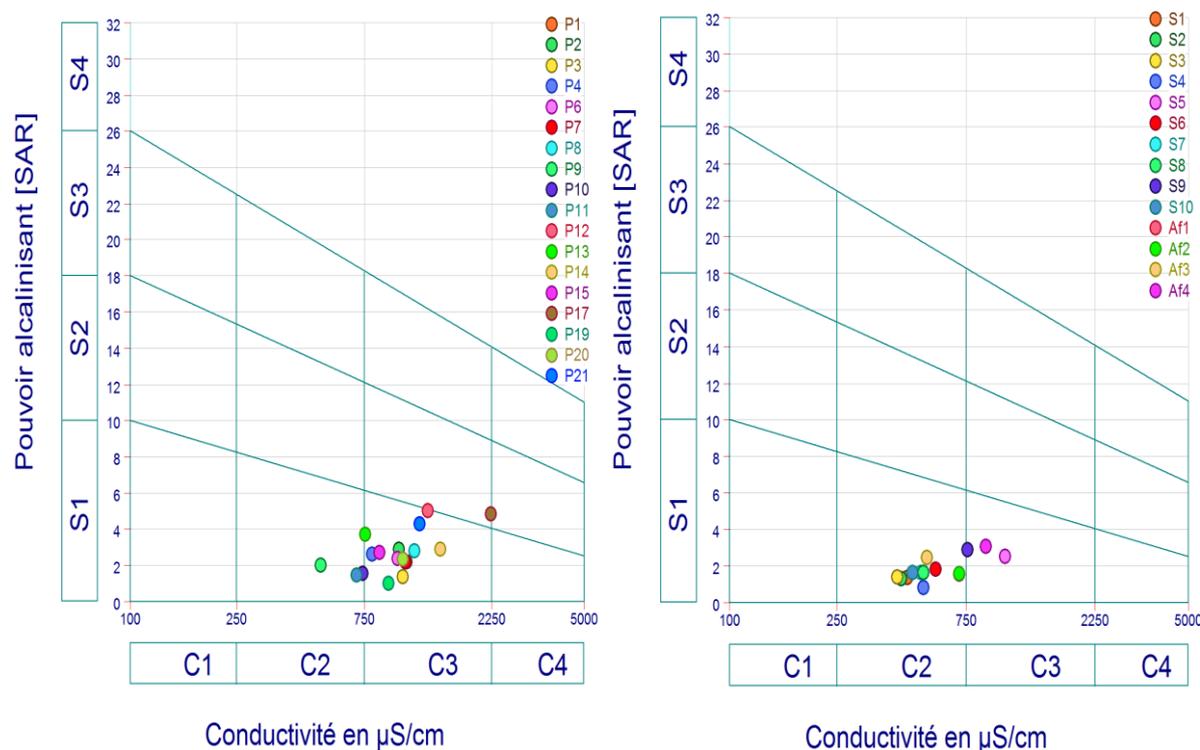
Les eaux de surface appartiennent tous à deux classes Excellente et bonne.

4.2.2. Classification des eaux par la méthode de Richards

Le risque est déterminé à partir de la valeur du sodium absorbable, « Sodium Absorption Ratio SAR ». Pour une même conductivité, le risque est d’autant plus grand que le coefficient est plus élevé.

Cette classification fondée sur la conductivité électrique et le SAR dans l’eau, défini par la formule ci-après :

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{(Ca^{+2} + Mg^{+2}) / 2}}$$



A : eaux souterraines

B : eaux de surface

Figure 50: classification des eaux selon le Diagramme de Richards de la zone marécageuse d'El kennar (Avril 2016).

Dans les eaux souterraines et après avoir reporté tous les points d'eau sur le diagramme de Richards (*fig.50*), selon la conductivité électrique et la valeur de SAR, on a pu dégager la présence des trois classes suivantes :

- ✓ **C2S1** : Caractérise généralement une eau bonne pour l'irrigation et pouvant être utilisée sans contrôle particulier pour les plantes moyennement tolérantes au sel, sur sols ayant une bonne perméabilité. Cette classe représente les eaux de faible minéralisation à un pourcentage de 16.66%.
- ✓ **C3S1 et C3S2** : En général, ces deux classes renferment des eaux admissibles pour l'irrigation de cultures tolérantes au sel, sur des sols bien drainés. L'évolution de la salinité doit cependant être contrôlée. La classe C3S1 représente 77.78 % des points d'eau, alors que la classe C3S2 ne représente que 5.56 %.

Le report des eaux de surface sur le diagramme de Richards fait ressortir les classes suivantes

- ✓ **C2-S1** : Eau utilisable sans danger pour l'irrigation de la plupart des cultures, sur la plupart des sols, les points d'eau appartenant à cette classe sont S1, S2, S3, S4, S6, S7, S8, S10, Af1, Af2 et Af3 équivalent d'un pourcentage de 78,57%.

- ✓ **C3-S1** : En général, eau convenant à l'irrigation de cultures tolérantes au sel, sur des sols bien drainés. L'évolution de la salinité doit cependant être contrôlée, cette classe est représentée par les points d'eau Af4, S5 et S9 avec un pourcentage de 21.43%.

Conclusion

Il y a une relation nette entre la chimie des ruisseaux et du marécage ce qui montre l'influence des eaux de ruissèlements, de ce fait la nappe et marécage n'a pas une relation nette à l'aspect chimique.

L'ensemble des eaux (souterrain et surface) de la région d'étude permettent à l'irrigation des diverses cultures.

Conclusion générale

Le marécage d'El kennar est localisé dans la partie orientale de la plaine alluviale de oued-Nil avec un périmètre de BV de 9.32 km, cette plaine alluviale fait partie des plaines côtières et appartient au bassin Néogène de Jijel. L'étude géologique a permis de mettre en évidence les formations aquifères. Ainsi, il s'agit des formations perméables et imperméables. Les formations métamorphiques du socle kabyle (les schistes) forment la limite méridionale de la zone étudiée, sont la plus basse unité géologique de la région d'El kennar.

