

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Ibn Khaldoun - Tiaret



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Nutrition et Technologie Agro-Alimentaire

Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme de Master Académique

Domaine : Sciences de la Terre et de L'Univers

Filière : Géologie

Spécialité : Hydrogéologie et Environnement

Thème :

**La qualité des eaux souterraines et son impact sur la durabilité
environnementale des systèmes irrigués en milieu steppique : cas des
périmètres irrigués de la partie Sud-Ouest de la wilaya de Tiaret
(Sidi- Abderrahmane)**

Présenter par :

- **Zoghbi Malika**
- **Benellehaj Djelloul Sarra**

Membres de jury :

- **Président : Berrayah Mohammed**
- **Promoteur : Moumen Tayeb**
- **Examineur : Bounaceur Soufiane**

Année universitaire : 2016-2017.

Remerciements

Nos remerciements s'adressent premièrement et avant tout au « Dieu » tout puissant, qui nous a aidés à réaliser ce travail, et pour sa grâce tout au long de notre vie professionnelle et personnelle.

Au terme de ce travail, il m'est agréable de m'adresser à toute personne qui a participé de près et de loin à son élaboration.

Je remercie Mr. MOUMEN Tayeb, Professeur à la Faculté des sciences de la vie et de la nature, Département des sciences de la terre, qui a dirigé ce travail, tout en me prodiguant de nombreux conseils et nous faisant profiter de sa large expérience. Je lui en suis très reconnaissant.

J'adresse mes remerciements les plus sincères à Monsieur le directeur de l'agence nationale des ressources hydrauliques qui m'a ouvert les portes de son service.

Mes vifs remerciements s'adressent à Mr. Zrarka AEK, Berreyah Mohamed, Benaissa toufik, belfodil, et boussoum pour leur encadrement exemplaire, leur compréhension et leur humanité.

J'exprime mes gratitude à Mme Kawthar , Doctorante-chercheuse à la faculté des sciences de la vie et de la nature, département des sciences de la terre qui, et malgré ses Occupations, m'a bénéficié de son expérience, son aide, ses conseils et critiques judicieux,

Mes remerciements vont à Mr Berrayah Mohamed et Mr Bounaceur Sofiane, Professeurs à la faculté des sciences sciences de la vie et de la nature, département des sciences de la terre. Merci d'avoir accepter de juger ce travail.

Je n'oublie pas aussi mes amis (es) pour leur soutien et leurs différents conseils qui m'ont encouragé parfaitement pour atteindre mes objectifs.

A tous Merci

Dédicaces

A mes très chers parents

En témoignage de profond amour, de grande reconnaissance et pour tous les sacrifices que vous avez consentis pour mon éducation et mon bonheur.

A mon très cher père, pour ses encouragements, son soutien, surtout pour son amour et son sacrifice afin que rien n'entrave le déroulement de mes études.

A mes enseignants ;

A mes chers (es) amis (es) Imen, Djihad, Khadîdja, Linda, Samira, Sarra, Fatima.

A mes chers (es) Collègues Zahra, Malika.

A mon âme sœur Sia, mon frère Mourad qui m'a encouragé dès le début.

A mon marie Tayeb qui a été Cindy Seulement pour l'accomplissement de ce travail

A mon ange Abdeghafour Anis, mon neveu Dani.

A toute personne qui m'aime, et qui contribuera à ma joie familiale et mon bonheur professionnel.

Sommaire

Remerciements
Dédicaces

Sommaire

Liste des Figures
Liste des tableaux
Liste des abréviations
Introduction Générale

Chapitre 1 Aperçu bibliographique

I.1 Généralités sur les steppes	- 1 -
I.1.1 Introduction.....	- 1 -
I.1.1.1 Steppe à alfa <i>Stipa tenacissima</i>	- 1 -
I.1.1.2 Steppe à armoise blanche <i>Artemisia herba-alba</i>	- 2 -
I.1.1.3 Steppe à sparte <i>Lygeum spartum</i>	- 3 -
I.1.1.4 Steppe à remth <i>Arthrophytum scoparium</i>	- 3 -
I.1.2 Problèmes majeurs des steppes algériennes :	- 4 -
I.2 L'irrigation.....	- 6 -
I.2.1 Irrigation agricole.....	- 6 -
I.2.2 Provenance de l'eau d'irrigation	- 6 -
I.2.3 Les techniques d'irrigation	- 7 -
I.2.3.1 Irrigation par écoulement de surface.....	- 7 -
I.2.3.2 Irrigation par aspersion	- 7 -
I.2.3.3 Irrigation par micro-aspersion.....	- 7 -
I.2.3.4 Irrigation par micro-irrigation.....	- 8 -
I.2.4 L'irrigation en Algérie	- 8 -
I.2.4.1 Les cultures irriguées	- 8 -
I.2.4.2 Prélèvement agricole.....	- 10 -
I.3 Qualité de l'eau d'irrigation	- 11 -
I.3.1 Risque des Carbonates & Bicarbonates pour l'eau d'irrigation.....	- 12 -
I.3.1.1 Quelques techniques pour résoudre les problèmes dû aux carbonates et bicarbonates dans l'eau d'irrigation	- 13 -
I.3.2 Risque de Salinité (La teneur en sel dans l'eau d'irrigation)	- 14 -
I.3.2.1 Unité de Mesure de Salinité.....	- 16 -
I.3.2.2 Les procédures de gestion pour irriguer des eaux salines ou sodiques.....	- 16 -
I.3.3 Risque du sodium pour l'eau d'irrigation (Le SAR et l'irrigation)	- 17 -
I.3.3.1 Sodium et Récoltes	- 17 -
I.3.3.2 Définition du SAR	- 18 -
I.3.3.3 Relation entre le SAR et l'indice de salinité.....	- 19 -
I.3.3.4 Les solutions aux problèmes de SAR dans les sols	- 19 -
I.3.4 Le pH :	- 20 -
I.3.5 Normes de qualité physico-chimique des eaux destinées à l'irrigation.....	- 20 -

Sommaire

Chapitre II: Méthodologie

II.1 Situation de la zone d'étude	- 22 -
II.1.1 Situation régionale	- 22 -
II.1.2 Situation locale	- 23 -
II.1.3 Critères de choix de la zone d'étude.....	- 25 -
II.1.4 Etude géologique et hydrogéologique	- 26 -
II.1.4.1 Présentation de géologie régionale :	- 26 -
II.1.4.2 Stratigraphie et lithologie	- 28 -
II.1.4.3 Synthèse hydrogéologique.....	- 33 -
II.1.5 Etude hydro climatique.....	- 34 -
II.1.5.1 précipitation	- 34 -
II.5.2 La température	- 36 -
II.2 Matériels et méthodes.....	- 39 -
II.2.1 Analyse au laboratoire de l'eau d'irrigation	- 39 -
II.2.1.1 Recommandations pour préparation d'échantillons et conservation.....	- 39 -
II.2.2 Echantillonnage	- 42 -
II.2.2.1 les sols.....	- 43 -
II.2.2.2 les eaux d'irrigation.....	- 45 -

Chapitre III Résultats et interprétations

III.1 Les analyse du sol	- 46 -
III.1.1 Evolution de la CE et ESP dans des parcelles mises en culture en irrigue de 1991 à 2017 (moyenne de trois relevés : janv, avril, sept).....	- 46 -
III.1.1.1 Conductivité électrique (salinité)	- 47 -
III .1.1.2 Taux de sodium échangeable (alcalinité)	- 49 -
III.2 Les analyse de l'eau	- 50 -
III.2.1 Evolution des paramètres physico chimiques de la ressource en eau (1994-2017) ...	- 50 -
III.2.1.1 Salinité des eaux.....	- 51 -
III.2.1.2 pH	- 51 -
III.2.1.3 Anions et cations	- 52 -
III.3 Eaux d'irrigation-sol	- 54 -
Conclusion	
Références bibliographiques	
Annexes	

Liste des Figures :

<i>Figure (I-01) : Aspect estival de la steppe à alfa (Aïn Ben Khelil, Naâma)</i>	<i>02</i>
<i>Figure (I-02) : Parcours à armoise blanche mis en culture (Mergueb, M'sila).....</i>	<i>02</i>
<i>Figure (I-03) : Aspect estival de la steppe à alfa (Aïn Ben Khelil, Naâma)</i>	<i>03</i>
<i>Figure (I-04) : Steppe à remth.....</i>	<i>04</i>
<i>Figure (II-01) : Situation de la wilaya de Tiaret.....</i>	<i>22</i>
<i>Figure (II-02): situation de la commune de sidi Abderrahmane</i>	<i>22</i>
<i>Figure (II-03): Localisation des périmètres de la zone d'étude.....</i>	<i>24</i>
<i>Figure (II-04) : carte d'aptitudes des terres infrastructures hydrauliques et nappes</i>	<i>25</i>
<i>Figure (II-05) : Situation du bassin géographique du Chott Chergui</i>	<i>27</i>
<i>Figure (II-06) : Carte géologie du chott chergui et position des sondages.....</i>	<i>32</i>
<i>Figure (II-07) : diagramme de précipitations moyennes annuelles (mm) de la station de Ain Kermes (2007-2016).....</i>	<i>35</i>
<i>Figure (II-08) : Répartition des précipitations moyennes mensuelles (mm) de la station d'Ain Kermes(2007-2016).....</i>	<i>36</i>
<i>Figure (II-09) : diagramme des températures moyennes mensuelles de la station d'Ain Kermes (2007-2016).....</i>	<i>37</i>
<i>Figure (II-10): diagramme des températures moyennes annuelles de la station d'Ain kermes (2007-2016).....</i>	<i>38</i>
<i>Figure (III-1) : évolution de la conductivité électrique des trois horizons (1991-2017).....</i>	<i>47</i>
<i>Figure (III-2) : évolution de l'ESP des trois horizons (1991-2017).....</i>	<i>49</i>
<i>Figure (III-3) : évolution des valeurs de la conductivité électrique des nappes de périmètre étudié (1994-2017)</i>	<i>51</i>
<i>Figure (III-4) : Evolution du pH des nappes de périmètre étudié (1994-2017)</i>	<i>52</i>

Figure (III-5) : évolution des concentrations des anions et des cations des nappes étudiées (1994-2017).....53

Figure (III-06) : Relation eaux – sol dans la zone de Sidi Abderrahmane (évolution de 1994-2017).....54

Liste des Tableaux

<i>Tableau (I-1) Bilan partiel des superficies de terres steppiques dégradées ou en voie de dégradation (en millions d'hectares).....</i>	<i>06</i>
<i>Tableau (I-2) : Terres irriguées dans la région HPO en 2005</i>	<i>10</i>
<i>Tableau (I-03) : Dommages dû à la salinisation.....</i>	<i>15</i>
<i>Tableau (I-4) : tolérance d'eau d'irrigation au SAR en fonction de type de récolte</i>	<i>18</i>
<i>Tableau (I-05) : Barème de qualité pour l'eau d'irrigation (Maynard et Hochmuth, 1997). .</i>	<i>21</i>
<i>Tableau (II-01) : coordonnées des périmètres dits de mise en valeur</i>	<i>24</i>
<i>Tableau (II-02) : valeurs moyennes des précipitations moyennes annuelles de la station d'Ain Kermes (ANRH 2017).....</i>	<i>34</i>
<i>Tableau (II-03): Les précipitations moyennes mensuelles (mm) de la station d'Ainkermes. (ANRH 2017).....</i>	<i>35</i>
<i>Tableau (II-04) : Valeurs moyennes de la température mensuelle de la station d'Ain Kermes 2007-2016 (ANRH 2017)</i>	<i>36</i>
<i>Tableau (II-05) : Valeurs moyennes de la température moyenne annuelle de la station d'Ain Kermes 2007-2016 (ANRH 2017)</i>	<i>37</i>
<i>Tableau (III-1) : Répartition des valeurs de la conductivité électrique des trois horizons (1991- 2017)</i>	<i>46</i>
<i>Tableau (III-2) : Répartition des valeurs de l'ESP des trois horizons (1991-2017)</i>	<i>48</i>
<i>Tableau (III -3) : répartition des valeurs des paramètres physico chimiques des trois nappes (1994-2017).....</i>	<i>50</i>

Liste des abréviations :

CNTS :	Centre National des Techniques spatiales
SAU :	Surface agricole utile
PNDA :	Plan national de Développement agricole
HPO :	Hauts plateaux Ouest
FNDRA :	Fond National du Développement des Ressources Agricoles
RSC :	Carbonate de Sodium Résiduel
TDS :	Quantité Totale de Matière Dissoutes
SAR :	Rapport d'adsorption du sodium
CEPRA :	Coopératives d'élevage de production de la révolution agraire
ANRH :	L'AGENCE Nationale des Ressources Hydrauliques
APFA :	L'accession à la propriété foncière agricole
ESP :	Pourcentage de sodium échangeable
CE :	Conductivité électrique

Introduction

Introduction

A la veille de la dernière décennie du second millénaire, l'humanité était déjà confrontée à une nouvelle conjoncture internationale caractérisée entre autres, par la détérioration continue des écosystèmes dont la promotion de l'Homme est intimement tributaire.

C'était dans ce cadre « particulièrement alarmant » qu'en 1992, le sommet de Rio, dit sommet de la terre fût la première occasion où tous les chefs d'état du monde se réunissent pour débattre de cette nouvelle conjoncture internationale, avec un mot d'ordre principal : « Dépasser le stade du constat », et prendre des mesures curatives et préventives à même de freiner la dérive dans une première étape, et de mettre en œuvre dans une seconde étape, des mécanismes et des moyens capables de redresser une situation que certains avaient jugée de « difficilement récupérable ».

Au-delà de l'ensemble des questions intéressant la quasi-totalité des sujets tant économiques, culturels et sociaux que de dimensions naturelles et environnementales, le sommet a eu le privilège d'introduire pour la première fois à ce niveau de décision, la notion du « Partenariat pour le Développement Durable » comme constante à tout effort de développement à l'échelle planétaire.

Vers la fin des années quatre vingt et début quatre vingt dix (1988 - 1994) des programmes dits mise en valeur ont été lancés dans un cadre ambitieux de développement de la steppe. Ces programmes visaient à développer une agriculture steppique par la création de périmètres irrigués. Il y a eu une action anthropique de mise en culture qui nécessitait la mobilisation de deux ressources naturelles : les sols et les eaux. Cette mise en culture en irrigué a été marquée par une utilisation abusive de différents types d'engrais azotés et phosphatés. Ainsi, des surfaces ont été défrichées et des puits ont été creusés, à travers les parties steppiques des wilayas agro-pastorales. La question qui s'est posée : s'agissait il d'une mise en valeur ou tout simplement d'une mise en culture ? Une mise en valeur suppose une préservation des ressources naturelles et s'assurer de leur durabilité. Donc, ces actions anthropiques dans ces écosystèmes constituaient elles un développement durable de la steppe? Les engrais utilisés, notamment les azotés, ne constituaient ils pas un danger de pollution de l'environnement, tout particulièrement les aquifères ?

Les objectifs visés à travers ce travail s'articulent autour des points suivants

Introduction

- Suivre l'évolution de la qualité des sols et des eaux souterraines ;
- Mettre en exergue l'impact de l'irrigation sur les sols ;
- Evaluer les retombées écologiques et environnementales des ces actions anthropiques ;

L'approche méthodologique utilisée pour répondre aux objectifs généraux qui ont été cités, utilise différentes disciplines : géomorphologie, phyto-écologie, pédologie, hydrogéologie, agronomie, etc.). Ces disciplines se sont complétées et même intégrées. Cependant, il faut signaler que la pédologie prédomine. En effet, la qualité des sols est un élément essentiel pour l'évaluation de la durabilité de la mise en valeur agricole. Un aménagement du sol ne peut être durable que s'il maintient ou améliore la qualité des sols et des.

L'évolution de la couverture pédologique mise en irrigué a été faite par un suivi de l'évolution dans le temps de la salinité, l'alcalinité et la structure des sols irrigués dans des périmètres dits de mise en valeur à travers la partie steppique de la wilaya de Tiaret. En effet, la variation et l'évolution de la qualité des sols et des eaux souterraines, ont été prises comme base pour évaluer la durabilité de cette mise en valeur agricole sous irrigation. Il s'agit, d'un suivi de la dynamique des sols en mode diachronique pluriannuel, de 1994 à 2017 (23 ans) pour essayer de mettre en exergue l'impact écologique de cette mise en valeur agricole qui a mobilisé les ressources naturelles sous un climat aride et une irrigation défectueuse.

Chaque année, des centaines d'échantillons de sols et d'eaux d'irrigation, sont analysés pour suivre l'évolution de :

- La salinité et l'alcalinité des sols ;
- La stabilité structurale ;
- L'infiltration ;
- La nature de la matière organique
- L'hydrochimie (évolution de la salinité et des faciès salins des eaux souterraines) ;

La démarche que nous avons adoptée s'articule autour de trois points :

- la présentation de la zone d'étude: périmètre de sidi Abderrahmane (situé au sud-ouest est de la ville de Tiaret)
- l'échantillonnage.
- ensuite nous exposerons les résultats et les interprétations (partie expérimentale).

Chapitre 1 :

Aperçu

bibliographique

I.1 Généralités sur les steppes

I.1.1 Introduction

En Algérie, le terme de steppe est adopté pour qualifier, du point de vue physiologique, la végétation des milieux arides et sahariens.

Les régions steppiennes algériennes sont situées entre deux chaînes de montagnes : l'Atlas tellien au nord et l'Atlas saharien au sud, s'étendant sur une surface de terres d'environ 20 millions d'hectares (soit 8,4 % de la surface de l'Algérie²), sur une longueur de 1000 kilomètres et une largeur variable, de 300 kilomètres à l'ouest et 150 kilomètres à l'est. L'altitude va de 400 à 1200 mètres.

Cette appellation globale est souvent complétée par le nom de l'espèce dominante, tantôt graminéenne (steppe à *Stipa tenacissima*, steppe à *Lygeum spartum*), tantôt chaméphytique (steppe à *Artemisia herba-alba*), parfois également par une référence aux conditions climatiques et édaphiques locales (steppe aride ou saharienne, steppe psammophile ou halophile).

