UNIVERSITE KASDI MERBAH – OUARGLA
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Agronomiques

MEMOIRE
MASTER ACADIMIQUE

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie
Filière : Sciences Agronomiques
Spécialité : Protection Des Ressources Sol-Eau et Environnement

Présenté par : **Melle** MLIK Ichrak
Melle DJEDIAI Radia

Thème

Etude de la variabilité spatiale de la salinité des sols sous pivots à Ouargla

Soutenu publiquement
Le : 10 /07/2019

Devant le Jury :

Mr.CHELOUFI Hamid	Professeur	Président	UKM Ouargla
Mr. KHEMGANI Mohamed Abdelmalek	M.A.A	Examinateur	UKM Ouargla
Mr. DADIBOUHOUN Mustapha	Professeur	Encadreur	UKM Ouargla
Mm KHIKHI Oumelkhir	Doctorante	Co-promoteur	UKM.Ouargla

Année Universitaire 2018 / 2019

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

Les deux personnes, les plus chers au monde que Je ne remercierais jamais assez : leurs aides, l'encouragement,

Soutiens, sacrifices et leur patience pendant toute ma vie

Mes chérs parents : Hayat et Ibrahim

Mes chères sœurs et sont familles: Amel , Farida

Mes chérs frères : Cherif, Fathi , Walid , Nasser Eddine

A « ma tante Naima »

ET A toute la famille Djediai

Toutes mes chères amies

Tous les étudiants, enseignants et personnels du département des Sciences agronomiques

Dédicace

Avec l'aide de Dieu tout puissant, j'ai pu achever ce modeste travail que je dédie :

A mon père **Farid** source de respect, en témoignage de ma profonde reconnaissance pour tous ses efforts et son Soutient.

Qu'ALLAH le tout puissant accueille ma mère **Saida** en son vaste paradis ait son âme et lui accorde sa miséricorde.

A mes chères sœurs **Amal,Hana,Chaima,Khouloud Ghoufrane**.

A mes chèrs frères **Salah**.

A toute la famille: **MLIK , BEN MERIEM**.

A mes chères Amies;**Ouafa,hima,chourouk** et **Tayibounes**

À mon cher binôme **Radia**.

A mon fiancé. **Abdo.**

*A tout **mes Amis** de l'université de Ouargla.*

Remerciements

Nousremercions tout d'abord le bon Dieu qui nous a donné le courage et la patience pour terminer ce modeste travail.

Nous tenons à remercier vivement M DADIBOUHOUN Mustapha Professeur et La Co-promoteur KHIKHI Oumelkhir Doctorante à l'université d'Ouargla de bien vouloir diriger cette recherche. Nous la remercions pour ces conseils et encouragement.

Nous tenons à remercier infiniment Mr. CHELOUFI Hamid Professeure., département des Sciences agronomiques, qui nous a fait l'honneur de présider le jury de soutenance.

Nous remercions également M.KHEMGANI Mohamed Abdelmalek,M.A.A, , département des Sciences agronomiques, qui a bien voulu examiner notre travail.

Nos respectueuses reconnaissances vont également àl'équipe administrative de l'AGRODIV.

Grand remerciement à tous les enseignants de l'université Kasdi Merbah, le personnel de la Bibliothèque et laboratoireet les agriculteurs deHassi Ben Abdallah exploitation l'AGRODIV.

Introduction 1
I.1- Définitions 3
I.1.1- Sols Salés : 3
I.1.2- Sels Solubles : 3
I.1.3- Salinité : 3
I.1.4- Salinisation : 3
I.2- Origine de la salinisation : 4
I.2.1- Salinisation primaire ou naturelle : 4
I.2.2- Salinisation secondaire : 4
I.3- Paramètres de caractérisation des sols salés 5
I.3.1- Conductivité électrique : 5
I.3.2. pH du sol : 6
I.3.3. ESP (Exchangeable Sodium Percentage) : 6
I.3.4. SAR (sodium absorption ratio) : 6
I.4. Classification des sols salés ou salsodiques 7
I.4.1. Sols salins à complexe calcique (Solontchak calcique) 7
I.4.2. Sols salins à complexe sodique (Solontchak sodique) 7
I.4.3. Sols salins à sulfato-réduction 8
I.4.4. Sols alcalins 8
I.5. Répartition des sols salés : 9
I.6. Relation de la salinité et les plantes 10
I.6.1- Effet de la salinité sur les plantes 10
I.6.2-Tolérance des plantes à la salinité 10
Chapitre II : Cultures céréalières 13
II.1- Présentation des céréales 13
II.2- Importance des céréales 13
II.3. Exigences de la culture des céréales 15
II.3.1-Exigences hydriques 15
II.3.2- Exigences édaphique du sol 16
Chapitre III- Présentation de la région d'étude 17
III.1- Situation géographique 17
III.2- Cadre géomorphologique de la région 18
III.3- Cadre Hydrogéologique de la région d'étude 18
III.3.1- Nappe phréatique 18