L'étude climatologique a permis de déterminer les caractéristiques du climat du secteur. C'est un climat méditerranéen subhumide à humide. La lame d'eau précipitée sur l'ensemble du bassin versant a été estimée à 1016,7 mm et la température moyenne annuelle est de 18,16°C et ce pour la période 1988-2015.

L'évapotranspiration réelle est de l'ordre de 528,78 mm soit 52 %. L'écoulement a été estimé à 350.31 mm (34.46%) dont plus de 13.54 % sera attribué à l'infiltration vu que les conditions qui règnent dans le secteur d'étude (conditions géologiques, couvert végétal...) favorisent plutôt l'infiltration au ruissellement. Ce dernier étant négligeable se manifestant particulièrement au niveau des Oueds. L'infiltration efficace a été estimée à 137.61mm.

L'examen de la carte piézométrique met en évidence dans le secteur côtier un écoulement dirigé vers la mer (de Sud-Est vers le Nord-Ouest), le marécage reçoit les apports de la nappe du côté Est et alimente la nappe du côté Ouest. La variation de la vitesse d'écoulement dépend de la pente et de la perméabilité des terrains géologiques traversés.

La présentation des analyses chimiques sur le diagramme de Piper, nous a permis de déterminer deux types de familles des eaux dominante : la famille chloruré pour les eaux souterraines et bicarbonaté pour les eaux de surface.

L'étude hydrochimique montre que la plupart des eaux superficielles et souterraines de la région d'étude présentent une bonne qualité par rapport aux descripteurs : T, CE, pH, qui sont dans les normes (algériennes et OMS), le magnésium c'est l'élément la plus abondant dans les eaux souterraines avec des teneurs dépassant la norme. Concernant les polluants organiques (Ammonium, Nitrites, Nitrate et Orthophosphate), on note une pollution ponctuelle en relation avec les activités agricoles et les rejets urbains. Le fer présente des concentrations supérieures à la

norme Algérienne pour les eaux de surface, ces fortes valeurs viennent de l'altération des formations métamorphiques dans le sous bassin du marécage.

L'étude des rapports caractéristiques montre un excès des bicarbonates expliqués par la mise en solution de cet élément. La relation Cl^- / Na^+ mis en évidence un excès des teneurs en chlorures par rapport au sodium peut être expliqué soit par une origine supplémentaire des chlorure (les eaux usées), soit par un échange de base entre les alcalins et les alcalino-terreux. La représentation de l'évolution de la conductivité avec les anions montre que la conductivité électrique n'évolue pas avec les sulfate, par contre une évolution proportionnelle est remarquable entre les chlorures, les bicarbonates et la conductivité.

Le calcul de l'indice d'échange de base montre que les majorités des échantillons ont subi un échange de base.

Recommandations

Afin de protéger le marécage et de minimiser la dégradation de sols et des eaux de surface et souterraines de la région d'étude, nous proposons les recommandations suivantes;

- Mettre en veille un réseau de surveillance pour la qualité des eaux de surface et souterraines ;
- Le contrôle de la qualité des eaux d'irrigation et l'amélioration du réseau de drainage aux alentours du lac.
- Entretien du canal de vidange du marécage.
- Le contrôle qualitatif et quantitatif des apports d'eau vers le lac.
- Informer et sensibiliser les agriculteurs sur l'utilisation des engrais et des pesticides pour limiter la pollution agricole.
- Sensibiliser les agglomérations limitrophes sur le risque de rejeter ses rejets directement dans le marécage.
- Réaliser un traitement préalable des rejets avant qu'ils n'atteignent le marécage.

Références Bibliographiques

- **Abdallah B ., 2006** : Contribution à l'évaluation du degré de pollution des eaux de l'ecocomplexe des zones humides de la wilaya de Jijel par l'utilisation de bio-indicateur animales. *Mém.Inj.Unv de Jijel p80.*
- **Abdelaziz mohamed Mr, Bounou M., 2013** : Evaluation de la salinisation et classification des eaux de l'aquifère côtier d'El-kennar (Jijel). *Mém .Univ. De Jijel 54p.*
- **Ben Beghila,S** :Synthes geologique et geotecnique de la partie sud d'El-kannar (faza)-jijel.*Mém .Univ. De Jijel 42p.*
- **Belksier Mohamed Salah.2009** : Hydrogéologie et hydrochimie de la nappe superficielle dans la région de l'Oued Righ et l'évaluation de sa vulnérabilité. *Mém Magister UnivBadji Mokhtar-Annaba145p.*
- **Bentouati L., Bouzidi A., 2010** : Etude de l'impact de la pollution sur oued Bousselam (wilaya de Sétif), *Univ Bordj Badji Mokhtar- Annaba, Univ Ferhat Abbas –Sétif, 12p.*
- **Berkane S., 2011** : contribution à l'étude hydrogéologique et hydro chimique du plain alluvial d'oued Nil (wilaya de Jijel) .*Mém Univ. De Mentouri-Constantine, 192 p.*
- **Bouljedri ., 2012** : Contribution à l'Etude Ecologique d'un Hydro-système de la région de Jijel : cas de la zone humide de Beni-Belaid (Algérie). *Thèse. Univ Badji Mokhtar-Annaba 129p.*
- **Bouredjoul, A.,2005** : contribution à l'étude hydrogéologique de la plaine alluviale de l'oude Nil, wilaya de Jijel .*Mém.d'ingénieur,Univ de Constantine pp63-65.*
- **Brière F.G., 2000** : Distribution et collecte des eaux, Montérial, *2ème Edition, revue et corrigée, 123p.*
- **Debieche TH. , 2015** : Chimie des eaux du bassin versant de l'oued Nil (Nord-Est algérien). *Article 29p.*
- **Djellit H., (13 December 2010)**: Structural evolution of the maghrebides chain (northern Algeria): Ages and styles of the tertiary paroxysmal tectonic phase. Towards a new model of the chain bevolution.1^{er}Congrèssur la Géologie du Maghreb / First Congres on the Maghreb Geology.3ème Journée des Géosciences « Ressources Minérales et Hydriques : enjeux et défis».
- **Eric Gilli, Christian Mangan, Jacques Mudry, 2008**: hydrogéologie objets méthodes application.2^{ème} Edition, Dunod, paris, 340p.
- **Gaujous D., 1995** :La pollution des milieux aquatiques, aide mémoire. *Edition Tec et Doc, paris, 220 p.*