La végétation steppique est caractérisée par un ensemble de communautés qui doivent leur physiologie, à caractère herbacé et/ou plus ou moins arbustif, à l'abondance soit de graminées cespitueuses (alfa, sparte), soit des Chamaephytes (armoises, remth) croissant en touffes espacées, mais aussi à la fréquence et au mode de distribution, le plus souvent irréguliers, des espèces annuelles.

La steppe algérienne est représentée par 4 principales catégories à déterminisme climatique et édaphique: steppe à alfa, steppe à armoise blanche, steppe à sparte, steppe à remth.

I.1.1.1 Steppe à alfa *Stipa tenacissima*

Cette steppe est fréquente au sein du bioclimat aride avec des précipitations comprises entre 200 et 400 mm par an en moyenne. Sur le plan édaphique, les steppes à alfa sont souvent cantonnées aux substrats squelettiques : collines et glacis à croûte calcaire. Toutefois l'alfa, ne se rencontre jamais sur les sols hydromorphes et/ou franchement salés.

Au printemps la richesse floristique est remarquable :



Figure (I-01) : Aspect estival de la steppe à alfa (Ain Ben Khelil, Naâma)

I.1.1.2 Steppe à armoise blanche *Artemisia herba-alba*

Dominée sur le plan physiognomique par l'armoise blanche ou Chih (*Artemisia herba-alba*), cette steppe présente de nettes variations saisonnières s'exprimant par le changement dans sa composition floristique. Celle-ci présente une phénologie distincte: en période sèche diverses espèces vivaces constituent un maigre pâturage à base de végétaux ligneux comme: *Artemisia herba-alba*.

La steppe à *Artemisia herba-alba* est particulièrement, liée aux cuvettes et dépressions limono-argileuses, de ce fait, en période humide, de nombreuses plantes apparaissent faisant d'elle le pâturage le plus riche des zones arides.

Cet habitat subit actuellement de fortes pressions liées aux labours illicites occasionnant une réduction des espèces pérennes.



Figure (I-02) : Parcours à armoise blanche mis en culture (Mergueb, M'sila)

I.1.1.3 Steppe à sparte *Lygeum spartum*

Les steppes à sparte occupent parfois un stade dynamique intermédiaire entre les steppes à alfa et les steppes chaméphytique à armoise blanche.

Cette formation est dominée par le sparte (Senagh) qui, de par son fort coefficient d'abondance-dominance, détermine la physionomie du paysage.

Déterminée par des facteurs édaphiques, la steppe à sparte occupe divers habitats sur terrasses ou glacis (dépressions alluviales, zones d'épandages ou maadhers). Ne craignant pas les sols salés, gypseux ou hydromorphes, le sparte peut, également, coloniser les bordures de chotts et sebkhas

Ces biotopes se caractérisent par la présence d'un horizon de surface gypso-calcaire avec un sol relativement profond, de plus de 50 cm, à texture limono-argileuse favorable au développement de nombreuses plantes herbacées.



Figure (I-03) : Aspect estival de la steppe à alfa (Ain Ben Khelil, Naâma)

I.1.1.4 Steppe à remth *Arthrophytum scoparium*

La steppe à remth occupe les habitats caractérisés par des croûtes calcaires et les glacis d'érosion plats, pierreux encroûtés en surface. Limitée aux zones comprises entre 100 et 50 mm de précipitations annuelles, en Algérie elle recouvre de vastes superficies.

Le terme de « pseudo-steppe » est également utilisé pour qualifier cette végétation de la bordure saharienne.

Les principales espèces caractéristiques sont représentées par des vivaces (*Anvillearadiata*,) auxquelles s'ajoutent, pendant la période humide, diverses espèces annuelles souvent qualifiées d'éphémérophytes (plantes qui germent, fleurissent et fructifient en moins d'une quinzaine de jours): *Asphodelustenuifolius*, *Asteriscuspygmeus*, La steppe à remth, du fait de sa richesse en plantes herbacées annuelles se développant durant la période humide, constitue un bon parcours de printemps qui persiste pendant plusieurs mois dans l'année.

Elle est également soumise à des pressions anthropiques, notamment dans les périmètres proches des campements et des agglomérations où elle se présente dans un état de dégradation avancé.



Figure (I-04) : Steppe à remth

I.1.2 Problèmes majeurs des steppes algériennes :

La steppe algérienne est l'objet d'une exploitation écologiquement non durable. La désertification y gagne du terrain du fait d'une sécheresse récurrente¹, de la surcharge pastorale et de l'extension d'une agriculture pluviale et parfois irriguée, inadaptée aux conditions du milieu naturel. La dégradation des terres concerne donc à la fois la propriété collective (terres de parcours) et la propriété privée (les terres cultivées). La désertification

affecte la végétation qui diminue voire disparaît et les sols qui s'érodent (Cornet, 2001 ; Robert et Spengel, 1999).

La steppe est caractérisée par une forte contrainte climatique (insuffisance des pluies avec un isohyète variant de 100 à 400 mm, vents violents et parfois chauds, etc.) et édaphique (sols vulnérables, minces et pauvres en matières organiques).

La végétation, qui subit un processus de contraction, est caractérisée par l'importance des espèces vivaces, ligneuses et graminéennes qui couvrent 10 à 80 % du sol et dont le développement est variable, en fonction des pluies (Le Houerou, 1995). L'activité de l'élevage occupe une place assez importante dans la vie économique de l'espace steppique. Le cheptel, essentiellement ovin, qui y vit, représente environ 70 pour cent de l'effectif total du pays, soit 14 millions de têtes sur 20 millions en 2010.

Les pâturages situés en zones steppiques, subissant un processus de dégradation continu, s'amenuisent et nourrissent de moins en moins un effectif croissant d'animaux devenu pléthorique. Ils régressent davantage, car l'agriculture progresse dans la steppe du fait de la croissance démographique qui induit une forte demande de produits agricoles, de la stratégie des agents économiques qui cherchent à diversifier leur revenu et de la politique de l'État qui encourage cette activité depuis les années 1990. L'espace des parcours, déjà surchargé en cheptel, recule et la pression du pâturage s'accroît.

Outre le surpâturage et une agriculture non durable le troisième facteur de l'altération du milieu naturel est l'exploitation inconsidérée et à grande échelle de l'alfa (plante endémique de la steppe dont on fait de la pâte à papier) par des entreprises, de l'ère coloniale jusqu'aux années 1970 (Nedjraoui et Bédrani, 2008).

À la fin du 19^e siècle on évaluait à quatre millions d'hectares la nappe alfatière, en 1989 elle a diminué de moitié selon le Centre National des Techniques spatiales (CNTS). Selon le CNTS, s'appuyant sur l'imagerie satellitaire couvrant 13, 8 millions d'hectares (soit soixante-neuf pour cent de la superficie de la steppe), l'espace complètement désertifié était estimé à 487 000 hectares en 2000. Les zones considérées comme très sensibles à la désertification, avec un couvert végétal inférieur à 20 pour cent, représentaient environ 2,2 millions d'hectares (tableau 1).

Tableau (I-1) Bilan partiel des superficies de terres steppiques dégradées ou en voie de dégradation (en millions d'hectares)

État de la steppe	Superficie (en millions d'hectares)
Superficie désertifiée	0,487
Superficie très sensible à la désertification	2,2
Superficie sensible	5,06
Superficie moyennement sensible	3,67
Superficie peu ou pas sensible	2,38

Sources : Ministère de l'Environnement (2000) et ministère de l'Agriculture (2004)

Les résultats partiels indiquent que plusieurs millions d'hectares de terres sont déjà dégradés ou en voie de dégradation, dégradation essentiellement d'origine anthropique.

I.2.L'irrigation

I.2.1Irrigation agricole

Environ 70 % des ressources mondiales en eau sont utilisés pour l'**irrigation agricole**.

L'irrigation est une opération humaine qui consiste à amener de l'eau supplémentaire à des cultures :

- en cas de manque ou d'insuffisance d'eau d'origine naturelle (pluie ou nappe phréatique) ;
- dans des régions arides ou au climat très sec ;
- pour des cultures qui demandent plus d'eau qu'elles ne peuvent en trouver sur place (maïs, coton...).

I.2.2 Provenance de l'eau d'irrigation

L'irrigation nécessite l'utilisation de beaucoup d'eau dont les sources varient :

Le recyclage de l'eau usagée :

- L'irrigation peut se faire avec de l'eau usagée qui a été traitée pour être utilisée sur des terres agricoles.
- Cette irrigation demande la mise en place de structures adaptées à la collecte et au traitement de l'eau usagée, mais permet de préserver l'eau des sources naturelles.
- Ce système est peu utilisé en Europe, mais davantage dans les régions arides où l'eau est plus rare.

Les sources naturelles comme les rivières, lacs ou les nappes phréatiques. Ces sources d'eau naturelle fournissent la majorité de l'eau d'irrigation dans les pays développés.

I.2.3 Les techniques d'irrigation

I.2.3.1 Irrigation par écoulement de surface

L'irrigation par écoulement de surface, aussi appelée irrigation gravitaire, consiste à distribuer l'eau par le biais de canaux et de rigoles sous l'effet de la gravité :

- Les canaux distribuent l'eau à des canaux secondaires jusqu'aux parcelles.
- Comme tout le dispositif est à ciel ouvert, beaucoup d'eau est perdue par absorption du sol et évaporation.

I.2.3.2 Irrigation par aspersion

Cette irrigation se réalise dans le cadre d'un système d'arrosage intégré, ou enterré :

- L'eau circule dans des canalisations enterrées.
- Elle sort vers des tuyaux mobiles qui la distribuent aux cultures via des systèmes d'aspersion.
- L'irrigation par aspersion imite une pluie fine.

I.2.3.3 Irrigation par micro-aspersion

Le principe est le même que pour l'irrigation par aspersion, mais de façon plus localisée. La micro-aspersion est plus économe en consommation d'eau.

I.2.3.4 Irrigation par micro-irrigation

- La micro-irrigation se fait au goutte-à-goutte.
- L'eau est amenée directement au pied de la plante.
- Le système est très économe en eau puisqu'il ne consomme que ce dont la plante a besoin.
- Le réglage doit être très bien fait, ce qui n'est pas aisé.
- L'eau utilisée doit être filtrée afin de ne pas boucher les goutte-à-goutte.

I.2.4 L'irrigation en Algérie

L'Algérie compte 17 bassins versants. Les ressources en eau proviennent des eaux de surface et des eaux souterraines renouvelables et non renouvelables. Il est à noter que ces ressources sont très variables, notamment celle qui proviennent des nappes tributaires des aléas climatiques (Kadi, 1997).

Globalement, la superficie irriguée actuellement est de l'ordre de 420.000 ha dont 100.000 ha dans les régions sahariennes et ce, sur une superficie agricole utile de 8.666.715 ha soit près de 5 pour cent de la surface agricole utile (SAU) (Mesahel et al., 2003). Les 320.000 ha irrigués dans le nord du pays (soit 4 pour cent de la SAU) se répartissent en deux ensembles nettement différenciés à la fois par la taille des aménagements et par le mode de gestion, il s'agit des grands périmètres irrigués (GPI).

I.2.4.1 Les cultures irriguées

L'agriculture dans la steppe est fort ancienne, sa croissance a pris essentiellement une forme extensive avec une progression accélérée de la demande induite par une forte augmentation de la population (multipliée par quatre entre 1962 et 2010). L'extension et la diversification des cultures (cultures maraîchères et arboriculture) ont bouleversé le paysage. Les nouvelles superficies cultivées sont souvent soustraites au pastoralisme, ce qui accroît la charge en cheptel sur les pâturages, et sont livrées à une pratique agricole non durable.

En 1998 la mise en œuvre par les pouvoirs publics d'un Plan national de Développement agricole (PNDA) a porté entre autres sur la mise en valeur des terres par

concession incluant les zones steppiques sans prendre de précautions nécessaires. Environ 150 000 hectares destinés à la culture ont été attribués par l'État aux agro-pasteurs.

Les précipitations étant faibles et irrégulières, le recours à l'irrigation est nécessaire pour les produits maraîchers et l'arboriculture.

Quand les ressources en eau souterraine le permettent, le pasteur creuse un puits et se transforme en cultivateur en irrigué. Inexpérimenté il apprend sur le tas et souvent il loue ses terres destinées aux cultures à des agriculteurs venus du nord. Ces cultivateurs utilisent les surfaces de terres louées pour des cultures maraîchères irriguées grâce aux creusements de puits qu'ils réalisent. L'exploitation est de type minier, il s'agit de produire sans autre souci que la maximisation du profit.

Quand l'eau se fait rare et quand les rendements diminuent, compromettant la rentabilité de l'exploitation, le locataire quitte la parcelle de terre utilisée et se met à la recherche d'un nouvel espace à louer devenant ainsi un agriculteur itinérant et destructeur.

Les techniques traditionnelles d'irrigation, par ruissellement ou submersion, côtoient les techniques modernes, par aspersion ou au goutte à goutte. Ce dernier mode d'irrigation est encore marginal bien qu'il présente l'avantage de l'économie d'eau notamment.

L'irrigation avec drainage est peu courante et non maîtrisée y compris dans les régions du nord à vocation agricole (Institut National des Sols, de l'Irrigation et du Drainage, 2008).

Les agro-pasteurs méconnaissent les dangers de l'irrigation, le signal tardif qui attire leur attention est la baisse des rendements.

La propriété privée des terres ne protège pas des comportements imprudents qui détériorent la qualité naturelle du sol. Ce sont ces comportements que nous allons examiner à l'aune de la théorie économique.

Tableau (I-2) : Terres irriguées dans la région HPO en 2005

Wilaya	Données des DPAT en ha	Données statistiques MADR en ha
Saïda	11 500	7 436
Naâma	6 329	4 067
El Bayadh	3 039	9 355
Tiaret	20 924	20 924
Tissemsilt	10 690	6 608
TOTAL	52 482	48 390

Source : Annuaire statistiques de wilaya 2005

I.2.4.2 Prélèvement agricole

Le réseau hydrographique étant très peu développé au sein du bassin de Chott Chergui, les eaux souterraines sont les principales ressources exploitées pour l'agriculture irriguée.

L'évaluation des prélèvements en eau pour l'agriculture irriguée peut être calculée selon différentes méthodes :

- Estimation du volume prélevé à partir de la superficie des terrains irrigués et des

Besoins en eau par type de culture.

- Estimation à partir du recensement des forages agricoles et de la connaissance des

Fréquences de prélèvement à chaque point d'eau.

1.2.4.2.1 Type de cultures et surface utilisées

D'après les informations recueillies sur le terrain, les principales cultures irriguées sur le bassin sont l'arboriculture et le maraichage. Les céréales et les cultures fourragères qui représentent une superficie importante n'ont pas besoin, en général, d'être irriguées.

Les données les plus récentes sont extraites des tableaux transmis par la direction du service agricole des différentes wilayas visitées en juillet 2007.

Hormis la wilaya de Tiaret, on observe une nette augmentation des superficies irriguées sur l'ensemble du bassin. Cette hausse peut s'expliquer par la mise en place du programme FNDRA qui a permis de financer la réalisation de nombreux forages agricoles.

1.2.4.2 Besoins et méthodes d'irrigation

Les données ont été collectées lors de la mission de juillet 2007 auprès de la direction des services agricoles de la wilaya.

Le principal système d'irrigation utilisé est le système goutte à goutte.

En 1992, quelques forages sont recensés pour l'usage agricole dans le secteur d'Aïn Skhouna. A cette époque, les prélèvements les plus importants sont destinés à l'alimentation du périmètre irrigué de Daïet Zriguet. C'est le plus grand périmètre irrigué du bassin du Chott Chergui avec une superficie équipée de 2850 ha.

Ce périmètre a été fonctionnel entre 1980 et 1996, date à laquelle il a été décidé de l'abandonner en raison essentiellement des coûts énergétiques élevés. Environ 6.5 Mm³ d'eau étaient prélevés chaque année pour irriguer l'ensemble du périmètre (CACG/ONID, avril 2007).

En 1999, l'inventaire de l'ANRH a recensé quelques forages agricoles captant la formation aaléno-bathonienne. Les prélèvements agricoles dans l'aquifère aaléno-bathonien se limitent à cette époque à 1,6 Mm³/an.

Ce n'est qu'à partir de 2000 que le nombre de forage agricole augmente fortement suite à la mise en place du programme de Fond National du Développement des Ressources Agricoles (FNDRA).

Les données recueillies lors de la mission de juillet 2007 ont permis de recenser plus de 1600 forages sur l'ensemble du bassin du Chott Chergui. La majorité des forages agricoles, qui captent l'Aaléno-bathonien, se situent dans les wilayas de Saïda, Sidi Bel Abbés et Tiaret.

Au sud du bassin du Chott Chergui, les forages agricoles captent des niveaux aquifères moins profonds, notamment au sein de la formation du Tertiaire continental.

I.3 Qualité de l'eau d'irrigation

La qualité de l'eau utilisée pour l'irrigation est un paramètre essentiel pour le rendement des cultures, le maintien de la productivité du sol et la protection de l'environnement.

Ainsi, les propriétés physiques et chimiques du sol, telles que sa structure (stabilité des agrégats) et sa perméabilité, sont très sensibles au type d'ions potentiellement échangeables présents dans les eaux d'irrigation.

La qualité de l'eau d'irrigation peut être mieux déterminée par une analyse chimique en laboratoire. Les facteurs les plus importants pour déterminer la qualité requise de l'eau dans l'agriculture sont les suivants:

- pH
- Risque de salinité
- Risque de Sodium (Degré d'Adsorption du Sodium ou SAR)
- Carbonate et bicarbonates en relation avec les teneurs en Ca & Mg
- Autres traces d'éléments
- Anions toxiques
- Aliments
- Chlore libre

Parmi les paramètres relatifs à l'évaluation de la qualité des eaux d'irrigation cités précédemment, nous nous sommes limités à :

- Carbonates et bicarbonates
- Risque de salinité
- Risque de sodium
- pH.