- **Guerraichi M, Bouchekkouf K.,2013** :Etude hydrochimique des eaux superficielles et souterraines de la plaine alluviale de l'oued Nil (wilaya de Jijel)*Mém de Master 2, Univ de Jijel,60p*
- **Hammadi D,Harendi H.,2015** :Gestion intégrée des ressources en eaux dans le bassin versant de l'oued El Nil (Jijel,NE Algérien).*Mém master2. Unv de Jijel 95p*
- **Haroud Z, Akika H ., 2012** : Recherche des résidus de pesticides dans les eaux du lac El-kennar. *Mém .Univ. De Jijel 68p.*
- **Inspection Forestière (I.F) ., 2012** .Commune de taher, wilaya de Jijel.
- **Julien Jarleton., 2009** : Identification des Zones Humides d'Intérêt Environnemental Particulier (ZHIEP) et des Zones Stratégiques pour la Gestion de l'Eau (ZSGE) sur le bassin de la Vienne, *Rapport de Stage pour l'obtention de la 2ème année de Master Univ de François-Rabelais.*
- **Krid L ., 2006** : Evaluation spatiotemporelle de la qualité physique – chimique des lac el-Kenner. Univ de Jijel *PP 47.*
- **Leemans M., Bawin C., Bellon J., 2002** : Livre bleu (tout ce que vous avez toujours voulu savoir sur l'eau potable et l'assainissement des eaux usées, *2ème Edition, Berlin, 72p.*
- **Lehtihet, A.M., 1983**: Étude hydrogéologique de la plaine alluviale de l'Oued Nil (Région de Jijel). *Mém d'Ingénieur, USTHB, Alger, 67 p.*
- **Liechti P., Frutiger A & Zobrist J., 2004** : Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau en Suisse. *Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP), Berne, Rapport 43p.*
- **Michelot JL ., Fiers V ., Olivier G ., Pont B., 2005** : Données sur l'eau dans les milieux naturels réserves naturelles de France, *84p.*
- **Partrick S., 2003** : Guide des analyses de la qualité de l'eau, *Edition Techni-cités, 109p*
- **Potelon J.L., 1998** : Le guide des analyses de l'eau potable, Edition la lettre du cadre territorial, *France, 253p.*
- **Rejsek F., 2002** : Analyse des eaux, Aspects réglementaire et techniques. *Edition CRDP d'aquitaine, Scéren, France, 420p.*
- **Rodier J., 1978** : Analyse chimiques et physique de l'eau, *Edition Dunod, Paris, 1030 p.*
- **Saïd B.2004** : atlas 4 des zones humides algériennes d'importance internationale (article).
- **Schoeller H., 1962** : Les eaux souterraines. Hydrologie dynamique et chimique. Recherche, exploitation et évaluation des ressources. *Masson, Paris, 642 p.*
- **Tandjir L, 2010** : Les zones humides : unités environnementales fondamentales.



ANNEXES

Tableau01 : La Précipitation (mm) de la station d'achouat TAHER (1988-2015)

Année	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
1988-1989	134,1	2,3	184,6	284,6	112,6	92	67,2	178,4	9,3	8,5	9,2	8,8
1989-1990	52,2	26,7	148,5	124	120,1	0	54,1	87,2	74,1	8,5	6,2	29,4
1990-1991	0,9	107,4	251,2	411,2	115,4	139,6	126,2	42,2	50,5	3,3	0	3,1
1991-1992	40,5	220,6	98,1	67,5	122,9	56	201,4	165,5	98,3	26,1	9,5	0,2
1992-1993	11,5	121,9	60,3	319,3	107,9	113,7	66,7	103,7	66,5	7,5	0	0
1993-1994	32,7	84,3	126,1	158	107,1	141,9	0	92,4	14,5	0	0,3	0,5
1994-1995	93,3	122,9	5	371,6	173,3	37,4	104,1	56,5	5,6	20,6	1,7	9,5
1995-1996	58,5	72,3	96,1	94,6	102,1	313,1	122,4	128,8	60,9	45,1	3,2	10,7
1996-1997	45,1	129,7	110	128,1	58	12,9	12,2	82,2	28,6	27,2	5,8	7,4
1997-1998	110,7	196,5	188,1	121,4	42,3	142,9	67,5	106,1	130,1	3,8	0	20,4
1998-1999	94,3	51,5	339,3	151,8	163,2	97	62,1	42,7	5,9	4	1,6	5,6
1999-2000	27	23,9	250,8	247,7	108,6	42,4	17	33,2	95,3	13,5	1,4	2,7
2000-2001	25,7	89,8	117,8	84,6	247,7	110,9	14,2	50,7	50,3	3,7	0	2,5
2001-2002	38,8	1,1	125,2	142,4	71,8	66,3	37,6	49,7	15,3	4,4	16,2	86,2
2002-2003	49,5	103	182	407,3	333,1	115	30,7	130	70,9	0,8	7,1	0
2003-2004	128,4	76	82	220,5	137,2	83,3	75,2	96,6	81,2	56,4	1,3	4,3
2004-2005	75,8	34,8	267,1	158,8	262,1	212,6	85,5	121,8	4,8	0	1,2	18,4
2005-2006	56,4	21,4	134,5	171,6	178,2	165,5	54,9	24,1	32,7	2,8	0	34,8
2006-2007	45,3	37,9	39,6	215,4	12,3	74,5	268,5	70,6	14,4	26,4	3,3	4,8
2007-2008	70,8	142,9	291,4	211,3	34,3	27,4	172,1	18,8	144,7	3,7	0	1,3
2008-2009	86,7	30,8	109,8	145,9	207,9	85,9	78,2	183,8	14,4	0,3	0,5	10,8
2009-2010	172,3	68,1	154,9	139,6	121,4	60,2	105,4	52,5	81	49,5	2,1	1,4
2010-2011	53	218,5	195,9	110,3	78,6	143,5	89,8	69,7	33,4	27	8,1	0
2011-2012	14,7	247,1	134,5	160	64,9	368,5	95,9	189,4	3,1	0,6	0,4	110,9
2012-2013	105,6	162,8	82,6	81,4	210,3	211,6	81,2	41,9	144,6	0,6	1,6	42,9
2013-2014	48,5	54,2	349,9	125,2	133,7	85,1	154	13,1	7,1	13,9	0,2	4,1
2014-2015	24,52	48,72	182,52	337,5	170,95	268,98	119	2	25,75	68	0	3,87