I.3.1 Risque des Carbonates et Bicarbonates pour l'eau d'irrigation

Une forte teneur en carbonate (CO_3^{2-}) et en bicarbonate (HCO_3^-) augmente la valeur du S.A.R (environ $>3\text{-}4\text{mEq/L}$ ou $>180\text{-}240\text{mg/L}$ milliéquivalents/ litre). regardons pourquoi:

Les ions carbonate et bicarbonate combinés au calcium ou au magnésium précipiteront sous forme de carbonate de calcium (CaCO₃) ou carbonate de magnésium (MgCO₃) dans des conditions de sécheresse.

Lorsque la concentration de Ca et de Mg décroît, en comparaison la teneur sodium et l'indice (SAR) deviennent plus importants. Ceci causera un effet d'alcalisation et augmentera le pH. Par conséquent, lorsqu'une analyse d'eau indique un pH élevé, ce peut être un signe d'une teneur élevée en ions carbonate et bicarbonate.

Carbonate de Sodium Résiduel (RSC)

Le RSC se calcule grâce à l'équation suivante:

- $RSC = (CO_3^{--} + HCO_3^-) - (Ca^{2++} + Mg^{+2})$
- C'est un autre moyen de calculer la teneur en sodium grâce au Mg et au Ca.
- Cette valeur peu apparaître dans certains rapport d'analyse d'eau.
- Si le RSC < 1.25, l'eau peut être utilisée pour l'irrigation

Si le RSC > 1.25 l'eau n'est pas appropriée à l'irrigation

Risques des Bicarbonates (HCO ₃) pour l'eau d'irrigation (meq/L)			
	Nul	Léger à Modéré	Sévère
(meq/L)	<1.5	1.5-7.5	>7.5
RSC	<1.25	1.25 to 2.5	>2.5

I.3.1.1 Quelques techniques pour résoudre les problèmes dû aux carbonates et bicarbonates dans l'eau d'irrigation

Injection d'acide sulfurique pour de dissocier les ions bicarbonate (pH d'environ 6.2) tout en provoquant un dégagement de dioxyde de carbone. Il permet au calcium et au magnésium de rester en solution en relation avec la teneur en sodium.

- Ajouter du gypse lorsque les sols ont peu de calcium libre puis faire une lixiviation.

- Ajouter du sulfure aux sols contenant une teneur élevée en chaux puis faire une lixiviation.

I.3.2 Risques de Salinité (La teneur en sel dans l'eau d'irrigation)

L'excès de teneur en sel est l'un des soucis principaux avec l'eau utilisée pour l'irrigation. Une concentration élevée en sel dans l'eau ou dans les sols affectera négativement le rendement des récoltes, provoquera une dégradation des sols et une pollution des eaux souterraines.

L'utilisation d'une eau salée pour l'irrigation dépendra de plusieurs facteurs:

- La tolérance en sel de la récolte
- Les caractéristiques du sol sous l'irrigation
- Les conditions climatiques. La qualité de l'eau d'irrigation joue un rôle essentiel dans les secteurs arides affectés par des taux d'évaporation élevés entraînant une accumulation importante de sel dans les sols.
- Les procédures de gestion des sols et de l'eau.

En général, l'eau réutilisée pour l'irrigation doit avoir un degré faible ou moyen de salinité. (i.e. conductivité électrique de 0.6 à 1.7 dS/m). (Voir tableau ci-dessous).

Une grande attention doit être prise pour les zones côtières où l'infiltration d'eau de mer pose un risque important de salinité de l'eau d'irrigation qui est alors pompée depuis des puits. Par exemple en Espagne, la surexploitation des ressources souterraines pour l'agriculture a provoqué une baisse des niveaux d'eau et, par conséquent a provoqué l'intrusion d'eau de mer dans le littoral.

Risque	TDS (ppm or mg/L)	dS/m or mmhos/cm
Nul	<500	<0.75
Legers	500-1000	0.75-1.5
Modéré	1000-2000	1.5-3.00
Sévère	>2000	>3.0

Une eau avec un taux modéré de salinité peut être utilisée si une filtration modérée est effectuée.

Une eau contenant un haut degré de salinité ($EC_i > 1.5$) et une grande quantité de sodium ($SAR > 6$) ne devrait pas être utilisée pour l'irrigation. Néanmoins, dans certains endroits en manque d'eau, l'eau très saline peut être utilisée en tant que supplément pour d'autres sources. Un bon contrôle et une bonne gestion deviennent alors essentiels.

Si l'eau avec un très haut degré de salinité est utilisé (circonstance extrême de manque d'eau) le sol doit être perméable, le drainage doit être suffisant, l'eau doit être en excès pour fournir une meilleure lixiviation et les récoltes doivent être bien choisies (relativement résistante à la salinité). On estime qu'environ 21% de la totalité des terres irriguées sont endommagées par le sel.

Tableau (I-03) : Dommages dû à la salinisation

Pays	Terres irriguées endommagées par le Sel (million Ha)	Total des terres irriguées endommagées par le Sel (percent)
Inde	7.0	17
Chine	6.7	15
Pakistan	4.2	26
USA	4.2	23
Ouzbékistan	2.4	60
Iran	1.7	30
Turkménistan	1.0	80
Egypte	0.9	33
Estimation dans le monde	47.7	21

Source : *F.Ghassemi, A.J.Jakeman, and H.A. Nix, salinisation of Land and Water Resources (Sydney : University of New South Wales Press, 1995)*

Si un fermier applique annuellement 10000 tonnes d'eau d'irrigation par hectare de récolte, entre 2 et 5 tonnes de sels seront ajoutés à cette terre chaque année. A moins que ces sels soient rincés, d'énormes quantités peuvent s'accumuler durant des années ou des décennies

I.3.2.1 Unité de Mesure de Salinité

La concentration en sel est donnée par le TDS (Quantité Totale de Matière Dissoutes) exprimé en mg de sel par litre d'eau (mg/L) ou en gramme de sel par mètre cube d'eau (g/m³) (i.e. mg/L = g/m³ = ppm).

La concentration en sel peut aussi être mesurée grâce à la conductivité électrique de l'eau d'irrigation (EC_i).

La conductivité électrique est exprimée en millimhos par centimètre (mmhos/cm) ou deciSiemens par mètre (dS/m) ou microSiemens par centimètre (i.e. 1dS/m = 1000µS/cm).

La relation entre la concentration en sel (C) et la conductivité électrique (EC) est approximativement: $C = 640 EC$.

Une autre technique pour estimer la concentration en sel se fait en mesurant la conductivité électrique de l'eau extraite d'un échantillon de sol saturé (EC_e).

La relation approximative entre la conductivité électrique de l'eau d'irrigation (EC_i) et la salinité du sol est $EC_e = 1.5 EC_i$, si environ 15% de l'eau appliquée est drainée à la racine des récoltes.

I.3.2.2 Les procédures de gestion pour irriguer des eaux salines ou sodiques

- Les considérations suivantes devraient s'appliquer:
- Un drainage interne adéquat. Cette mesure est prévue pour éviter la libre circulation de l'eau au niveau des racines.
- Les conditions appropriées de lixiviation, selon les niveaux de tolérance des récoltes spécifiques, devraient s'appliquer pour éviter l'accumulation du sel. Par exemple si un drainage naturel n'est pas adéquat, une canalisation doit être installée.
- Une disponibilité plus élevée de l'eau dans le sol. Une grande quantité de sel empêchera un bon approvisionnement en eau pour les récoltes.
- Gestion et contrôle approprié de la salinité et de l'indice SAR. Ex: ajouter le calcium soluble tel que le gypse (sulfate de calcium) pour diminuer le SAR à une valeur sûre. Le moniteur du sel et du sodium avec le test sol salin-alcalin se fait tout les 1 ou 2 ans.

I.3.3 Risque du sodium pour l'eau d'irrigation (Le SAR et l'irrigation)

Une grande quantité d'ions sodium dans l'eau affecte la perméabilité des sols et pose des problèmes d'infiltration. Ceci est dû au fait que le sodium présent dans le sol en forme échangeable remplace les calcium et les magnésium adsorbés sur les argiles de sol et cause la dispersion des particules dans le sol (c.-à-d. si le calcium et le magnésium sont les cations prédominants adsorbés sur le complexe d'échange du sol, le sol tend à être facilement cultivé et a une structure perméable et granulaire).

Cette dispersion a comme conséquence l'altération des agrégats des sols. Le sol devient alors dur et compact (lorsqu'il est sec) réduisant ainsi les vitesses d'infiltration de l'eau et d'air, affectant ainsi sa structure.

Ce problème est également relié avec plusieurs facteurs tels que le taux de salinité et le type de sol. Par exemple les sols sableux ne subiront pas de dommage si facilement en comparaison aux plus lourds quand ils sont irrigués avec de l'eau à haut SAR.

I.3.3.1 Sodium et Récoltes

Les hautes teneurs en sodium deviennent un problème lorsque la vitesse d'infiltration est réduite à un tel taux que la récolte n'a pas assez d'eau disponible ou lorsque la conductivité hydraulique du profil de sol est trop basse pour fournir un drainage adéquat. D'autres problèmes, pour les récoltes, provoqués par un excès de Na, sont la formation de lit de croûte de graines, une saturation temporaire à la surface du sol, un pH élevé et une possibilité accru de présence de maladies, des herbes, d'érosion des sols, de manque d'oxygène et de disponibilité nutritive insatisfaisante.

L'eau recyclée peut être une source d'excès en Na dans le sol par rapport à d'autres cations (Ca, K, magnésium) et donc elle devrait être convenablement contrôlée.

Tableau (I-4) : tolérance d'eau d'irrigation au SAR en fonction de type de récolte

<i>Tolérance</i>	<i>SAR de l'eau d'irrigation</i>	<i>Récolte</i>
Très sensible	2-8	Fruits, noix, citron, avocat
Sensible	8-18	Haricot
Résistance modérée	18-46	Trèfle, avoine, riz

Résistant	46-102	Blé, orge, tomates, betteraves
-----------	--------	--------------------------------

Source: directives australiennes de qualité de l'eau pour les eaux fraîches et marines

I.3.3.2 Définition du SAR

L'index utilisé est le rapport d'adsorption du sodium (SAR) qui exprime l'activité relative des ions de sodium dans les réactions d'échange dans les sols. Cet indice mesure la concentration relative du sodium par rapport au calcium et au magnésium.

Le SAR est défini par l'équation suivante :

$$SAR = [CNa] / [\sqrt{(CCa + CMg)/2}]$$

(C): concentration en ion en mol/m³

Na: Sodium

Ca: Calcium

Mg: Magnesium

Si les unités sont en meq/L, la somme de C_{Ca} + de C_{Mg} doit être divisée par deux avant de prendre la racine carrée.

Le risque du SAR dans l'eau d'irrigation		
	SAR	Notes
Nul	< 3.0	Pas de restriction sur l'utilisation d'eau
Léger à modéré	3.0 - 9.0	Entre 3 et 6, une attention particulière doit être portée sur les récoltes sensibles. Entre 6 et 8 du gypse doit être utilisé. Récoltes non sensibles. Des échantillons de sol doivent être prélevés et examinés tout les 1 ou 2 jours pour déterminer si il y a une augmentation des teneurs en Sodium.
Elevé	> 9.0	Domage sévère.

La valeur du SAR_{adj} (SAR ajusté) peut être calculée pour l'eau contenant de forte teneur en carbonate et bicarbonate. Par exemple, quand l'eau d'irrigation contient de la chaux

libre (sol calcaire). De forte teneur en carbonate et bicarbonate dans l'eau peut causer la précipitation des calciums et des magnésiums et augmenter la concentration relative en sodium (augmentant l'indice SAR).

La quantité de sodium peut être aussi indiquée par le Carbonate Sodium Résiduel (RSC).

I.3.3.3 Relation entre le SAR et l'indice de salinité

À un SAR donné, le taux d'infiltration augmente avec certaines conditions comme, notamment, la salinité. Donc le SAR et le ECi devraient être utilisés en combinaison pour évaluer des problèmes potentiels.

SAR/Risque de salinité pour l'eau d'irrigation					
SAR de:	0-3	3-6	6-12	12-20	20-40
et EC (dS/m) de:					
Nul	>0.7	>1.2	>1.9	>2.9	>5.0
Léger	0.7	1.2	1.9	2.9	5.0
Modéré	0.2	0.3	0.5	1.3	2.9
Sévère	<0.2	<0.3	<0.5	<1.3	<2.9

Comme on peut le voir dans le tableau, pour une eau très faiblement salée, une eau avec, pourtant, un SAR faible doit être évité. Mais, une eau très salée (EC1.50-3.00) avec un SAR au-dessus de 4, doit être soigneusement gérés. Il est recommandé que, une fois par an, les sols doivent être soumis à des tests afin de détecter d'éventuel problème dû au sodium.

Plus la salinité sera élevée, plus l'indice SAR pourra poser des problèmes d'infiltration. Mais, plus la salinité sera basse, plus les problèmes d'infiltration seront indépendant de la valeur du SAR.

Les averses de pluie peuvent réduire la salinité des sols et, par conséquent, augmenter l'indice SAR et affecter la pénétration d'eau dans ces sols.

I.3.3.4 Les solutions aux problèmes de SAR dans les sols

Les solutions suivantes s'appliquent pour des problèmes de SAR dans les sols:

- Changer les sources d'irrigation

- Mélanger l'eau d'irrigation avec une eau à faible teneur en sodium
- Augmenter l'aération
- Ajouter des injections de sulfure, de gypse, ou d'acide sulfurique

I.3.4 Le pH :

C'est la mesure de la concentration en ions hydrogène de la solution (H). Il est Représenté par une expression logarithmique, c'est donc dire que la concentration en (11^{\pm}) , à pH 6,0 est 10 fois plus grande que celle à pH 7,0 et 100fois plus grande que celle à pH 8,0. Plus la concentration en ion hydrogène est élevée, plus le pH est bas et plus c'est acide.

Le pH influence la forme et la disponibilité des éléments nutritifs dans l'eau d'irrigation. Le pH de l'eau d'irrigation devrait se situer entre 5,5 et 6,5. À ces valeurs, la solubilité de la plupart des micro-éléments est optimale. Afin de baisser le pH, il est possible d'injecter de l'acide.

L'acide phosphorique et l'acide nitrique peuvent être utilisés mais l'acide sulfurique reste l'acide le plus populaire (l'acide sulfurique à 35% est de l'acide à batterie).

I.3.5 Normes de qualité physico-chimique des eaux destinées à l'irrigation

L'agriculture représente le plus gros consommateur des ressources en eau. Ces ressources, suivant les régions dont elles proviennent, et leur contact éventuel avec des sources de pollution ont des caractéristiques très diversifiées. Une eau est conforme à l'irrigation est une eau dont les caractéristiques respectent les valeurs limites imposées par des textes de lois et inscrites dans des tableaux de normes.

Les normes varient selon les pays, mais dans la majorité des pays on fait référence, à quelques exceptions près, aux cinq critères de qualité sus cités. Ces normes ont pour objectif de protéger le public et les ouvriers agricoles, les consommateurs des produits agricoles, les ressources en eau superficielle, souterraine, les sols et le matériel d'irrigation et de maintenir des rendements acceptables.

Tableau (I-05) : Barème de qualité pour l'eau d'irrigation (Maynard et Hochmuth, 1997).

Types de problèmes	Sévérité du problème		
	Aucune	Légère	Elevée
Salinité - Conductivité (mS/cm) -Matières dissoutes Totales	<0.75 < 700	0.75-3.0 700-2000	> 3 >2000
SAR (Sodium absorption Ratio)	< 3	3-9	> 9
Alcalinité ou dureté	80-120		>200
pH (risque de	<7	7-8	>8
Fe mg/1 (risque de colmatage)	<0.2	0.2-1.5	>1.5
Mn mg/1 (risque de colmatage)	<0.1	0.1-1.5	>1.5

Chapitre 2 :

Méthodologie

II.1 Situation de la zone d'étude

II.1.1 Situation régionale

Située à l'Ouest du pays, la région de Tiaret se présente comme une zone de contact, entre le Nord et le Sud, faisant partie des hautes plaines. Le territoire de la Wilaya est constitué de zones montagneuses au Nord, de hautes plaines au centre et d'espaces steppiques arides au Sud.

La Wilaya (le département) est structurée administrativement, en quatorze Dairas (sous-préfectures), représentant quarante-deux communes. Elle s'étend sur un espace délimité entre 0°.34 à 2°.5 de Longitude Est et 34° 05' à 35 °30' de Latitude Nord .D'une forme allongée à orientation Nord –Sud, elle couvre une partie de l'atlas Tellien au Nord, et les hauts plateaux au centre et au sud.

Elle est délimitée au Nord par les wilayas de Mostaganem, de Relizane, de Chlef et de Tissemsilt, à l'Ouest par les wilayas de Mascara et de Saida, à l'Est par la wilaya de Djelfa, au sud et au sud –Est par les wilayas de Laghouat et El Bayadh (figure n° 1)

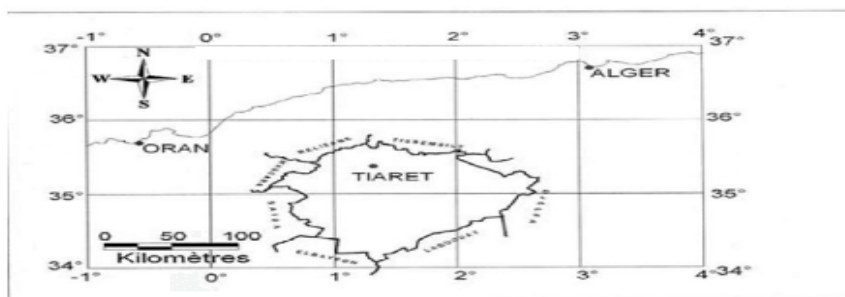


Figure (II-01) : Situation de la wilaya de Tiaret

Le territoire de la wilaya, occupe une superficie totale de 20 087,93 Km². A vocation essentiellement agricole, avec 969 375 ha constituant la superficie agricole totale.