Tableau 02: La température de la station d'achouat TAHER (1988-2015)

Année	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
1988-1989	21,5	20,7	15,8	11,1	10,3	11,8	13,8	14,9	17,3	21,1	25,2	26,2
1989-1990	23,5	19,7	16,4	15,3	11,5	13,2	13,9	14,3	18,3	22,1	24,5	24,3
1990-1991	25,4	20,9	15,7	10,7	10,5	10,6	14,4	13,5	15,2	21,2	24,7	25,8
1991-1992	24,6	19,6	14,1	11,2	9,8	11	12,3	14,3	7,5	20,4	23	24,9
1992-1993	23,7	18,5	15,1	12,2	9,6	10,7	12,1	14,6	18,7	21,6	23,8	25,4
1993-1994	22,5	19,8	14,5	12,1	11,9	12,2	13,6	13,9	19,2	22	25,5	28,6
1994-1995	24,9	20,5	16,9	12,6	11,8	13,4	13,1	14,1	19,2	22,4	25,1	26,1
1995-1996	22,8	20,4	16,8	15	14,4	11,5	13,8	15,7	18,1	21,7	24,7	25,6
1996-1997	21,5	17,8	16,1	14,3	13,5	12,2	12,9	15,4	19,8	23,9	24,4	25,8
1997-1998	24	20,3	16,5	13,7	12,5	12,3	13,5	15,8	18,2	22,9	24,7	25,4
1998-1999	23,7	17,8	14,4	11,4	11,6	10,4	13,6	15	20,4	23,3	25,1	27,8
1999-2000	24,8	22,9	14,7	12,2	9,5	11,9	13,6	16,3	19,7	21,9	25,9	26,6
2000-2001	23,5	19,4	15,4	13,4	12,5	11,2	17	15,2	18	23,4	24,9	26,1
2001-2002	22,9	22,6	15,1	10,7	10,7	11,7	14	15,1	18,4	22,4	24,5	25
2002-2003	22,8	19,5	16,7	13,9	11,6	11	13,7	16	18,4	25,3	27,7	28,3
2003-2004	24	21,1	16,1	12	11,4	12,3	13,6	14,9	17,2	21,7	24,8	26,7
2004-2005	24,1	22	14	12,8	9	9,2	13	16	19,8	23,5	26,2	25,5
2005-2006	23,7	21	15,7	11,8	10,9	11,3	14,2	17,8	20,8	23,4	26,1	25,4
2006-2007	23,4	22,1	17,9	13,6	12,3	13,9	13,2	16,7	19,8	22,8	25,1	26,8
2007-2008	23,5	20	14,9	12,3	12,4	13,1	9	16,6	18,9	22,3	25,9	26
2008-2009	24,2	20,3	15	11,9	11,9	11,6	13,2	15,2	20,8	23,6	27,4	27
2009-2010	23,4	20,1	16,5	14,7	12,5	13,9	14,4	16,4	18	21,5	25,5	25,5
2010-2011	23,3	20,1	19,8	13,2	11,9	11,8	14,4	17,2	19,6	22,5	26,4	26,3
2011-2012	24,4	20,5	17	13,1	11,5	8,7	13,9	16,3	19,2	24,9	26,4	27,9
2012-2013	23,1	21,1	17,1	13	11,9	10,5	15,2	16,4	18,1	20,9	25,2	25,4
2013-2014	23,7	22,8	15,4	12,5	13,3	13,6	13,4	17,1	18,9	23,2	25,5	26,3
2014-2015	26	22	18,9	13	12	11	15	17	20	22,9	27	27

Tableau03 : Inventaire des points d'eau

Nom	Coordonnée		Z(m)	NP(m)
	X (°Dec)	Y (°Dec)		
P1	5,966889	36,818972	20	15,56
P2	5,9665	36,817972	20	20
P3	5,967194	36,81875	21	20
P4	5,963361	36,819	13	7
P6	5,963556	36,818611	14	13,18
P7	5,964	36,817861	14	11,6
P8	5,962333	36,816611	16	15,29
P9	5,960056	36,81275	26	24,2
P10	5,957917	36,813222	13	13
P11	5,957222	36,811111	11	10,64
P12	5,95775	36,809833	12	12
P13	5,957778	36,808472	13	13
P14	5,955944	36,810056	11	11
P15	5,954028	36,809167	14	12,6
P16	5,952944	36,809583	13	13
P17	5,954278	36,812111	8	4
P18	5,951778	36,808639	13	11
P19	5,948444	36,810278	12	11
P20	5,951222	36,819306	7	4,37
P21	5,953417	36,816528	6	6
P22	5,950278	36,816611	5	4,55
P23	5,950139	36,818667	7	6,54
P24	5,950263	36,825686	5	2,23
P25	5,943103	36,823792	6	3,48
P5	5,95013	36,81864	7	7
S ₁	5,953556	36,819667	11	11
S ₂	5,955917	36,819444	9	9
S ₃	5,959528	36,820722	7	7
S ₄	5,961778	36,821083	7	7
S ₅	5,963389	36,819889	8	8
S ₆	5,958611	36,815944	7	7
S ₇	5,956972	36,815278	8	8
S ₈	5,956194	36,812861	5	5
S ₉	5,955944	36,810056	11	11
S ₁₀	5,954361	36,815944	5	5
Af ₁	5,967194	36,81875	20	20
Af ₂	5,962306	36,816472	18	18
Af ₃	5,959278	36,813167	20	20
Af ₄	5,958361	36,808556	13	13