Elle englobe deux grandes parties bien distinctes; la partie agricole du Nord où la céréaliculture se trouve associée à l'élevage et la partie steppique au sud où l'élevage extensif et transhumant a été pratiqué. C'est dans cette partie steppique qu'il y a eu création de périmètres irrigués dits de mise en valeur.

II.1.2 Situation locale

La zone d'étude se situe dans la Daria d'Ain Kermès, commune de Sidi Abderrahmane qui est limitée au Nord par la commune d'Ain Kermès, au Nord-Ouest par la commune de Madna, au Nord-est par la commune de Médrioussa, à l'Ouest par la wilaya de Saida, au Sud par la wilaya d'El Bayadh et à l'Est par la commune de Chehaima (figure n°2).

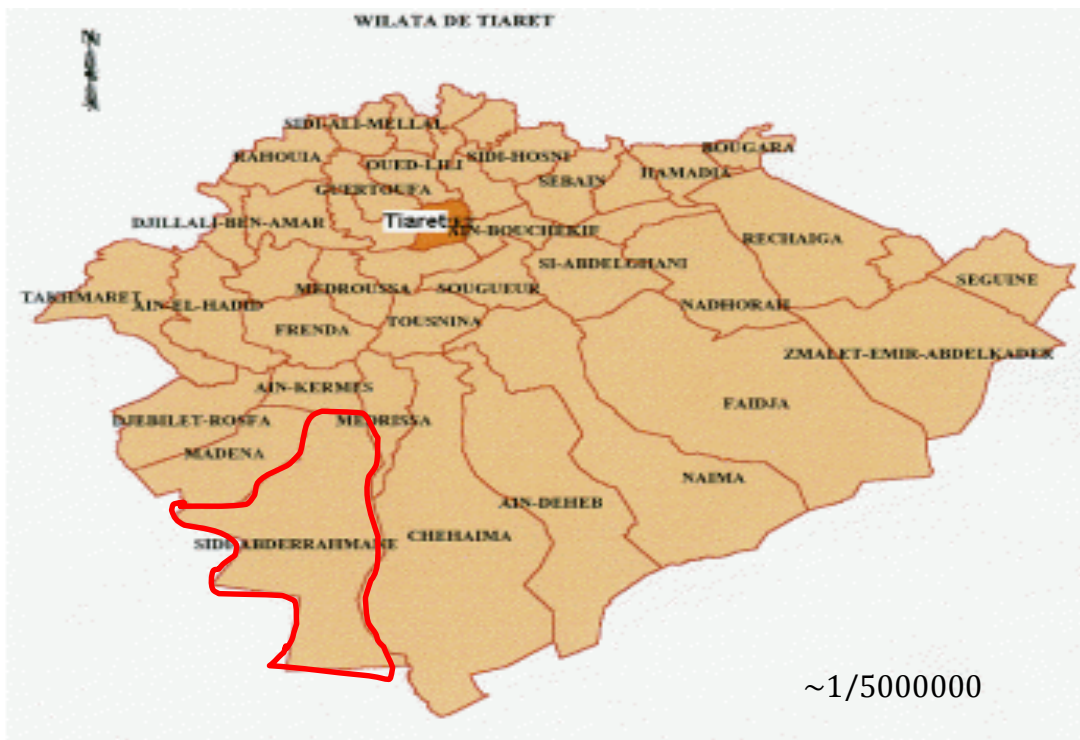


Figure (II-02): situation de la commune de sidi Abderrahmane

Les périmètres dits de mise en valeur, objets de la présente étude, se situent à une vingtaine de kilomètres au Sud du chef lieu de la commune au lieu dit.Guetaifa au Nord-est du Chott Chergui. Ils sont desservis par la route nationale n° 111 reliant Tiaret à El

Bayadh(figures n°3) et ont été créés en 1990 dans le cadre de l'application de la loi 83 - 18 du 13. 08 .1983 relative l'accession à la propriété foncière agricole au niveau des zones pastorales. Des coordonnées de ces périmètres sont présentées dans le tableau suivant:

Tableau (II-01) : coordonnées des périmètres dits de mise en valeur

UTM		Degré Décimaux		Degrés Minutes Secondes		POINTS
latitudes	longitudes	latitudes	longitudes	latitudes	longitudes	
3834119	336352	34,6359142	1,214605283	34°38'9.29"N	1°12'52.58"E	pt1
3834085	334886	34,63537225	1,198624853	34°38'7.34"N	1°11'55.05"E	pt2
3832870	336629	34,62470045	1,217866887	34°37'56.33"N	1°12'29.61"E	pt3
3833730	335760	34,63231308	1,208224789	34°37'28.92"N	1°13'4.32"E	pt4



Figure (II-03): Localisation des périmètres de la zone d'étude

II.1.3 Critères de choix de la zone d'étude

- la zone d'étude étant l'une des premières zones de la partie steppique de la Wilaya de Tiaret où il y a eu application de la loi 83 - 18 du 13. 08 . 1983 relative l'accèsion à la propriété foncière agricole au niveau des zones pastorales par la création de périmètres irrigués par une l'implantation d'exploitations agricoles de petites tailles (05 hectares) juxtaposées les unes à de cette loi;
- les périmètres irrigués ont été aménagés sur des couvertures pédologiques formées de sols représentatifs des sols mis en culture en milieu steppique et qui permettent au mieux de mettre en exergue l'évolution de ces sols suite à leur mise en culture en irrigué;
- l'intensité des actions de mise en valeur comme partout dans les zones steppiques remonte au début des années 70, par la création de coopératives d'élevage de production de la révolution agraire (C.E.P.R.A) où des milliers d'hectares consacrés, jadis, au pâturage ont été mis en labour pour une céréaliculture à rendement aléatoires;
- l'accès à la zone d'étude par la route nationale n°111 reliant Tiaret à El Bayadh ; le Chott Chergui constitue la limite naturelle à l'Ouest de la zone d'étude et peut constituer une source de salinisation des eaux souterraines suite à leur mobilisation pour les irrigations par intrusions.

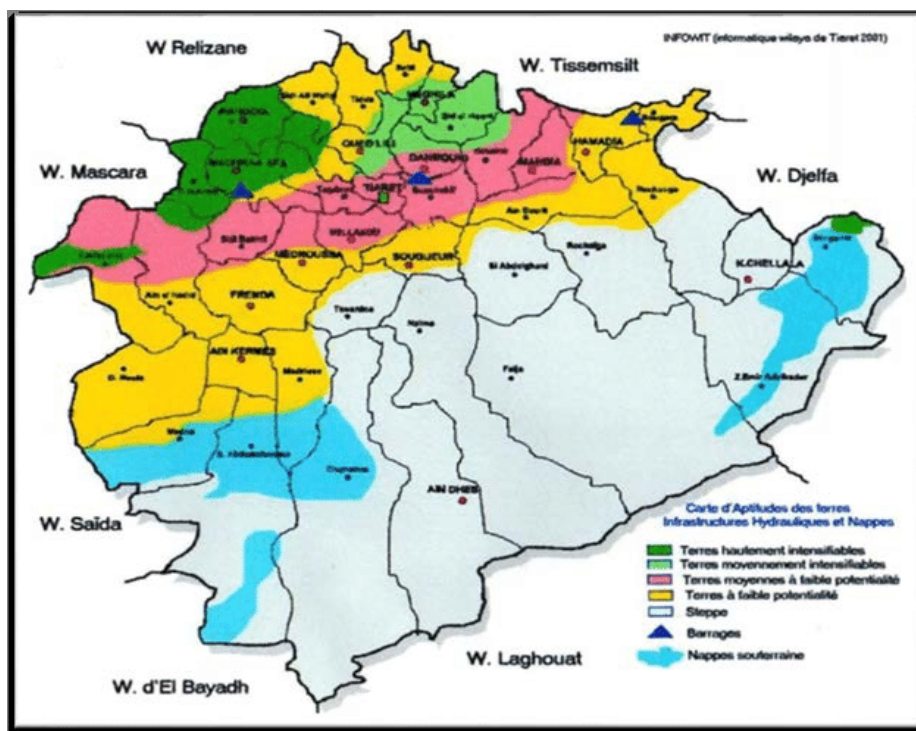


Figure (II-04) : carte d'aptitudes des terres infrastructures hydrauliques et nappes

II.1.4 Etude géologique et hydrogéologique

II.1.4.1 Présentation de la géologie régionale :

SOGREAH a été mandatée par l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques afin de réaliser le programme d'étude et de modélisation mathématique de cinq aquifères.

Nous nous sommes inspirés principalement de l'étude relative à l'aquifère de **Chott Chergui** pour présenter la géologie de la zone d'étude (sidi Abderrahmane ; partie Nord-Est du Chott Chergui)

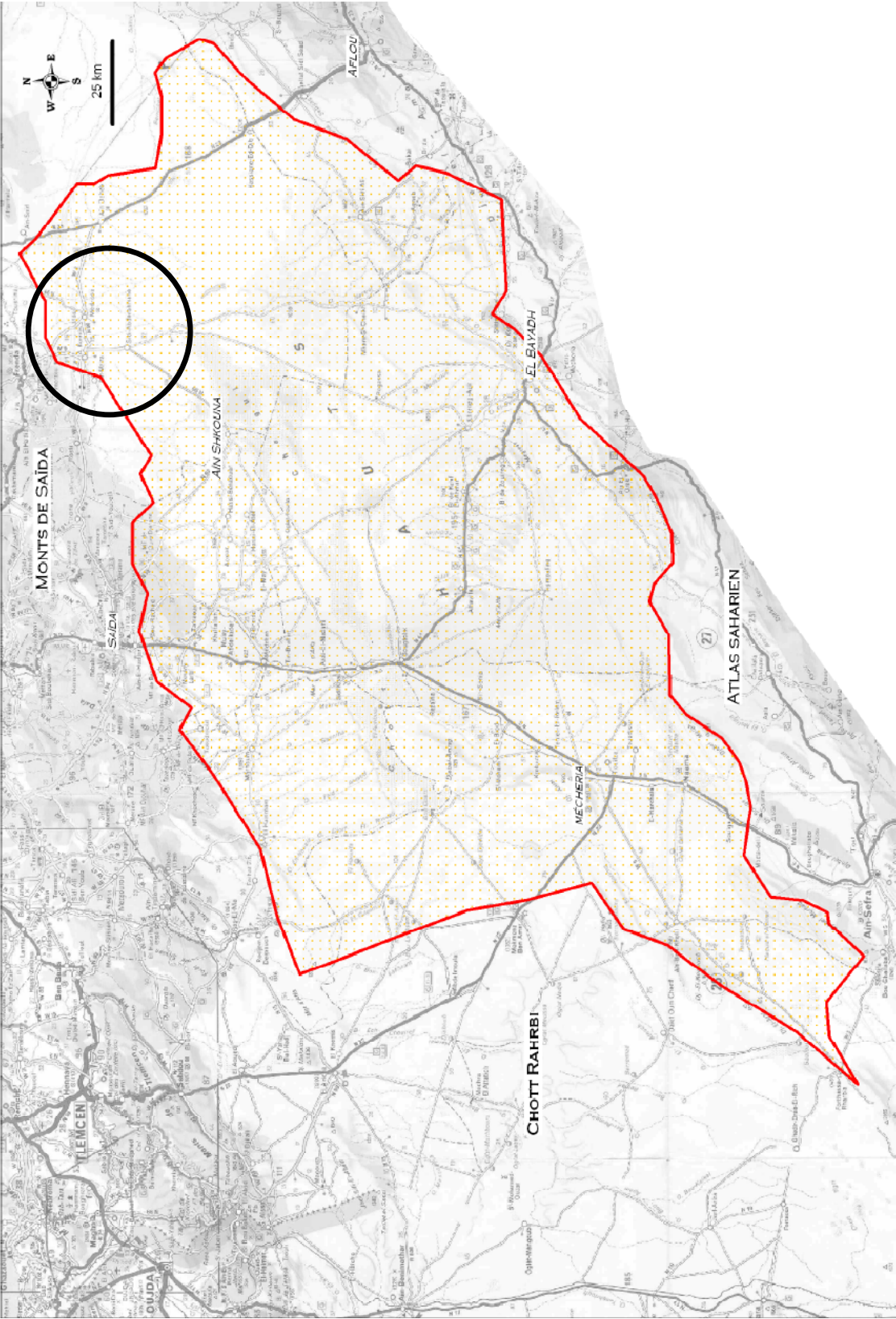


Figure (II-05) : Situation du bassin géographique du Chott Chergui

II.1.4.2 Stratigraphie et lithologie

La géologie du Chott Chergui a été étudiée de façon approfondie par André CLAIR (Etude hydrogéologique du Chott Chergui, 1956). Les paragraphes suivants de la stratigraphie de sidi Abderrahmane s'appuient particulièrement sur cette étude.

Le socle hercynien

Le socle granitique hercynien a été atteint à la cote 187, soit une profondeur de 810 m.

Il est surmonté en ce point par la série saline (cf. ci-dessous) coupée d'un niveau de basalte à sa base.

Période triasique : série saline triasique

Au sud, plusieurs sondages ont recoupé une série saline alternant avec des argiles gréseuses bigarrées, à la base de laquelle s'intercale un niveau de basalte.

Cette série d'origine continentale et lagunaire, est à rattacher au Lias et au Trias.

Cette série est formée de près de 250 m de chlorure de sodium, souvent cristallisé, intercalé d'argiles rouges briques sableuses ; elle est recoupée par 25 m de basalte, et est surmontée de 50 m de gypse et d'anhydrite massifs ou en filonnets dans des argiles gréseuses grises.

Au nord, cette formation saline disparaît, faisant place à des argiles rouges briques à gypse.

Période jurassique**Lias et infralias**

Le Lias marin est représenté par 130 m de dolomies bréchiques surmontées par plus de 110 m d'argile grise ou violette à intercalations dolomitiques.

Aaleno-bathonien

L'Aaléno-bathonien a été recoupé par de nombreux sondages. Il est constitué de :

120 à 150 m de dolomies de base,

150 à 200 m d'alternances où l'on rencontre des niveaux gypseux et des niveaux argileux d'une épaisseur de l'ordre de 20 m.

Callovien – oxfordien

le Callovo-oxfordien débute par des grès roux qui reposent sur une surface souvent rubéfiées de dolomies ou de calcaires du sommet de l'Aaléno-bathonien. Il est constitué par 250 m d'argiles verdâtres schisteuses à intercalations de grès.

Au sud , le Callovo-oxfordien redevient essentiellement argileux et gris vert tandis que son épaisseur croît notablement : plus de 700 m d'argile souvent schisteuses à rare niveaux gréseux du Callovo-oxfordien.

Lusitanien

Le Lusitanien, formé par des argiles et des grès en petits bancs, est essentiellement argileux dans l'axe du chott où il atteint plusieurs centaines de mètre d'épaisseur.

Cette série semble devenir progressivement plus gréseuse vers le sud ,

100 m de grès tendres à délits argileux, très aquifères.

Kimmeridgien

Le Kimméridgien a été retrouvé sous forme d'argiles rouges à violettes à passées dolomitiques.

Portlandien et couches de passage au crétacé

A l'est du bassin du chott, le Portlandien, constitué de calcaires blancs à passages marneux (250 m)

Dans la partie nord du bassin du Chott, le Crétacé inférieur et moyen n'est pas représenté et le Crétacé supérieur est transgressif sur les différents termes du Jurassique.

Période crétacé**Crétacé inférieur et moyen continental (barremo-albien)**

Le Barrémo-albien n'est pas connu dans la partie nord du bassin du chott tandis qu'au sud représenté par des grès continentaux roux, parfois argileux, à niveaux plus grossiers (grès à dragées) ; Ces grès qui affleurent encore largement au sud des Menidjel et au dôme d'Alfaviile, se termine en biseau en bordure sud du chott.

Cenomanien et turonien

Le Cénomaniien et le Turonien ne sont pas connus dans la partie nord du bassin du chott, tandis qu'au sud dans l'Atlas saharien, ils sont représentés par des argiles et des marnes vertes ou rouges gypseuses surmontées par un niveau calcaréo dolomitique blanc.

Le niveau calcaréo dolomitique est attribué au Turonien, son épaisseur est relativement constante.

senonien

Le Sénonien qui affleure sous forme de lambeaux au nord-est, est constitué par des calcaires blancs parfois oolithiques ou crayeux. A la base, ces calcaires deviennent brèchiques à délits argileux et peuvent montrer des intercalations de poudingues.

Les calcaires Sénonien sont transgressifs et discordants sur le Jurassique moyen (Aaléno bathonien, Callovo-oxfordien ou Lusitanien) et deviennent plus argileux au nord-est d'Aïn Kermes.

Ces calcaires forment une lentille très altérée à sa partie supérieure, puissante d'une centaine de mètres en contact direct avec les dolomies de l'Aaléno-bathonien.

Ere cénozoïque : tertiaire continental

La dépression du chott est comblée par le remplissage tertiaire continental formé par des argiles briques souvent sableuses et gypseuses, où s'intercalent plusieurs niveaux de calcaires lacustres souvent siliceux et des niveaux de graviers et de galets plus ou moins lenticulaires.

Au-dessus de ce remplissage ancien tectonisé, le remplissage « mio-pliocène » est plus argileux, souvent moins gypseux à niveaux lacustres plus rares, peu ou pas déformés.

A son extrême base, le remplissage tertiaire continental remaniant le substratum jurassique ou crétacé, montre un niveau grossier d'autant plus important que le substrat est formé de calcaires ou de dolomies. Ce niveau grossier de base formé d'éléments peu roulés plus ou moins colmatés par des argiles, atteint une épaisseur de 30 à 40 m au-dessus des calcaires sénoniens dans la région nord (sidi Abderrahmane), mais se réduit à un petit niveau graveleux au-dessus de la série argileuse du Callovo-oxfordien.