Tableau04 : mesure de la piézométrie (avril 2016)

Nom	Coordonnée		Z(m)	NP(m)
	X (°Dec)	Y (°Dec)		
P1	5,966889	36,818972	20	15,56
P2	5,9665	36,817972	20	20
P3	5,967194	36,81875	21	20
P4	5,963361	36,819	13	7
P6	5,963556	36,818611	14	13,18
P7	5,964	36,817861	14	11,6
P8	5,962333	36,816611	16	15,29
P9	5,960056	36,81275	26	24,2
P10	5,957917	36,813222	13	13
P11	5,957222	36,811111	11	10,64
P12	5,95775	36,809833	12	12
P13	5,957778	36,808472	13	13
P14	5,955944	36,810056	11	11
P15	5,954028	36,809167	14	12,6
P16	5,952944	36,809583	13	13
P17	5,954278	36,812111	8	4
P18	5,951778	36,808639	13	11
P19	5,948444	36,810278	12	11
P20	5,951222	36,819306	7	4,37
P21	5,953417	36,816528	6	6
P22	5,950278	36,816611	5	4,55
P23	5,950139	36,818667	7	6,54
P24	5,950263	36,825686	5	2,23
P25	5,943103	36,823792	6	3,48
P5	5,931404	36,821813	7	5,08
MA1	5,958769	36,820189	6	6
MA2	5,959144	36,820375	6	6
MA3	5,960733	36,820803	6	6
MA4	5,962214	36,820139	6	6
MA5	5,961664	36,82015	5	5
MA6	5,959342	36,816753	5	5
MA7	5,959008	36,816275	7	7
MA8	5,958017	36,816264	6	6
MA9	5,957419	36,816264	6	6
MA10	5,957006	36,816003	5	5
MA11	5,956775	36,815569	5	5
MA12	5,956531	36,815108	6	6
MA13	5,955883	36,814781	5	5
MA14	5,9555	36,814258	5	5
MA15	5,955681	36,813464	5	5
MA16	5,956156	36,812797	5	5
MA17	5,956344	36,812144	6	6
MA18	5,956697	36,811164	7	7
MA19	5,956653	36,810731	7	7

Listes des annexes

MA20	5,95615	36,810833	8	8
MA21	5,955494	36,811383	6	6
MA22	5,954736	36,811325	7	7
MA23	5,954931	36,8117	5	5
MA24	5,954789	36,812311	5	5
MA25	5,953653	36,813439	5	5
MA26	5,953014	36,813861	6	6
MA27	5,953542	36,814828	6	6
MA28	5,954253	36,815792	5	5
MA29	5,955353	36,816875	5	5
MA30	5,954572	36,818164	6	6
MA31	5,955339	36,819019	7	7
MA32	5,956578	36,818911	7	7
MA33	5,957333	36,819428	6	6
MA34	5,957992	36,819564	6	6
MA35	5,958506	36,819922	6	6
ME1	5,9801336	36,836431	0	0
ME2	5,9784251	36,83607	0	0
ME3	5,9760634	36,835427	0	0
ME4	5,9741002	36,835105	0	0
ME5	5,9718405	36,834422	0	0
ME6	5,969631	36,834061	0	0
ME7	5,9682244	36,83382	0	0
ME8	5,9664154	36,833418	0	0
ME9	5,9628998	36,832776	0	0
ME10	5,9593336	36,831972	0	0
ME11	5,9561197	36,831289	0	0
ME12	5,9523092	36,830727	0	0
ME13	5,9502005	36,830205	0	0
ME14	5,9476852	36,829762	0	0
ME15	5,9456714	36,82944	0	0
ME16	5,9435573	36,829158	0	0
ME17	5,9414996	36,828675	0	0
ME18	5,9390958	36,828515	0	0
ME19	5,9369863	36,828153	0	0
ME20	5,9347787	36,827591	0	0
ME21	5,9317608	36,826905	0	0
ME22	5,9260451	36,825742	0	0
ME23	5,9232006	36,824944	0	0
ME24	5,9206783	36,824537	0	0

Tableau 05: les normes de potabilité des eaux Solon l 'OMS (2006) et algériennes (2011).

Groupe des paramètres	Paramètres	Normes de l'OMS2006	Normes algériennes 2011	
Paramètres physiques	PH	entre 6.5 et 9.5	≥ 6.5 et ≤ 9.5	
	Conductivité	pas de norme	2800 µS/cm à 20°C	
	Température	acceptable	25°C	
	TDS	Optimum>1000mg/l	/	
	Alcanité en CaCO ₃	/	500 mg/l	
Paramètres organoleptiques	Goût (Saveur)	acceptables	4 Taux dilution à 25°C	
	Odeur	Pas de valeur guide	4 Taux dilution à 12°C	
Les éléments trace	Arsenic (As)	0.01 mg/l	0.01 mg/l	
	Cadmium(Cd)	0,003 mg/l	0,003 mg/l	
	Chrome Cr+3, Cr+6	chrome total : 0,05 mg/l	0,05 mg/l	
	Cyanure (CN-)	0,07 mg/l	0,07 mg/l	
	Mercuré (Hg)	0,006 mg/l inorganique	0,006 mg/l	
	Sélénium(Se)	0,01 mg/l	0,01 mg/l	
	Plomb(Pb)	0,01 mg/l	0,01 mg/l	
	Antimoine(Sb)	0,02 mg/l	0,02 mg/l	
	Fer(Fe)	Pas de valeur guide	0,3 mg/l	
	Manganèse (Mn)	0 ,4 mg/l	0,05 mg/l	
Eléments indésirables	Aluminium (Al)	0,2 mg/l	0,2 mg/l	
	Cuivre (Cu ²⁺)	2 mg/l	2 mg/l	
	Ammonium (NH ₄ ⁺)	0.5 mg/l	0.5 mg/l	
	Argent	0.05 mg/l	0,1 mg/l	
	Fluorures	1,5 mg/l	1,5 mg/l	
	Les nitrates	50 et 3 mg/l (exposition à court terme).	50mg/l	
	nitrites	0.2 mg/l (exposition à long terme)	0,2mg/l	
	Nitrates	50 mg/l	50 mg/l	
	Zinc(Zn)	3 mg/l	5 mg/l	
	Bore(B)	0.5 mg/l	1 mg/l	
	Pesticides	Non mentionnées	0.0001 mg/l	
	Phosphore	/	0,5µg/l	
	Hydrocarbures	0,0001 mg/l	0,0002 mg/l	
	Minéralisation Global	Calcium (Ca ⁺⁺)	100 mg/l	200 mg/l
		Chlorures (Cl ⁻)	200 mg/l	500 mg/l
Magnésium (Mg ⁺⁺)		50 mg/l	Non mentionnées	
Dureté CaCO ₃		200 ppm	200 mg/l	
Sodium (Na ⁺)		20 mg/l	200 mg/l	
Potassium (K ⁺)		12 mg/l	12 mg/l	
Sulfates (SO ₄ ⁻)		500 mg/l	400 mg/l	

Tableau 06: classification de STABLER des eaux souterraines.

Point d'eau	Formule caractéristique	Faciès chimique
P1	$r\%(\text{HCO}_3^-) > r\%(\text{Cl}^-) > r\%(\text{SO}_4^{2-}) > r\%(\text{NO}_3^-)$ $r\%(\text{Mg}^{+2}) > r\%(\text{Na}^+) > r\%(\text{Ca}^{+2}) > r\%(\text{K}^+)$	Bicarbonaté magnésien
P3	$r\%(\text{HCO}_3^-) > r\%(\text{Cl}^-) > r\%(\text{SO}_4^{2-}) > r\%(\text{NO}_3^-)$ $r\%(\text{Mg}^{+2}) > r\%(\text{Na}^+) > r\%(\text{Ca}^{+2}) > r\%(\text{K}^+)$	
P8	$r\%(\text{HCO}_3^-) > r\%(\text{Cl}^-) > r\%(\text{SO}_4^{2-}) > r\%(\text{NO}_3^-)$ $r\%(\text{Mg}^{+2}) > r\%(\text{Na}^+) > r\%(\text{Ca}^{+2}) > r\%(\text{K}^+)$	
P11	$r\%(\text{HCO}_3^-) > r\%(\text{Cl}^-) > r\%(\text{SO}_4^{2-}) > r\%(\text{NO}_3^-)$ $r\%(\text{Mg}^{+2}) > r\%(\text{Na}^+) > r\%(\text{Ca}^{+2}) > r\%(\text{K}^+)$	
P15	$r\%(\text{HCO}_3^-) > r\%(\text{Cl}^-) > r\%(\text{SO}_4^{2-}) > r\%(\text{NO}_3^-)$ $r\%(\text{Mg}^{+2}) > r\%(\text{Na}^+) > r\%(\text{Ca}^{+2}) > r\%(\text{K}^+)$	
P19	$r\%(\text{HCO}_3^-) > r\%(\text{Cl}^-) > r\%(\text{SO}_4^{2-}) > r\%(\text{NO}_3^-)$ $r\%(\text{Mg}^{+2}) > r\%(\text{Na}^+) > r\%(\text{Ca}^{+2}) > r\%(\text{K}^+)$	
P20	$r\%(\text{HCO}_3^-) > r\%(\text{Cl}^-) > r\%(\text{SO}_4^{2-}) > r\%(\text{NO}_3^-)$ $r\%(\text{Mg}^{+2}) > r\%(\text{Na}^+) > r\%(\text{Ca}^{+2}) > r\%(\text{K}^+)$	
P2	$r\%(\text{Cl}^-) > r\%(\text{HCO}_3^-) > r\%(\text{SO}_4^{2-}) > r\%(\text{NO}_3^-)$ $r\%(\text{Na}^+) > r\%(\text{Mg}^{+2}) > r\%(\text{Ca}^{+2}) > r\%(\text{K}^+)$	Chloruré sodique
P4	$r\%(\text{Cl}^-) > r\%(\text{HCO}_3^-) > r\%(\text{SO}_4^{2-}) > r\%(\text{NO}_3^-)$ $r\%(\text{Na}^+) > r\%(\text{Mg}^{+2}) > r\%(\text{Ca}^{+2}) > r\%(\text{K}^+)$	
P9	$r\%(\text{Cl}^-) > r\%(\text{HCO}_3^-) > r\%(\text{SO}_4^{2-}) > r\%(\text{NO}_3^-)$ $r\%(\text{Na}^+) > r\%(\text{Mg}^{+2}) > r\%(\text{Ca}^{+2}) > r\%(\text{K}^+)$	
P12	$r\%(\text{Cl}^-) > r\%(\text{HCO}_3^-) > r\%(\text{SO}_4^{2-}) > r\%(\text{NO}_3^-)$ $r\%(\text{Na}^+) > r\%(\text{Mg}^{+2}) > r\%(\text{Ca}^{+2}) > r\%(\text{K}^+)$	
P13	$r\%(\text{Cl}^-) > r\%(\text{HCO}_3^-) > r\%(\text{SO}_4^{2-}) > r\%(\text{NO}_3^-)$ $r\%(\text{Na}^+) > r\%(\text{Mg}^{+2}) > r\%(\text{Ca}^{+2}) > r\%(\text{K}^+)$	
P17	$r\%(\text{Cl}^-) > r\%(\text{HCO}_3^-) > r\%(\text{SO}_4^{2-}) > r\%(\text{NO}_3^-)$ $r\%(\text{Na}^+) > r\%(\text{Mg}^{+2}) > r\%(\text{Ca}^{+2}) > r\%(\text{K}^+)$	
P21	$r\%(\text{Cl}^-) > r\%(\text{HCO}_3^-) > r\%(\text{SO}_4^{2-}) > r\%(\text{NO}_3^-)$ $r\%(\text{Na}^+) > r\%(\text{Mg}^{+2}) > r\%(\text{Ca}^{+2}) > r\%(\text{K}^+)$	Chloruré magnésien
P6	$r\%(\text{Cl}^-) > r\%(\text{HCO}_3^-) > r\%(\text{SO}_4^{2-}) > r\%(\text{NO}_3^-)$ $r\%(\text{Mg}^{+2}) > r\%(\text{Na}^+) > r\%(\text{Ca}^{+2}) > r\%(\text{K}^+)$	
P7	$r\%(\text{Cl}^-) > r\%(\text{HCO}_3^-) > r\%(\text{SO}_4^{2-}) > r\%(\text{NO}_3^-)$ $r\%(\text{Mg}^{+2}) > r\%(\text{Na}^+) > r\%(\text{Ca}^{+2}) > r\%(\text{K}^+)$	
P10	$r\%(\text{Cl}^-) > r\%(\text{HCO}_3^-) > r\%(\text{SO}_4^{2-}) > r\%(\text{NO}_3^-)$ $r\%(\text{Mg}^{+2}) > r\%(\text{Na}^+) > r\%(\text{Ca}^{+2}) > r\%(\text{K}^+)$	
P14	$r\%(\text{Cl}^-) > r\%(\text{HCO}_3^-) > r\%(\text{SO}_4^{2-}) > r\%(\text{NO}_3^-)$ $r\%(\text{Mg}^{+2}) > r\%(\text{Na}^+) > r\%(\text{Ca}^{+2}) > r\%(\text{K}^+)$	