Postérieurement à la formation de la carapace calcaire, se sont constituées en bordure du chott ou des grandes dépressions, plusieurs terrasses quaternaires dont la plus ancienne située 45 à 55 m au-dessus du chott, est encroûtée en surface et largement présente.

Des alluvions limoneuses ou finement sableuses recouvrent souvent en faible épaisseur la carapace calcaire, et sont bien développées le long des vallées et dans les daïas (grandes dépressions) parsemant la carapace calcaire.

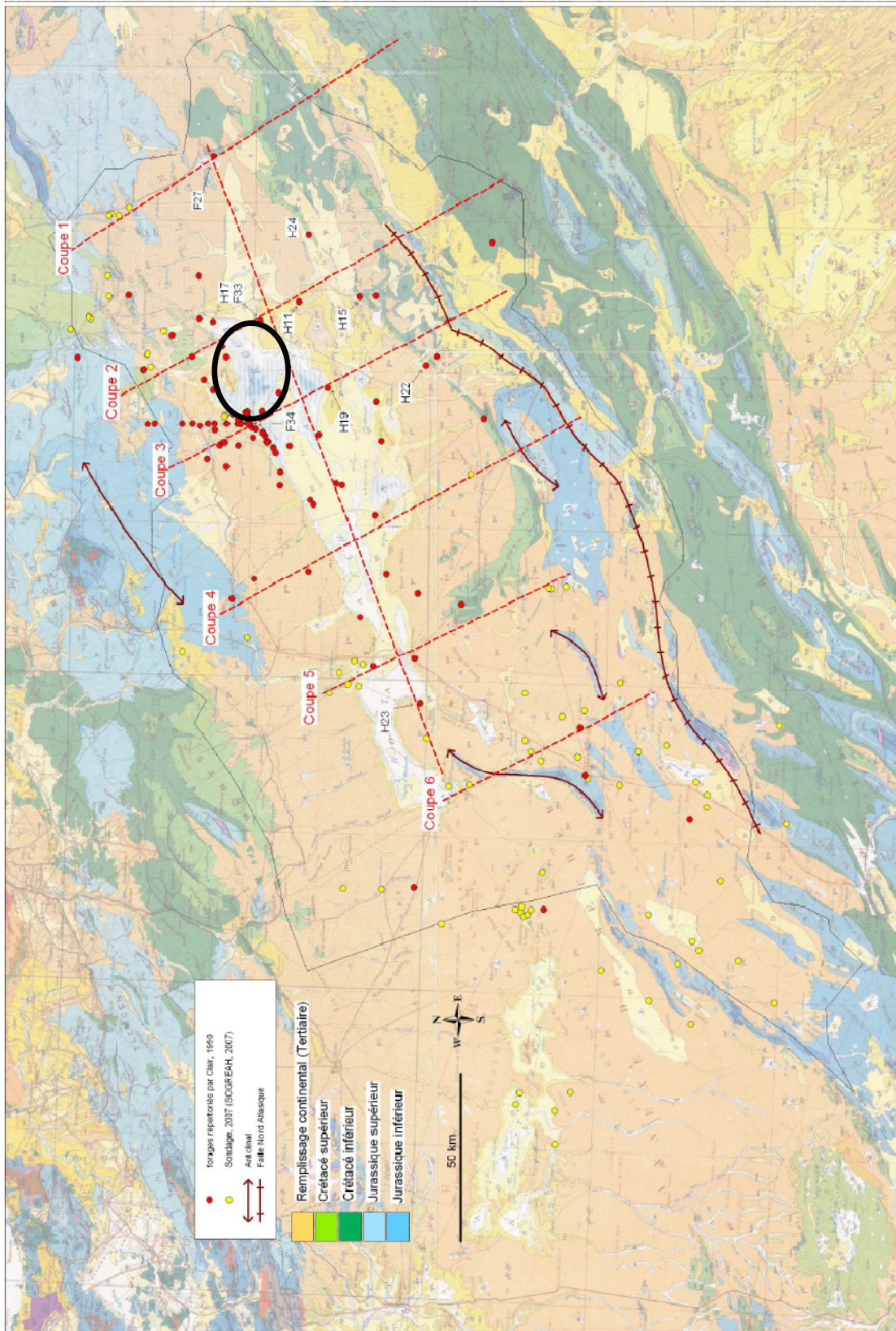


Figure (II-06) : Carte géologique du chott chergui et position des sondages

II.1.4.3 Synthèse hydrogéologique**II.1.4.3.1 Horizons aquifères**

D'après les connaissances géologiques, on peut distinguer 3 principales formations Aquifères au sein du bassin du Chott Chergui :

1. L'aquifère Aaléno-bathonien,
2. L'aquifère Barrémo-albien,
3. L'aquifère tertiaire.

II.1.4.3.2 Dolomies d'aalenobathonien (périmètres de la zone d'étude)

La formation dolomitique de l'Aaléno-bathonien représente l'aquifère le plus important du bassin du Chott Chergui.

Cet aquifère, d'une centaine de mètre d'épaisseur, repose sur les formations imperméables du Toarcien. Ses limites hydrogéologiques sont facilement identifiables au nord et au sud du bassin mais plus difficile à définir sur les bordures ouest où la formation aaléno bathonienne n'affleure pas.

Les dolomies sont recouvertes soit par les formations argilo-gréseuses du Jurassique supérieur ou en contact direct avec la formation argileuse du Tertiaire continental.

Localement, les calcaires sénoniens, existant sous forme de lentilles au nord-est du bassin(sidi Abderrahmane) ,sont transgressifs sur l'Aaléno-bathonien. Cette formation fortement perméable représente un drain naturel de la nappe du Jurassique moyen. La source d'Aïn Skhouna représente un exutoire naturel de cet aquifère.

La perméabilité de cet aquifère est variable : importante au nord avec le faciès dolomitique et moins perméables au sud, le long de l'Atlas saharien, où le faciès devient essentiellement schisto-gréseux.

L'aquifère de l'Aaléno-Bathonien est alimenté à partir des affleurements :

- De la bordure sud des monts de Saïda (1 000 km² environ),
- Des monts de Méchéria (260 à 350 km²),
- Des affleurements sénoniens (300 à 400 km²).

Les principales sorties de l'aquifère sont :

- Les prélèvements anthropiques,
- Les sources,
- Le déversement d’une partie des eaux souterraines vers le Nord dans le secteur des Guenatis.

II.1.5 Etude hydro climatique

Sidi Abderrahmane bénéficie d'un climat de steppe (semi aride) . Il y a peu de précipitations, quelque soit la période de l'année, à Sidi Abderrahmane. Cet emplacement est classé comme BSk par Köppen et Geiger. La température moyenne annuelle est de 14.4 °C à Sidi Abderrahmane. Sur l'année, la précipitation moyenne est de 354 mm.

Les données climatiques retenues pour caractériser le climat sont celles d’une station météorologique située à proximité de la zone d’étude, la station retenue est celle de Ain kermes avec une période d’observation de dix ans.

II.1.5.1 précipitations

D’après le rapport de l’A.N.R.H (2016) la zone reçoit une pluviométrie moyenne annuelle de 413,19 mm (valeur enregistrée dans la station d’Ain kermes pendant la période (2007-2016).

Tableau (II-02) : valeurs moyennes des précipitations moyennes annuelles de la station d’Ain Kermes(ANRH 2017)

les années	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
pluviométrie (mm)	356,88	428,64	572,28	366,6	434,4	382,68	457,92	401,28	362,88	368,4

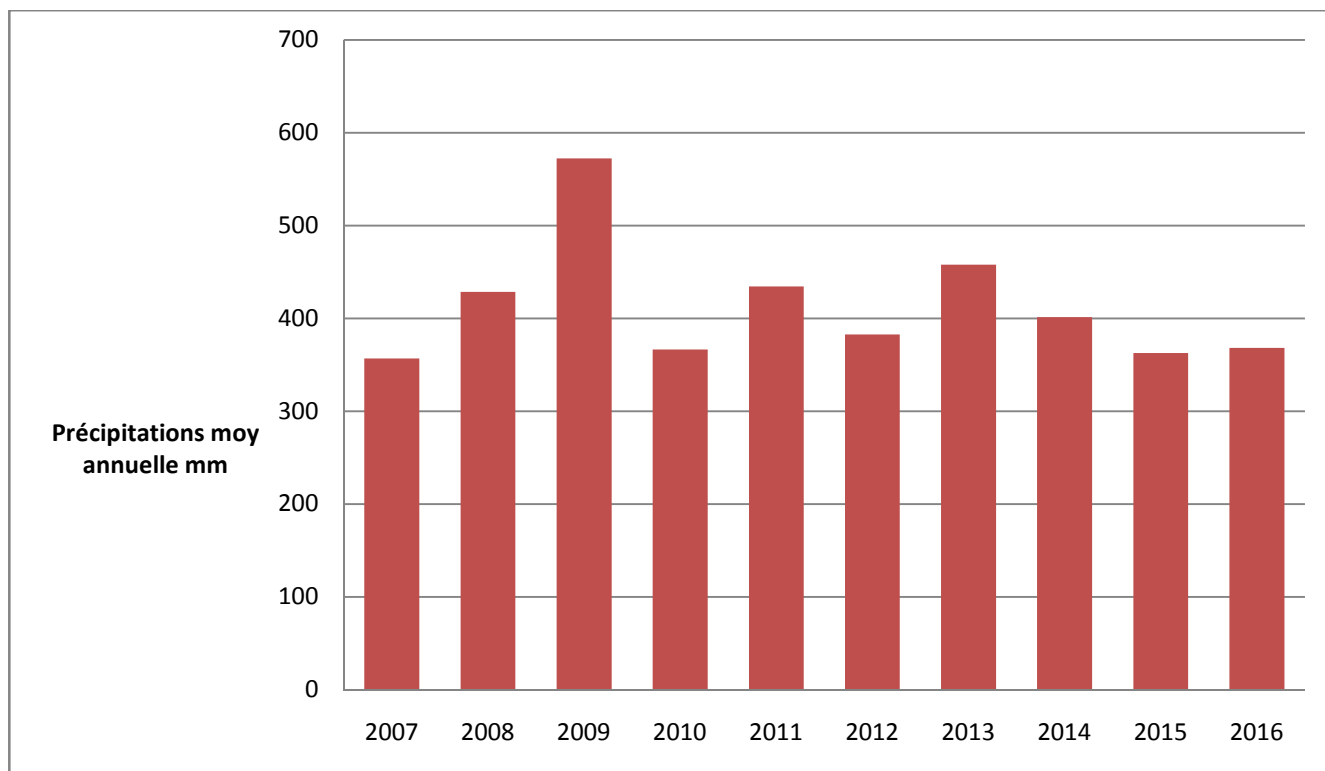
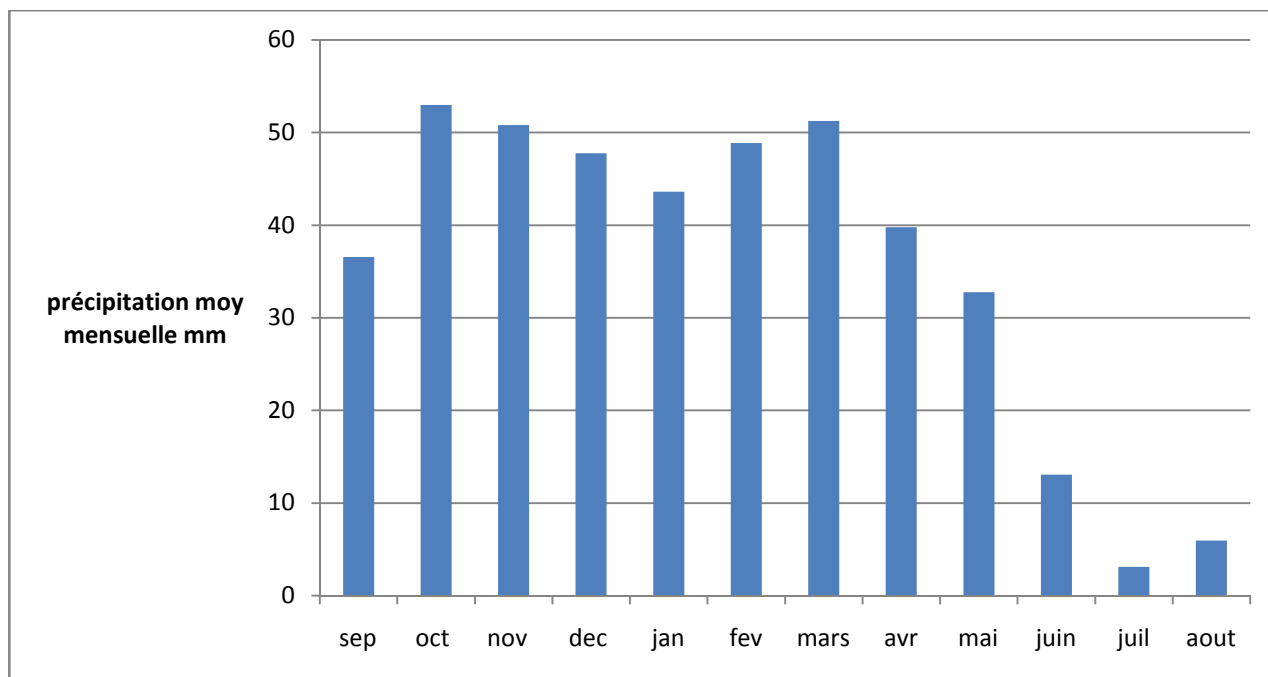


Figure (II-07): diagramme des précipitations moyennes annuelles (mm) de la station de Ain Kermes(2007-2016)

D’après le diagramme des précipitations moyennes annuelles on remarque que : les années 2007 et 2015 sont les plus sèches avec des valeurs égales à 356,88 et 362,88 mm respectivement, et l’année 2009 est la plus pluvieuse avec une précipitation égale à 572,28mm alors que la précipitation moyenne interannuelle est de l’ordre de 413,19mm.

Tableau (II-03): Les précipitations moyennes mensuelles (mm) de la station d’Ainkermes. (ANRH 2017)

Mois	sep	oct	nov	dec	jan	fev	mars	avr	mai	juin	juil	aout	moy (annuelle)
p moy (mm)	36,56	52,97	50,8	47,77	43,63	48,87	51,26	39,77	32,75	13,06	3,1	5,95	35,54
Psaisonnière (mm)	140,33			140,27			123,78			22,11			35,54
saison	automne			hiver			printemps			été			/



Figure(II-08) : Répartition des précipitations moyennes mensuelles (mm) de la station d’Ain Kermes (2007-2016)

L’histogramme montre que le mois de juillet est le plus sec avec une précipitation moyenne mensuelle égale à 3,1 mm, et octobre est le mois le plus pluvieux avec une précipitation moyenne mensuelle égale à 52,97 mm.

On observe que l’hiver et l’automne sont les saisons les plus pluvieuses de l’année avec une précipitation saisonnière respectivement de 140,27 et 140,33mm, le printemps est moins pluvieux avec une précipitation saisonnière de 123,78mm et l’été est la saison sèche avec une précipitation saisonnière de l’ordre de 22,1mm.

II.5.2 La température

Dans ce tableau ci-après, on indique les valeurs moyennes mensuelles des températures, observées dans la station de référence (2007-2016) .

Tableau (II-04) : Valeurs moyennes des températures mensuelles de la station d’Ain Kermes 2007-2016 (ANRH 2017)

les mois	sep	oct	nov	dec	jan	fev	mars	avr	mai	juin	juil	aout	moy (ann)
T moy (°C)	22,32	17,58	10,23	8,02	6,51	7,39	9,4	13,57	17,98	22,97	27,58	27,85	15,98

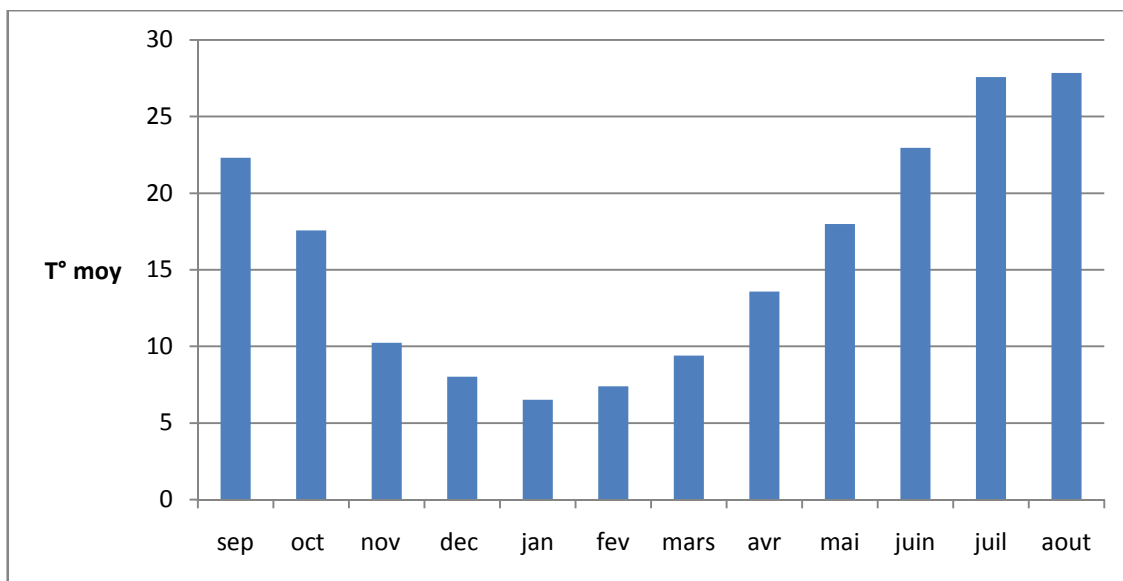


Figure (II-09) : diagramme des températures moyennes mensuelles de la station d’Ain Kermes (2007-2016)

Les valeurs mensuelles de la température de l’air varient avec une certaine régularité pendant l’année, avec un maximum en aout et un minimum en janvier. La température moyenne de l’air des mois les plus chauds varie entre 27,58°C et 27 ,85°C (en juillet et aout respectivement). La température moyenne de l’air du mois le plus froid est celle de janvier avec une valeur de 6,51°C.

La température moyenne au court de l’année varie de 15,71 °C. le tableau ci-après montre les valeurs moyennes de la température moyenne annuelle à la station de référence (2007-2016)

Tableau(II-05) : Valeurs moyennes des températures moyennes annuelles de la station d’Ain Kermes 2007-2016 (ANRH 2017)

les années	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
T moy (°C)	15,12	15,26	14,18	16,57	16,23	15,37	14,98	15,71	16,74	17

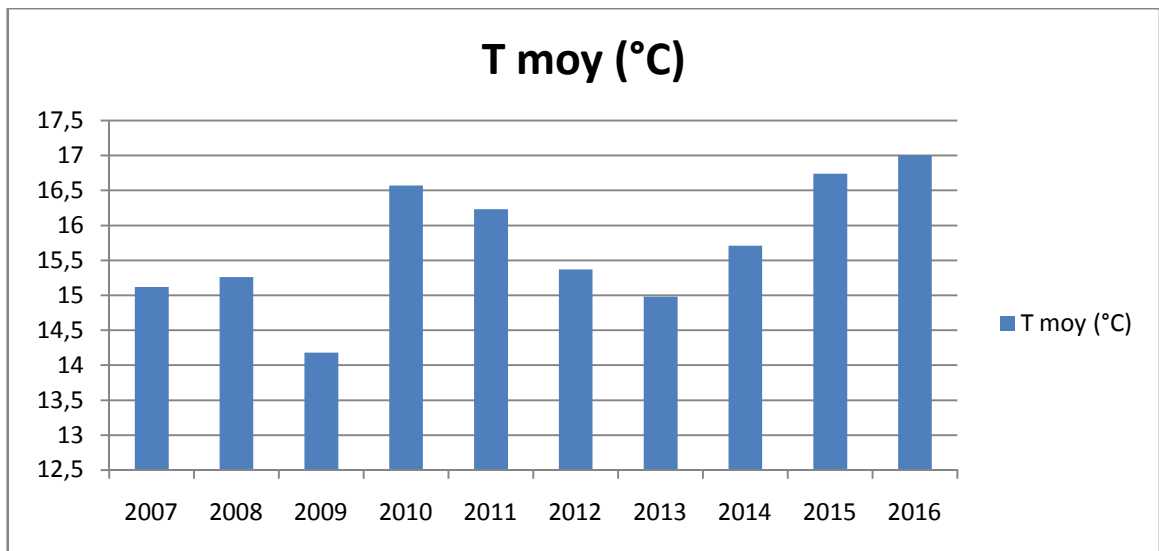


Figure (II-10): diagramme des températures moyennes annuelles de la station d'Ain kermes (2007-2016)

D'après le diagramme des températures moyennes annuelles on remarque que : l'année 2009 est la plus froide avec une valeur de température moyenne de 14,18°C et l'année 2016 est la plus chaude avec une valeur de température moyenne de 17°C alors que la température moyenne au cours des années est de l'ordre de 15,71°C.

II.2 Matériels et méthodes**II.2.1 Analyse au laboratoire de l'eau d'irrigation**

Échantillonnage et surveillance de l'eau d'irrigation

Avant de fournir l'eau dans le but d'effectuer une irrigation, une analyse de la qualité de cette eau, une interprétation des résultats, une recherche des solutions (c.-à-d. la bonne procédure de gestion, utilisation des solutions de traitement à l'eau et une surveillance devraient être exécutées.

Par exemple, une eau de faible qualité avec une forte concentration de sel peut exiger un système de traitement d'osmose inverse. Alors qu'une eau avec seulement des problèmes mineurs de qualité peut nécessiter que de simples traitements.

Le procédé pour prendre des échantillons affectera la précision et la fiabilité des données de qualité de l'eau et déterminera son interprétation. Il est important de surveiller la qualité sur une base fréquente pour éviter des problèmes potentiels.

Quelques considérations générales à prendre en compte lors de test en laboratoire sur l'eau d'irrigation sont énumérées ci-dessous :

- Habituellement 1L d'échantillon est suffisant
- La date, l'endroit, le temps et d'autres données pertinentes doivent être notés sur les échantillons.
- Prenez les échantillons de manière saisonniers pour des données représentatives dues à la variation de la qualité de l'eau (conditions climatiques)
- Prenez les échantillons avant et après l'installation de traitement pour l'eau recyclée et prenez d'autres échantillons à des endroits bien choisis comme, par exemple, après le réservoir de stockage, etc.

II.2.1.1 Recommandations pour préparation d'échantillons et conservation

La table suivante compile les recommandations pour la préparation d'échantillons et leur conservation :

Paramètre	Type de bouteille ¹	Addition chimique	Conservation	Commentaires
Anions et cations (Chlorure, sulfate, etc.), toutes les formes d'azotes et de phosphores, aussi bien que les principaux paramètres physicochimiques (PH, SS, conductivité, etc.)	1 L, plastique, avec ou sans air	pas d'ajout	Obscurité, 4°C	La température et l'oxygène dissout doivent être mesurés sur le site
DCO	100 ml, plastique, pas d'air	Acide sulfurique	Obscurité, 4°C	Pas d'addition sont nécessaire si les échantillons sont analysés avant 48 h
DBO	500 ml, plastique, pas d'air	pas d'ajout	Obscurité, 4°C	
Oligo-éléments	250mL, plastique, avec ou sans air	Acide nitrique	Obscurité, 4°C	Une bouteille spéciale et des additifs sont nécessaires pour l'analyse du mercure (Hg)
Eléments organiques et pesticides	1L, bouteille de verre noire, pas d'air	pas d'ajout	Obscurité, 4°C	

La table suivante compile les recommandations pour la préparation d'échantillons et leur conservation :

<i>Paramètres Contrôlés</i>	<i>Sols</i>	<i>Eau souterraine</i>	
		<i>Aquifères peu profonds</i>	<i>Aquifères profonds</i>
Coliformes	-	Biannuel	Annuel
Turbidité	-	-	-
Chlorure résiduel	-	-	-
Volume	-	-	-
Niveau d'eau	-	Biannuel	-
pH	Annuel	Biannuel	Annuel
Solides Suspendus	-	-	-
Total des solides dissouts	-	Biannuel	Annuel
Conductivité (ECi)	Biannuel (ECe)	Biannuel	Annuel
DBO	-	-	-
Nitrites	-	Biannuel	Annuel
Nitrates	Annuel (échangeable NO ₃)	Biannuel	Annuel
Azote Total	Biannuel	Biannuel	Annuel
Phosphore Total	Biannuel (extractable P)	Biannuel	Annuel
Phosphates (soluble)	Biannuel	Biannuel	Annuel
Principaux solubles (Na, Ca, Mg, K, Cl, SO ₄ , HCO ₃ , CO ₃)	Biannuel	Biannuel	Biannuel
Cations (Na, Ca, Mg, K, Al)	Annuel	-	-
Ammoniac	-	Biannuel	Annuel
Oligo-éléments	-	-	-

II.2.2 Echantillonnage

La création de périmètres irrigués au niveau de la zone d'étude a été lancée de 1990 à 1992 dans le cadre de la mise en valeur agricole en irrigué par l'accession à la propriété foncière agricole (A.P.F.A) où une opération de distribution de terres donné naissance à niveau de ce périmètre avait eu lieu l'implantation d'exploitations agricoles de petites tailles (02 à 05 hectares) juxtaposées les unes à cote des autres et des puits ont été creusés, plus de 250 puits recensés sur une superficies de 500 hectares en 1992 à raison d'une moyenne d'un puits pour deux hectares.

Peu d'agriculteurs s'assurent de la qualité de l'eau qu'ils utilisent pour irriguer leurs cultures. Pourtant, si elle est de mauvaise qualité, l'eau contribue à dégrader les supports pédologiques. Quelques analyses de base, tels que la conductivité électrique et le Sodium Adsorption Ratio (SAR), permettent d'identifier ce problème.

Toutes les eaux souterraines destinées à l'irrigation ont été analysées deux à trois semaines avant le début de le campagne au mois d'Avril. Une campagne s'étale sur un période de six de la mi-avril à la fin de septembre, soit une campagne par an.

La qualité de l'eau d'irrigation est un facteur à ne pas négliger. Il a fallu, donc, connaitre la qualité de l'eau d'irrigation au début pour évaluer son impact sur le sol irrigué à la fin. Ainsi, les sols irrigués sont échantillonnés à la fin de la campagne. Nous qualifierons dans ce travail les puits et les forages par le terme points d'eau étant donné que nous nous intéressons à la qualité de l'eau et son impact sur le sol, cet à dire l'évolution de la qualité des sols irrigués par une eau de qualité donnée. Il y a lieu de rappeler les conditions dans lesquelles se sont déroulées les irrigations.

En 1992, des centaines de puits ont été creusés à une profondeur ne dépassant guère 20 m pour irriguer des parcelles de deux à trois hectares juxtaposées les unes à coté autres dans un périmètre de plus de 2.000 hectares. Ces puits se sont tous taris à la fin de la campagne de 1999.

Certains exploitants ont abandonné leurs parcelles, d'autres ont creusés en 2000, des puits plus profonds de 40 à 50 m de profondeur qui se sont taris à leur tour à la fin de la campagne 2004 où la plupart des exploitants ont abandonné leurs parcelles. Le peu d'exploitants qui ont continué à cultiver leurs parcelles, ont aménagé des forages de 80 à 100

m de profondeur. Nous distinguons trois sortes de sources d'eau d'irrigation en trois périodes sur vingt deux ans de 1992 à 2017 :

- la première de 1992 à 1999, puits de 15 à 20 m de profondeur;
- la deuxième de 2000 à 2004, puits de 40 à 50 m de profondeur;
- la troisième de 2005 à 2017, forages de 80 à 100 m de profondeur.

La couverture pédologique de ce périmètre dit de mise en valeur agricole est constituée de deux types de sols: siérozems à nodules et amas calcaires et siérozems à encroûtement calcaire appartenant à la classe des sols iso humiques, marrons, à pédoclimats frais pendant les saisons pluvieuses (CPCS,1967).

Ils se sont formés sur des alluvions calcaires dans des zones relativement basses et en bas de glacis de raccordement. Ces sols sont entourés par d'autres types de sols, calcimagnésiques, bruns xériques à accumulation calcaire croûte ou encroûtement à l'Est et au Nord et des sols halomorphes salés à structure non dégradée hydromorphes à l'Est en allant vers le Chott Chergui.

La méthodologie comporte à la réalisation des stations d'échantillonnage des soles et des eaux pendant la période de 1994 à 2017, ce prélèvement est basé sur un maillage bien élaboré à l'aide d'une carte topographique de la région d'étude.

II.2.2.1 les sols

Au niveau de chaque parcelle dont le choix dépend de la disponibilité d'un point d'irrigation, cinq (05) échantillons de sol, ont été prélevés selon les deux diagonales dont un prélèvement au niveau de leur intersection. Les prélèvements sont faits à la tarière sur trois profondeurs: 00 - 30 cm, 30 - 60 cm et 60- 90 cm qui correspondent aux trois horizons pédologiques. Les échantillons de chaque horizon sont soigneusement mélangés et ainsi, trois échantillons moyens sont obtenus.

Il est impératif de ne pas mélanger les échantillons de sol de deux horizons différents. Les échantillons composites sont portés aux laboratoires. Il y a lieu de signaler que la répartition des parcelles irriguées à travers le périmètre dit de mise en valeur, a été faite par les services concernés. Au début, en 1992, trente parcelles ont été retenues, mais en 1999 certaines parcelles ont été abandonnées par leurs exploitants suite au tarissement de la première nappe (15 à 20 m de profondeur).

En 2004, d'autres ont été délaissées pour la même raison (tarissement de la deuxième nappe, 40 à 50 m). De 2005 à 2017, il n'en restait que huit parcelles qui étaient irriguées à partir de forages aménagés par les exploitants dans une troisième nappe plus profonde: 80 à 100 m.

Les parcelles échantillonnées ont été choisies selon le type de solsiersozem à nodules ou à encroûtement calcaire:

- de 1994 à 2001 (24 parcelles de 2 hectares chacune, 12 sierzozems à amas et nodules calcaires, 12 sierzozems à encroûtement);
- de 2002 à 2006 (14 parcelles, 7 sierzozems à amas et nodules calcaires, 7 sierzozems à encroûtement), 11 parcelles ont été abandonnées en 2006 par leurs exploitants suite au tarissement de l'aquifère (la deuxième nappe);
- de 2007 à 2017 (8 parcelles, 4 sierzozems à amas et nodules calcaires, 4 sierzozems à encroûtement).
- des parcelles témoins de chaque type, de sol, ont été échantillonnées tous les 2 ans.
- Le nombre d'échantillons de sol prélevés et analysés de 1994 à 2017, est de 1203 (1173 provenant des parcelles irriguées et 30 des parcelles témoins). Les résultats analytiques ayant servi à l'interprétation correspondent à une moyenne des parcelles de chaque type de sols retenus, en l'occurrence siierzozems à amas et nodule calcaires et siierzozems à encroûtement calcaire.

A titre indicatif, pour la période allant de 1994 à 2001, trente parcelles ont été échantillonnées (quinze de chaque type de sol), soit 45 échantillons analysés par type de sol (15 parcelles x 3 horizons). Une valeur moyenne est retenue par campagne pour caractériser le paramètre considéré. Par exemple, pour la conductivité électrique pour l'horizon de surface, on a quinze valeurs pour chaque sol et la moyenne est obtenue par la somme de ces valeurs divisée par quinze.

Les analyses pédologiques ont concerné la conductivité électrique, la capacité d'échange cationique, le pH, les bases échangeables (Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ et Na^+), la conductivité hydraulique (K), l'indice d'instabilité structurale (Is), la matière organique et son fractionnement chimique (carbone total, humine, acides fulviques et humiques). Trois répétitions ont été faites pour chaque analyse.

II.2.2.2 les eaux d'irrigation

Les points d'eau: puits et forages, destinés à l'irrigation des parcelles ont été analysés au début de chaque campagne, sauf pour les années 1994, 2006 et 2007 où les échantillons sont prélevés au début et à la fin de la campagne:

- de 1994 à 2001, trente puits creusés dans la première nappe (15 à 20 m) ont été retenus. Trente et un (31) échantillons sont analysés et une moyenne est calculée pour caractériser chaque paramètre analysé. A la fin de cette période tous les puits se sont taris;
- de 2001 à 2006, suite au tarissement de la nappe, d'autres puits plus profonds ont été creusés sur des profondeurs de 40 à 50 m, totalisant ainsi quinze (15) points d'eau analysés et destinés à l'irrigation des parcelles expérimentales. La fin de la campagne 2004 a coïncidé avec le tarissement de la nappe;
- de 2007 à 2017, suite au tarissement de l'aquifère, dix huit (18) forages sur une profondeur de 80 à 100 m ont été aménagés dont quinze destinés à l'irrigation des parcelles expérimentales ont été analysés, soit dix huit (18) échantillons d'eau.

Toutes les analyses sont répétées trois fois. De 1994 à 2017, soixante et quatre (64) échantillons d'eau sont analysés à trois répétitions, soit cent quatre vingt douze (192) échantillons analysés. Les analyses ont concerné: la conductivité électrique, le pH, Na^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , Cl^- , SO_4^- et HCO_3^- . Ces analyses permettent l'évaluation de la qualité des eaux d'irrigation: risques de salinisation, de sodisation et/ou d'alcalinisation.

Chapitre 03

Résultats et interprétations

III.1 Les analyse du sol

III.1.1 Evolution de la CE et ESP dans des parcelles mises en culture en irrigue de 1991 à 2017 (moyenne de trois relevés : janv, avril, sept)

Tableau (III-1) : Répartition des valeurs de la conductivité électrique des trois horizons (1991- 2017)

Horizon Ap *(00 – 35 cm)		Horizon B *(35 – 75 cm)		Horizon C *(75 – 120 cm)	
Année	CE (mmhos/cm)	Année	CE (mmhos/cm)	Année	CE (mmhos/cm)
1994	1,16	1991	1,64	1991	3,86
1995	1,78	1992	3,10	1992	3,34
1996	2,12	1993	4,04	1993	3,01
1997	2,07	1994	4,32	1994	4,76
1998	3,24	1995	5,18	1995	5,80
1999	3,42	1996	5,86	1996	6,12
2000	8,48	1997	7,32	1997	6,97
2001	9,32	1998	9,24	1998	7,13
2002	9,98	1999	12,13	1999	7,48
2003	10,12	2000	13,45	2000	7,86
2004	11,36	2001	15,78	2001	8,10
2005	11,85	2002	15,62	2002	9,20
2006	12,34	2003	16,04	2003	9,81
2007	12,88	2004	20,10	2004	10,40
2008	13,42	2005	22,76	2005	11,13
2009	15,83	2006	26,80	2006	11,68
2010	16,48	2007	28,11	2007	12,02
2011	15,20	2008	32 ,40	2008	11,58
2012	15,36	2009	37,84	2009	12,16
2013	14,64	2010	41, 66	2010	11,88
2014	13,12	2011	40,94	2011	12,34
2015	16,45	2012	37,48	2012	13,76
2016	17,12	2013	40,22	2013	17,04
2017	16,74	2014	38,64	2014	14,62

* profondeur moyenne.