Tableau07 : Classification de STABLER des eaux de surface

Point d'eau	Formule caractéristique	Faciès chimique
S1	r% (HCO ₃ ⁻) > r% (Cl ⁻) > r% (So ₄ ⁻²) > r%(NO ₃ ⁻) r% (Ca ⁺²) > r%(Na ⁺) > r%(Mg ⁺²) > r%(k ⁺)	Bicarbonaté calcique
S2	r% (HCO ₃ ⁻) > r% (Cl ⁻) > r% (so ₄ ⁻²) > r%(NO ₃ ⁻) r% (Ca ⁺²) > r%(Na ⁺) > r%(Mg ⁺²) > r%(k ⁺)	
S3	r % (HCO ₃ ⁻) > r % (Cl ⁻) > r% (So ₄ ⁻²) > r%(NO ₃ ⁻) r% (Ca ⁺²) > r%(Na ⁺) > r%(Mg ⁺²) > r%(k ⁺)	
S6	r % (HCO ₃ ⁻) > r % (Cl ⁻) > r% (So ₄ ⁻²) > r%(NO ₃ ⁻) r% (Ca ⁺²) > r%(Na ⁺) > r%(Mg ⁺²) > r%(k ⁺)	
S8	r % (HCO ₃ ⁻) > r % (Cl ⁻) > r% (So ₄ ⁻²) > r%(NO ₃ ⁻) r% (Ca ⁺²) > r%(Na ⁺) > r%(Mg ⁺²) > r%(k ⁺)	
S10	r % (HCO ₃ ⁻) > r % (cl ⁻) > r% (So ₄ ⁻²) > r%(NO ₃ ⁻) r% (Ca ⁺²) > r%(Na ⁺) > r%(Mg ⁺²) > r%(k ⁺)	
S4	r% (HCO ₃ ⁻) > r% (Cl ⁻) > r% (So ₄ ⁻²) > r%(NO ₃ ⁻) r% (Mg ⁺²) > r%(Na ⁺) > r%(Ca ⁺²) > r%(k ⁺)	Bicarbonaté magnésien
S7	r% (HCO ₃ ⁻) > r% (cl ⁻) > r% (So ₄ ⁻²) > r%(NO ₃ ⁻) r% (Mg ⁺²) > r%(Na ⁺) > r%(Ca ⁺²) > r%(k ⁺)	
Af1	r% (HCO ₃ ⁻) > r% (cl ⁻) > r% (So ₄ ⁻²) > r%(NO ₃ ⁻) r% (Mg ⁺²) > r%(Na ⁺) > r%(Ca ⁺²) > r%(k ⁺)	
Af2	r% (HCO ₃ ⁻) > r% (Cl ⁻) > r% (So ₄ ⁻²) > r%(NO ₃ ⁻) r% (Mg ⁺²) > r%(Na ⁺) > r%(Ca ⁺²) > r%(k ⁺)	
S9	r% (HCO ₃ ⁻) > r% (Cl ⁻) > r% (So ₄ ⁻²) > r%(NO ₃ ⁻) r% (Na ⁺) > r% (Ca ⁺²) > r%(Mg ⁺²) > r%(k ⁺)	Bicarbonaté sodique
Af4	r% (HCO ₃ ⁻) > r% (Cl ⁻) > r% (So ₄ ⁻²) > r%(NO ₃ ⁻) r% (Na ⁺) > r% (Ca ⁺²) > r%(Mg ⁺²) > r%(k ⁺)	
S5	r % (Cl ⁻) > r%(HCO ₃ ⁻) > r% (So ₄ ⁻²) > r%(NO ₃ ⁻) r% (Mg ⁺²) > r%(Na ⁺) > r%(Ca ⁺²) > r%(k ⁺)	Chloruré magnésien
Af3	r % (Cl ⁻) > r%(HCO ₃ ⁻) > r% (So ₄ ⁻²) > r%(NO ₃ ⁻) r% (Na ⁺) > r%(Mg ⁺²) > r%(Ca ⁺²) > r%(k ⁺)	Chloruré sodique

Résumé

La pollution des eaux est une notion qui est en constante évolution. Elle constitue aujourd'hui une véritable menace pour l'environnement et bien sur pour la santé de l'homme.

La région du marécage d'El Kennar est caractérisée par des ressources en eau souterraines et superficielles importantes, ces ressources sont utilisées pour l'agriculture qui est l'activité la plus répondue dans la région, ainsi que pour les besoins domestique surtout pour l'agglomération de Faza.

L'objectif de cette étude est d'essayer d'identifier la relation eaux souterraines (nappe) et eau de surface (marécage et affluents), et ce à travers une campagne de mesure piézométrique et hydrochimique pour les eaux de surface du marécage et de ses affluents et les eaux souterraines de la nappe qui l'entoure.

L'étude hydrodynamique a montré que le marécage reçoit les apports de la nappe du coté Sud-Est et alimente la nappe du coté Nord-Ouest.

La caractérisation physico-chimique des eaux de la nappe et celles du marécage a montré une dominance de faciès chloruré pour les eaux souterraines et bicarbonaté pour les eaux de surface.

L'étude des paramètres chimiques montre que la plupart des points d'eaux échantillonnés pour les eaux superficielles et souterraines de la région d'étude présentent une bonne qualité par rapport aux descripteurs : température, conductivité et pH, qui sont dans les normes (algériennes et OMS), les éléments majeurs sont dans les normes, sauf le magnésium qu'est l'élément la plus abondant dans les eaux souterraines avec des teneurs dépassant la norme. Les indicateurs de pollution organique montrent une contamination ponctuelle en relation avec les activités agricole et les rejets des eaux usées domestiques. Les eaux de surface présentent une contamination majoritaire par le fer, cet élément dû au lessivage des terrains métamorphique.

Mots clés : marécage, eau souterraine, eau de surface, éléments majeurs, pollution organique, El-Kannar et Jijel.

Abstract:

Water pollution is a concept that is constantly evolving. It is now a real threat to the environment and of course the health of man.

The swamp area of El Kennar is characterized by groundwater resources and important surface, these resources are used for agriculture which is the most answered activity in the region, as well as for domestic needs especially for agglomeration Faza.

The objective of this study is to try to identify the relationship groundwater (water) and surface water (swamp and tributaries), and through a measurement campaign piezometric and hydrochemical to the swamp of surface water and its tributaries and groundwater of the sheet around her.

The hydrodynamic study showed that the swamp receives inputs from the table on the side southeast and feeds tablecloth Northwest side.

The physicochemical characterization of the waters of the web and those of swamp rose a faciès dominance chloruré for groundwater and bicarbonate to the surface water. The study of chemical parameters shows that most water points sampled for surface water and groundwater in the study area have good quality compared to the descriptors: temperature, conductivity and pH, which are in the standards (Algerian and WHO), major elements in the standards except the magnesium that is the most abundant element in groundwater with values exceeding the standard. Organic pollution indicators show a punctual contamination in connection with agricultural activities and discharges of domestic wastewater. Surface waters have a majority contamination by iron, this element due to leaching of metamorphic terrains.

Keywords: wetland, groundwater, surface water, major, organic pollution, El kennar and Jijel.

ملخص

تلوث المياه هو المفهوم الذي يتطور باستمرار. وهو الآن خطر حقيقي على البيئة وبالطبع الصحة العامة للإنسان. تتميز منطقة مستنقع القنار بموارد مياه سطحية و جوفية مهمة ، هذه الموارد تستخدم للزراعة والذي هو النشاط الأكثر شيوعا في المنطقة، وكذلك لتلبية الاحتياجات المحلية وخاصة بالنسبة للتجمع السكاني فارة .

الهدف من هذه الدراسة هو محاولة تحديد علاقة المياه الجوفية (غطاء) و المياه السطحية (مستنقع و روافده) و هذا من خلال حملة القياس البيزومترية و الهيدروكيميائية لمياه سطح المستنقع و روافده و المياه الجوفية التي تدور حوله . الدراسة الهيدروكيميائية أظهرت أن المستنقع يتلقى حصة من الغطاء في الجهة الجنوبية الشرقية و يغذي الغطاء من الجهة الشمالية الغربية .

الخصائص الفيزيوكيميائية للمياه التحتية لهذا المستنقع تبين هيمنة سحنة الكلورير للمياه الجوفية و البيكربونات للمياه السطحية . دراسة الخصائص الكيميائية تبين أن أغلبية نقاط مياه العينات للمياه السطحية والجوفية في منطقة الدراسة ذات نوعية جيدة مقارنة مع واصفات: درجة الحرارة، و الناقلية الكهربائية ودرجة الحموضة، والتي هي في المعايير (الجزائرية ومنظمة الصحة العالمية)،العناصر الرئيسية هي ضمن المعايير باستثناء المغنيزيوم الذي هو العنصر الأكثر وفرة في المياه الجوفية مع قيم تتجاوز المعيار الخاص به . مؤشرات التلوث العضوي تبينان هناك تلوث دقيق يتعلق بالأنشطة الزراعية وتصريف مياه الصرف الصحي المنزلي. المياه السطحية لها تلوث اعلي بالحديد. وجود هذا العنصر بسبب الرش من التضاريس المتحولة.

الكلمات المفتاحية : المستنقع ، المياه الجوفية، المياه السطحية ، العناصر الرئيسية، التلوث العضوي ، القنار و جيجل .