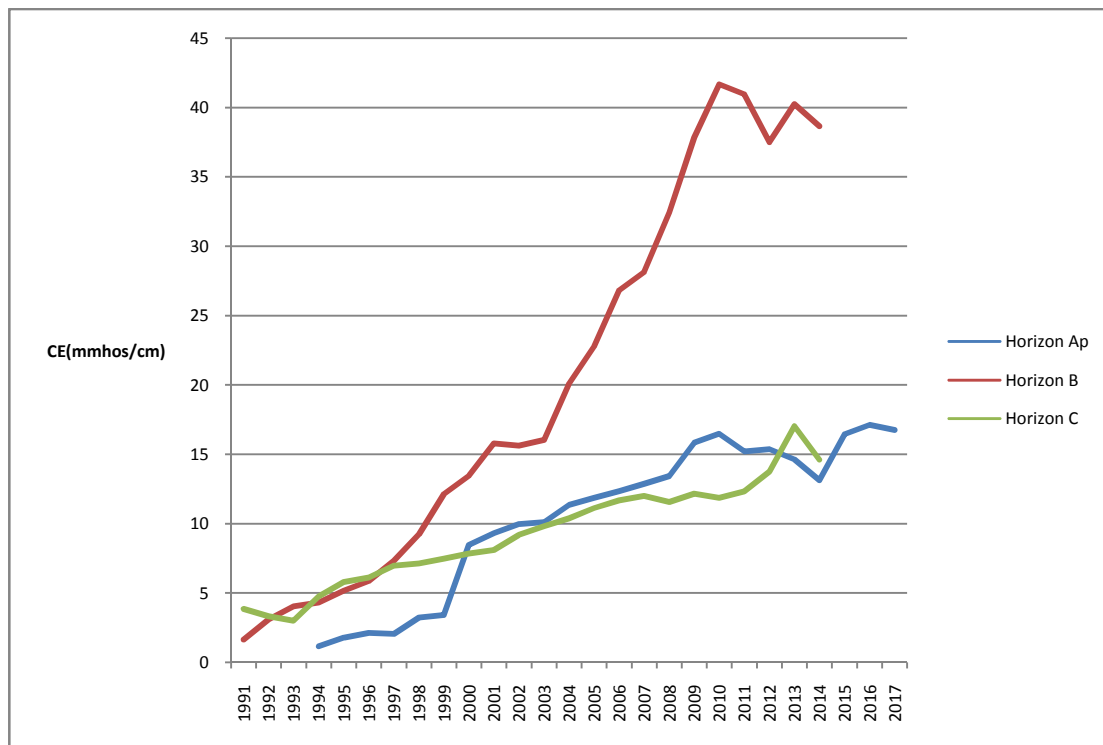


Figure (III-1) : évolution de la conductivité électrique des trois horizons (1991-2017)

III.1.1.1 Conductivité électrique (salinité)

La salinité d'un sol est déterminée par la conductivité électrique. Les résultats sont représentés dans le graphe ci-dessus. On remarque que les valeurs de la conductivité électrique du sol varient de 1,16 mmhos/cm à 41,66 mmhos/cm en augmentation continue surtout au niveau de l'horizon B (35-75cm) avec un pic de 41,66mmhos /cm.

Ces valeurs de conductivité électrique nous permettent de classer ces sols dans la classe des sols à risque de salinité sévère car 79,16 % des échantillons des sols analysés ont une conductivité supérieur à 3mmhos /cm. Ainsi que 24% des échantillons fortement salins.

Tableau (III-2) : Répartition des valeurs de l'ESP des trois horizons (1991-2017)

Horizon A *(00 – 35 cm)		Horizon B *(35 – 75 cm)		Horizon C *(75 – 120 cm)	
Année	ESP (%)	Année	ESP (%)	Année	ESP (%)
1994	0,98	1991	0,80	1991	3,86
1995	1,42	1992	1,28	1992	3,34
1996	4,60	1993	3,20	1993	3,01
1997	10,74	1994	12	1994	4,76
1998	12,16	1995	13,25	1995	5,80
1999	12,48	1996	12,95	1996	6,12
2000	13,08	1997	8,84	1997	6,97
2001	13,34	1998	9,24	1998	7,13
2002	13,86	1999	12,13	1999	7,48
2003	14,48	2000	13,45	2000	7,86
2004	14,92	2001	15,78	2001	8,10
2005	15,04	2002	15,62	2002	9,20
2006	15,78	2003	16,04	2003	9,81
2007	17,42	2004	20,10	2004	10,40
2008	19,34	2005	22,76	2005	11,13
2009	24,20	2006	26,80	2006	11,68
2010	27,16	2007	28,11	2007	12,02
2011	27,10	2008	32 ;40	2008	11,58
2012	31,46	2009	37,84	2009	12,16
2013	36,10	2010	41 ;66	2010	11,88
2014	38,28	2011	40,94	2011	12,34
2015	37,40	2012	39,44	2012	14,38
2016	35,42	2013	37,56	2013	13,18
2017	34,12	2014	41,02	2014	16,84

* profondeur moyenne.

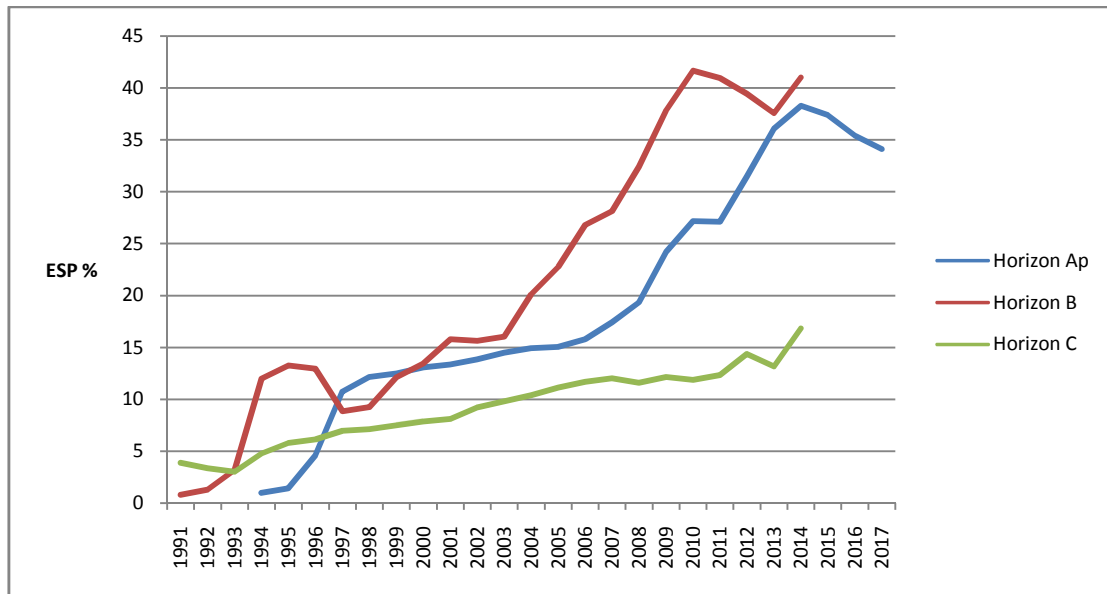


Figure (III-2) : évolution de l'ESP des trois horizons (1991-2017)

III .1.1.2 Taux de sodium échangeable (alcalinité)

Il est utile de calculer l'ESP. Il est déterminé par le rapport $(Na * 100) / (\text{somme des cations})$, A l'exception de certaines cultures, ce paramètre n'a pas d'effet direct sur la culture. Un taux de sodium échangeable supérieur à 15% indique que le sol contient trop de sodium qui se manifeste par la réduction de la porosité du sol. Ceci limite la circulation de l'eau et de l'air dans le sol.

Ceci va entraîner un stress hydrique même si on irrigue puisque l'eau n'arrive pas aux racines. De tels sols sont appelés sols sodiques. Une amélioration de ces sols (labour profond) est nécessaire avant leur exploitation (Iqizou, 2005). Dans notre étude 39% des échantillons du sol ont un ESP supérieure à 15 % ce qui montre que le Na^+ prédomine dans le sol de la zone de sidi Abderrahmane.

Ces sols ont une CE élevée et un ESP très élevé ce qui les classe dans la catégorie des sols alcalino-salins, D'après les résultats nous avons presque 69,44% des échantillons de sol sont alcalins.

III.2 Les analyse de l'eau

III.2.1 Evolution des paramètres physico chimiques de la ressource en eau (1994-2017)

Tableau (III-3) : répartition des valeurs des paramètres physico chimiques des trois nappes (1994-2017)

Année	CE (µS/cm)	Anions et cations (mg/l)							pH	Faciès salin
		HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺		
1994*	1482	81	351	211	102	16	173	6	8,1	Chloruré sodique
1995	1731	102	409	249	113	21	192	8	8,2	Chloruré sodique
1996	2081	92	508	324	205	17	398	8	8,3	Chloruré sodique
1997	2312	102	566	361	221	19	435	11	8,1	Chloruré sodique
1998	2863	171	771	417	264	15	634	14	8,2	Chloruré sodique
1999	3114	184	844	448	286	31	715	16	8,3	Chloruré sodique
2000	3782	223	1031	551	345	26	848	17	8,2	Chloruré sodique
2001	4063	241	1112	561	362	27	912	16	8,4	Chloruré sodique
2002**	2218	128	369	388	241	21	227	11	8,6	Chloruré calcique
2003	2678	152	453	479	301	25	272	11	8,6	Chloruré calcique
2004	2774	157	466	498	306	26	284	13	8,5	Chloruré calcique
2005	3248	141	794	504	318	27	618	14	8,4	Chloruré sodique
2006	3648	214	986	528	335	51	808	15	8,3	Chloruré sodique
2007***	1620	332	148	210	154	31	108	19	8,7	Bicarbonaté calcique
2008	1710	337	179	246	239	41	154	10	8,6	Bicarbonaté calcique
2009	1842	301	248	271	199	43	246	13	8,6	Bicarbonaté calcique
2010	2112	248	347	301	104	37	318	14	8,5	Chloruré sodique
2011	2420	247	574	311	220	31	536	18	8,4	Chloruré sodique
2012	2460	251	583	316	223	31	544	20	8,2	Chloruré sodique
2013	2740	279	649	352	249	35	247	23	8,1	Chloruré sodique
2014	2941	146	594	829	478	51	286	22	8,2	Sulfaté calcique
2015	2898	144	586	865	472	50	282	22	8,5	Sulfaté calcique
2016	3024	150	611	852	492	53	293	20	8,7	Sulfaté calcique
2017 Jan	3224	161	649	910	525	57	313	21	8,8	Sulfaté calcique

*première nappe superficielle < 20 m

**deuxième nappe 50 m

***troisième nappe aquifère 100 m

III.2.1.1 Salinité des eaux

La mesure de la conductivité fournit une indication de la concentration ionique et apprécie la quantité de sels dissous dans l'eau, donc de sa minéralisation. Il dépend de la température, de la concentration et types d'ions présents. Les valeurs enregistrées durant la période de prélèvement y montrent que 75% des puits analysés sont très fortement salins avec une valeur supérieure à 2,25 ds/m (2250 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

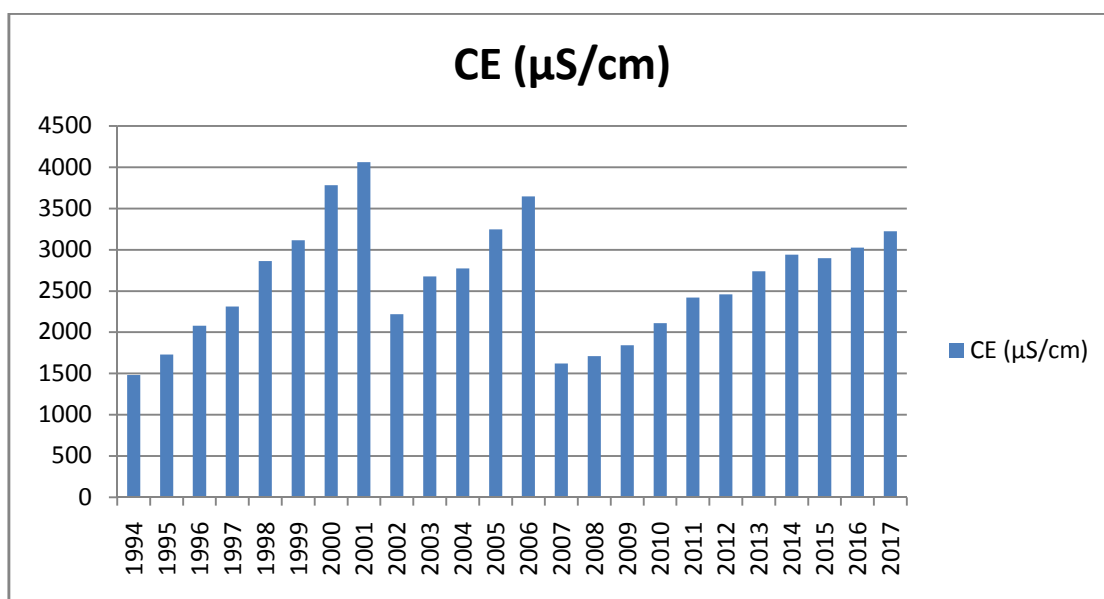


Figure (III-3) : évolution des valeurs de la conductivité électrique des nappes du périmètre étudié (1994-2017)

III.2.1.2 pH

Le pH de l'eau est une indication importante de la qualité .il fournit des informations importantes de l'équilibre géochimique ou le calcul de la solubilité des micro- éléments, il dépend de l'origine des eaux, de la nature géologique du substrat et du bassin versant traversé.

Ce paramètre conditionne un grand nombre d'équilibres physico-chimiques entre l'eau, le gaz carbonique dissous, les carbonates et les bicarbonates qui constituent des solutions tamponnées conférant à la vie aquatique un développement favorable.

Dans le cas de notre zone d'étude 100% des puits analysés ont des pH basiques. Les pH des eaux utilisées pour l'irrigation des cultures devrait se situer entre 6 et 7 car à ces valeurs la solubilité de la plupart des micro-éléments est optimale, donc tous les puits analysés ont besoin de la correction du Ph.

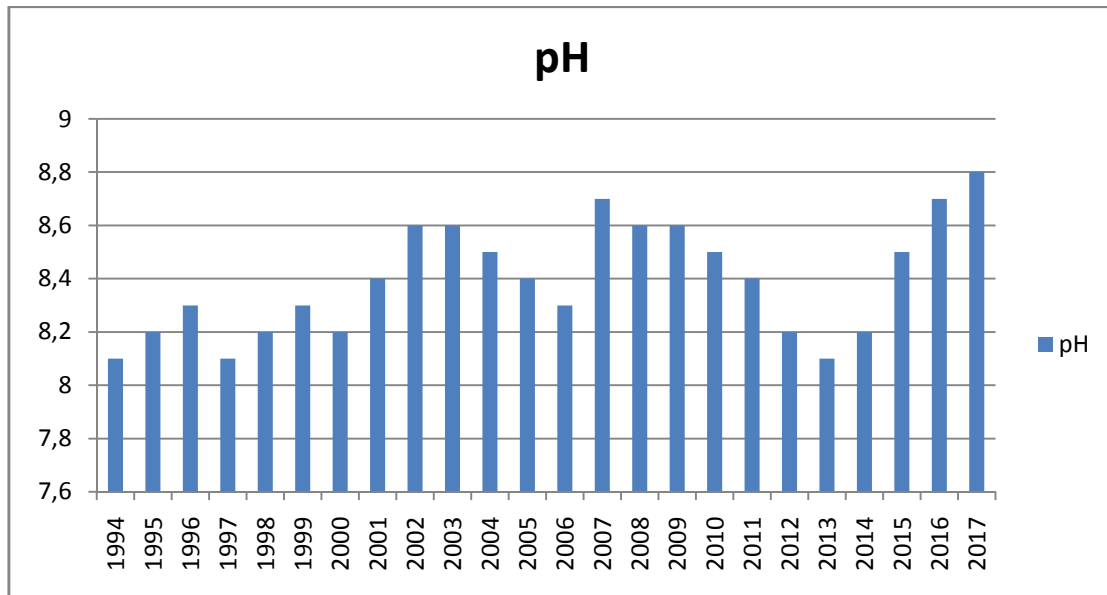


Figure (III-4) : Evolution du pH des nappes du périmètre étudié (1994-2017)

III.2.1.3 Anions et cations

Les résultats des analyses montrent une concentration élevée des chlorures qui est généralement supérieure à 500 mg /l, ce qui est excessif et constitue probablement une des raisons de la faiblesse des rendements obtenus de certains périmètres renouvellement irrigués.

Le diagramme de concentrations des anions confirme cette augmentation par rapport aux autres anions, les bicarbonates ont des teneurs assez proches et légèrement élevés.

Le cation le plus abondant par rapport aux autres est le sodium qui présente des concentrations qui varient entre 108 mg/l et 808mg/l. Une grande quantité d'ions sodium dans l'eau affecte la perméabilité des sols et pose des problèmes d'infiltration. Ceci est dû au fait que le sodium présent dans le sol en forme échangeable remplace les calcium et les magnésium adsorbés sur les argiles de sol et cause la dispersion des particules dans le sol (c.-à-d. si le calcium et le magnésium sont les cations prédominants adsorbés sur le complexe d'échange du sol, le sol tend à être facilement cultivé et a une structure perméable et granulaire).

Cette dispersion a comme conséquence l'altération des agrégats des sols. Le sol devient alors dur et compact (lorsqu'il est sec) réduisant ainsi les vitesses d'infiltration de l'eau et d'air, affectant ainsi sa structure.

L'augmentation de la concentration relative en sodium (augmentant l'indice SAR).

La concentration en magnésium de l'eau d'irrigation est aussi considérée comme un des principaux critères de l'évaluation de la qualité des eaux d'irrigation car la toxicité des ions Mg serait plus élevée que celle de l'ion Na à la même concentration.

Il ressort que ces eaux ont une concentration ionique qui leur confère un risque de salinisation élevé et un pouvoir d'alcalisation modéré à élevé .

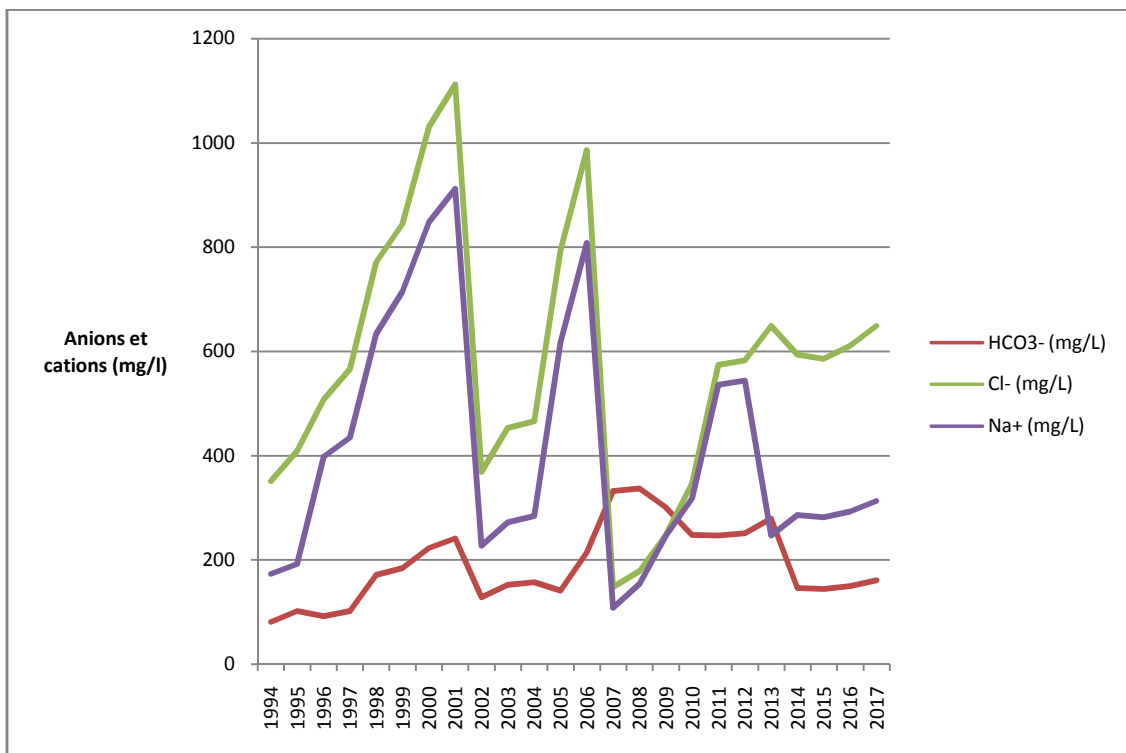


Figure (III-05) : évolution des concentrations des anions et des cations des nappes étudiées (1994-2017)

III.3 Eaux d’irrigation-sol

Afin d’étudier la relation entre la qualité des eaux d’irrigation et les sols irrigués par ces eaux, nous avons établie des courbes de conductivité d’eau et la conductivité moyenne du sol, la figure 06 montre que la courbe de la conductivité du sol suit la même allure que celle des eaux. Ceci traduit qu’il y a vraiment une influence de la qualité des eaux sur celle des sols lors d’irrigation.

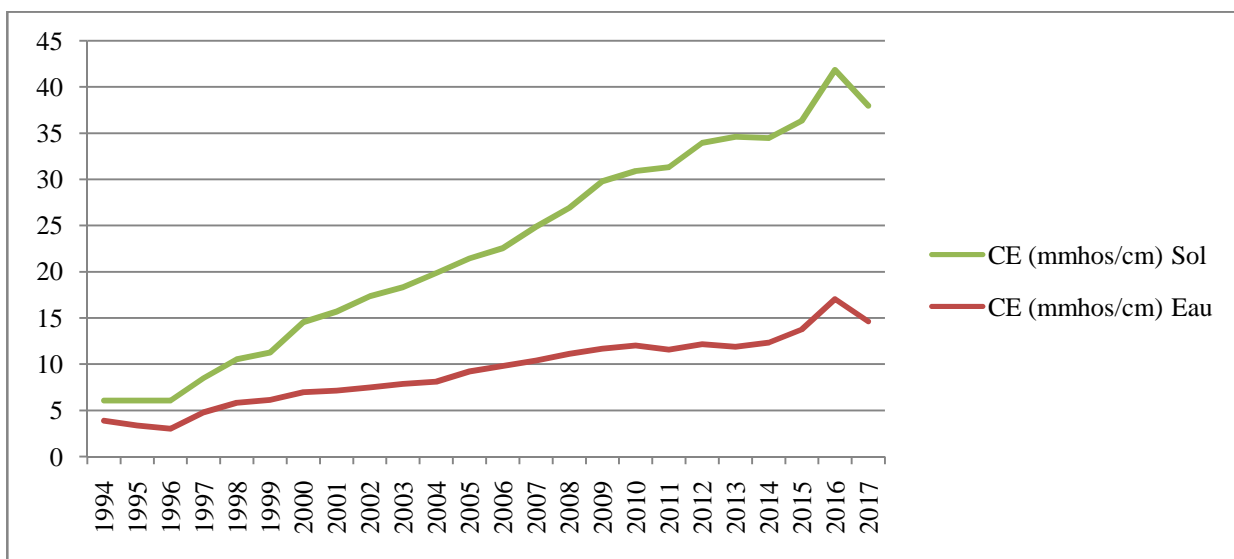


Figure (III-06) : Relation eaux – sol dans la zone de Sidi Abderrahmane (évolution de 1994-2017)

Conclusion

Conclusion

La région de Sidi Abderrahmane constitue un périmètre où l'activité agricole se considère l'activité principale de la population. Certes le développement de cette activité est limité par la sévérité du climat, la dégradation de la qualité des eaux d'irrigation et la détérioration des sols cultivés. Notre zone constitue un exemple des zones de steppes qui souffrent de ces phénomènes. Les composantes de ce climat constituent d'une part les facteurs limitant le bon développement des cultures en absence d'une bonne irrigation et d'autres parts favorisent l'accumulation des sels dans le sol.

Les eaux d'irrigation du périmètre étudié se caractérisent par un pH légèrement alcalin à alcalin. Selon la conductivité électrique les eaux analysées ont un pouvoir de salinisation important et alarmant.

Nous présentons la composition chimique des eaux des nappes utilisées pour l'irrigation au niveau des périmètres de Sidi Abderrahmane ; leur faciès chimique est de type salin sulfaté calcique dans les eaux des forages à partir de 2011 et a pris de l'ampleur dans tous les forages.

Ce faciès salin a été identifié au niveau des eaux du Chott Chergui (Sebkha) ce qui laisse supposer des intrusions des eaux du Chott qui sont à l'origine de ce faciès salin dans les forages même ceux qui ont été aménagés à plus de 40 km du Chott Chergui. Les sols étudiés sont affectés par les problèmes de salinité et présentent le problème d'alcalinité.

Il y a lieu de se pencher sérieusement sur ce phénomène qui menace toutes les eaux souterraines de la région Ouest de l'Algérie. Ces intrusions ont eu lieu par des appels aux vides suite à la création d'une zone non saturée due aux pompages irrationnels des eaux souterraines. Une solution peut être éventuellement envisagée et qui consiste à recharger ces zones non saturées par les eaux usées....

Enfin, au niveau des périmètres existants, un dispositif de suivi de la nappe (profondeur, fluctuation, et composition) et de la salure du sol (concentration saline, bilan ionique, SAR) doit être mis en place, afin d'éviter la dégradation des terres et de l'environnement.

Conclusion

Recommandations

Afin d'éviter la détérioration de la qualité des eaux et des sols on recommande ce qui les orientations suivantes:

- La bonne gestion des ressources en eaux
- Une irrigation appropriée avec le mélange des eaux de surface avec les eaux de la nappe pour éviter l'accumulation des sels à long terme.
- Un labour profond pour l'amélioration des sols sodiques
- Surveiller la qualité des eaux et des sols d'une façon périodique.

Références

Bibliographiques

Références Bibliographiques

- **Abdelkader Khaldi**, « *La gestion non durable de la steppe algérienne* », **Vertig O - la revue électronique en sciences de l'environnement** [En ligne], Regards / Terrain, mis en ligne le 10 septembre 2014, consulté le 09 janvier 2017. URL : <http://vertigo.revues.org/15152> ; DOI : 10.4000/vertigo.15152
- **Nedjraoui Dalila et Bédrani Slimane**, « La désertification dans les steppes algériennes : causes, impacts et actions de lutte », **VertigO – la revue électronique en sciences de l'environnement** [En ligne], Volume 8 Numéro 1 | avril 2008, mis en ligne le 01 avril 2008, consulté le 09 Janvier 2017. URL : <http://vertigo.revues.org/5375> ; DOI : 10.4000/vertigo.5375.
- **Messahel M ; BENHAFID M.S et CHERIF M**, 2003. Efficience des systèmes d'irrigation en Algérie.
- **BERROUCH Hamza ; étude de la qualité des eaux d'irrigation et du sol dans le périmètre de Saada (Région du Haouz)**, Université CADI AYYAD, Faculté des Sciences, Département des Sciences de la terre, Maroc, mémoire pour obtention du diplôme licence sciences et techniques (eau et environnement).
 - <http://www.lenntech.fr/applications/irrigation/salinite/irrigation/salinite-risqueirrigation>. Consulté le 12 Mai 2017.
 - <https://fr.climate-data.org/location/340764/>. Consulté le 18 Avril 2017.
 - <http://www.naturevivante.org>, consulté le 09 janvier 2017.
- **K. El oumlouki1 et all, 2014, Étude de la qualité physico-chimique des eaux et des sols de la région Souss Massa, (Cas de périmètre Issen), Maroc**, Université Ibn Tofail, Faculté des Sciences, Département de chimie, Laboratoire de Procèdes et de Séparation, Kenitra.
 - ANRH Tiaret 2017 ; étude de modélisation de 5 systèmes aquifères – rapport de mission 1 – bassin de Chott Chergui.
 - Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement ; SRAT de la région HPO – rapport de mission 1 – état des lieux et analyses des tendances.

Annexes

Annexe N°01 :

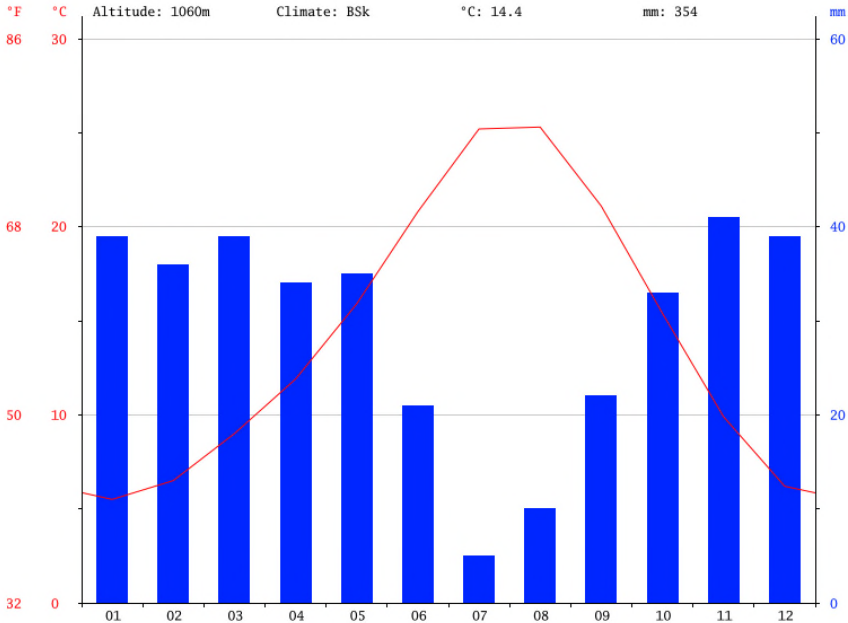


Diagramme climatique de Sidi Abderrahmane

Annexes

Annexe N°02 :



Vue de Chott Chergui



Cultures irriguées



Exemple d'aménagements agricoles

Annexes

Annexe N°03 :

Wilaya	Commune	Nombre forage	Profondeur moyenne (m)	Débit moyen (l/s)	Fréquence (h/j)	Période (mois/an)
El Bayadh	Kheïter	64	150	6	8	6
El Bayadh	Rogassa	210	110	3	8	6
El Bayadh	Bougtob	35	130	3	8	6
El Bayadh	Kef el Lahmar	69	150	3	8	6
El Bayadh	Cheguig	20	150	3	8	6
El Bayadh	Tousmoulne	34	150	6	8	6
Sidi Bel abbès	Marhoum	<i>pas info</i>				
Sidi Bel abbès	Bir el Hamman	<i>pas info</i>				
Sidi Bel abbès	Ain Deheb	38	75	2	8	6
Tiaret	Medrissa	52	100	2.5	8	6
Tiaret	Madna	23	100	3	8	6
Tiaret	Naima	57	100	3	8	6
Tiaret	Chehaïma	53	100	2.5	8	6
Tiaret	Sidi Abderrahmane	62	100	3.5	8	6
Saida	Moulay Larbi	5	200	9	10	4
Saida	Moulay Larbi	55	150	2	10	4
Saida	El Hassassna	54	100	2	10	4
Saida	Maamora	15	150	1.5	10	4
Saida	Sidi Ahmed	20	150	9	10	4
Saida	Ain Skhouna	<i>pas de forage</i>				
Naama	Mecheria	289		0.5	24	6
Naama	El Blodh	318		0.5	24	6
Naama	Naama	284		0.5	24	6

Tableau : Estimation de la fréquence des prélèvements pour les forages agricoles créés dans le cadre du programme FNDRA.

Résumé

La région de Sidi Abderrahmane se caractérise par un climat aride. En effet les eaux souterraines sont considérées comme la principale source pour la satisfaction des besoins agricoles et l'alimentation en eau potable de la population. Dans le cadre de la gestion et la valorisation de l'eau d'irrigation ainsi que la préservation des ressources en eau, en vue d'une agriculture durable, une étude qualitative des eaux et des sols du périmètre irrigué de Sidi Abderrahmane a été réalisée. Cette étude nous a permis d'évaluer l'impact de l'agriculture intensive sur la qualité physico-chimique de ces ressources et d'apprécier les différentes modalités de leur utilisation. Une démarche a été suivie, comportant la réalisation de campagnes de mesures in situ sur terrain (CE, pH, profondeur de la nappe, ESP.....etc.) selon un réseau de suivi de 61 points d'eau et 45 point du sol. Les résultats de la profondeur des nappes mesurés montrent qu'elles varient entre 10 et 120 m, ainsi que 75% des puits analysés sont très fortement salins et par conséquent sont inadéquates pour l'irrigation. En outre 33% des puits analysés ont des teneurs en sodium supérieures à 500 mg/l enregistrant une concentration sodique qui est alarmante et pose un problème d'alcalinité. Cependant les sols analysés montrent des pH généralement basiques, ainsi que les mesures de la conductivité électrique indiquent que 75% des échantillons analysés sont très fortement salins et ils se caractérisent aussi par une faible et riche concentration respectivement en chlorures et en potassium.

Mots clés : Etude qualitative, eaux et sols, périmètre irrigué , Sidi Abderrahmane

Summary :

Sidi Abderrahmane region is characterized by an semi-arid climate. Indeed groundwater are considered the main source for the satisfaction of needs and agricultural supply drinking water to the population. As part of the management and development of irrigation water and the conservation of water resources for sustainable agriculture, a qualitative study of soil and water the irrigated perimeter of Sidi Abderrahmane was performed. This study allowed us to evaluate the impact of intensive agriculture on the physic-chemical quality of these resources and to appreciate the different methods of their use. An approach has been followed; including realization the campaigns of measurements in situ on the ground (EC, pH, ESP, depth to water...ect) by a network of monitoring 61 water points and 45 points of soil. The results of the groundwater depth measured show that they vary between 10 and 120 m, and 75% of the sampled wells have very high degree of salinity, therefore are inadequate for irrigation. In addition 33% of analyzed wells have sodium levels above 500 mg/ l, an alarming sodium pollution and have alkalinity problem, However, the analyzed soil show the pH generally is basic and 70% are poor to moderately filled with organic matter, and the measures of electrical conductivity indicate that 75% of samples are highly saline, and they are also characterized by low and high concentrations respectively in chlorurs and potassium.

Keywords: Qualitative study, water and soil, irrigated perimeter of Sidi Abderrahmane

ملخص

تميز منطقة سيدي عبد الرحمن بمناخ جاف. في الواقع تعتبر المياه الجوفية المصدر الرئيسي لتلبية الاحتياجات الزراعية وتوفير المياه الصالحة للشرب للسكان. كجزء من إدارة وتحسين مياه الري والمحافظة على الموارد المائية للزراعة المستدامة، أجريت دراسة نوعية المياه والتربة لري محيط سيدي عبد الرحمن. سمحت هذه الدراسة لنا لتقييم تأثير الزراعة المكثفة على النوعية الفيزيائية لهذه الموارد ونقدر طرق مختلفة لاستخدامها. وأعقب هذا النهج، مع تنفيذ حملات قياس الموقع، في 61 نقطة مياه و 45 نقطة مراقبة الشبكة على الأرض (الناقلية الكهربائية، درجة الحموضة، منسوب المياه الجوفية، نسبة الصوديوم المتبادلة... الخ). وبينت نتائج شبكات قياس أنها تختلف ما بين عمق 10 و 120م، و 75% من الآبار التي تم تحليلها تحتوي على درجة عالية من الملوحة، وبالتالي فهي غير صالحة للري. وعلاوة على ذلك 33% من الآبار التي تم تحليلها لديه مستويات الصوديوم فوق 500 ملغ / لتر تسجيل تركيز الصوديوم الذي يعث على القلق وي طرح مشكلة القلوية. ومع ذلك، فإن تحليل التربة بين أن الرقم الهيدروجيني أساسي عموما، وتتميز أيضا بتركيز منخفض وعالي للبوتاسيوم والكلوريدات على التوالي.

كلمات البحث: دراسة نوعية الماء والتربة، والمساحة المروية، سيدي عبد الرحمن.