III.3.2- Nappe du complexe terminal....19
III.3.3- Nappe du continental intercalaire....19
III.4- Caractéristiques du climat de la région d'étude....19
III.4.1- Facteurs climatiques....19
III.4.2- Synthèse climatique....21
III.4.2.1- Diagramme ombrothermique de Gaussen....21
III.4.2.2- Climagramme pluviothermique d'Emberger....22
III.4.2.3- Indice d'aridité de De-Martonne....23
III.5. Caractéristiques pédologiques des sols....24
III.6- Céréaliculture sous pivot à Ouargla....25
III.6.1- Présentation du système d'irrigation (pivot)....25
III.6.2 - Historique et début d'introduction des pivots à Ouargla....26
III.6.3- Evolution des céréales sous pivots....26
III.6.4- Présentation cartographique des pivots de la région de Ouargla....28
CHAPITRE IV : Matériel et méthodes....30
IV.1- Etude des eaux....30
IV.2- Etude du sol....30
IV.2.1- Choix de site d'étude....30
IV.2.2. Choix des parcelles d'étude....31
IV.2.3. - Description des parcelles d'étude....32
IV.2.4.Choix de points d'échantillonnage....32
IV.2.5.Echantillonnage du sol....33
IV.2.6. Identification des échantillons....34
IV.3. Choix des méthodes et paramètres d'analyse....34
IV.4. Outils et méthodes de traitement des données....35
Chapitre V : Résultats et discussion....37
V.1- Etude des caractéristiques des eaux de forages....37
V.1.1- Présentation des résultats....37
V.1.2- Interprétation de l'analyse de l'eau....37
V.2- Etude des caractéristiques des sols....40
V.2.1- Importance des éléments grossiers dans le sol....40
V.2.2- Texture du sol....43
V.2.3- Situation du pH du sol....44
V.2.3- Conductivité électrique du sol....46

V.2.4- Cartographie de la salinité du sol sous pivot 50
Conclusion 58
Références Bibliographiques.....61

DSA **Direction des Services Agricoles**

ITGC **Institut Technique des Grands Cultures**

CDARS **Commissariat au Développement de l'Agriculture des Régions Sahariennes**

CCLS **Coopérative de Céréales et Légumes Secs**

AFNOR **Association Française de Normalisations**

FAO **Food and Agriculture Organization**

CE **Conductivité Electrique**

pH **potentiel hydrogène**

SAR **sodium absorption ratio**

ESP **Échangeable Sodium Perentage**

CEC **Capacité d'échange cationique**

USSL **United States Salinity Laboratory**

Tableau 1Classes de salinité en fonction de la conductivité électrique de l'extrait aqueux 1/5 à 25 °C.....6
Tableau 2Classification de SAR (SERVANT et al. 1966 in BENZAHI, 1994). 7
Tableau 3La production mondiale des céréales (F.A.O 2019).....14
Tableau 4Tolérance de certaines cultures de céréale à la salinité (exprimée en CE).....16
Tableau 5Données climatiques de la région de Ouargla (période 2009-2018). 20
Tableau 6Calcule du quotient pluviométrique d'Emberger 22
Tableau 7Indice d'aridité de DE-Martonne.....24
Tableau 8Evolution de la céréaliculture sous pivot dans la région de Ouargla.....26
Tableau 9Historique des précédents culturaux pour chaque parcelle dans le site d'étude.....32
Tableau 10Classes granulométriques du sol 35
Tableau 11Caractéristiques de l'eau d'irrigation.....37
Tableau 12Paramètres statistiques de forage de pivot.....40
Tableau 13Taux d'éléments grossiers >2 mm (%).....41
Tableau 14Taux moyen des éléments grossiers supérieurs à 2 mm dans le sol.....42
Tableau 15Texture de sol de deux pivots.....43
Tableau 16Paramètres statistiques de sol du pivot.....44
Tableau 17Ph de sol de pivot 45
Tableau 18Evaluation de pH de sol à profondeur à pivot 46
Tableau 19Paramètres statistique de CE de sol des pivot 46
Tableau 20Evaluation de CE à profondeur de sol des pivots.....47
Tableau 21Evaluation de CE à zones des sols de pivot 48

Figure 1Profils des sols salsodiques 9
Figure 2Types de sols en Algérie selon le climat 10
Figure 3Besoins en eau journalières du Blé sous pivot 15
Figure 4Diagramme Ombrothérmique de la région d'Ouargla (2009-2018) 22
Figure 5Situation de la région de Ouargla au niveau du climagramme d'EMBERGER. 23
Figure 6Description de pivot 25
Figure 7L'évolution des pivots dans la région de Ouargla 27
Figure 8L'évolution des superficies sous pivot dans la région de Ouargla 28
Figure 9Carte de l'espace agricole à Ouargla Source (CHAOUCHE 2018) 29
Figure 10Image satellitaire présenté site d'étude (Google Earth, 2019) 31
Figure 11Localisation des points d'échantillonnage du pivot 6 33
Figure 12Diagramme de BERKALOFF des forages d'étude 38
Figure 13Diagramme de PIPER des forages d'étude 39
Figure 14Diagramme de Riverside des forages d'étude 39
Figure 15Taux moyen d'éléments grossiers (>2 mm) 41
Figure 16Taux moyen des éléments grossiers dans le sol (pivot1) 42
Figure 17Taux moyen des éléments grossiers supérieurs dans le sol (pivot 6) 42
Figure 18granulométrie pivot 1 *Figure 19granulométrie pivot 6* 44
Figure 20pH du sol en profondeur du pivot 6 45
Figure 21pH du sol en profondeur du pivot 1 45
Figure 22Profil salin pivot 1(Valeurs moyennes de la CE) 48
Figure 23Profil salin pivot 1(Valeurs moyennes de la CE) 48
Figure 24Courbe d'évaluation de CE selon profondeur et zone des sols 49
Figure 25Courbe d'évaluation de CE selon profondeur et zone des sols 49

Photo 1Présentation des parcelles d'étude 32
Photo 2Méthode d'échantillonnage sur terrain par tarière 34
Photo 3Echantillons séchés à l'air libre 34

Carte 1Présentation cartographique de la région d'étude 17
Carte 2Salinité spatiale du pivot 1 à la profondeur entre 0 et 20 cm 50
Carte 3Salinité spatiale du pivot 1 à la profondeur entre 20 et 40 cm 51
Carte 4Salinité spatiale du pivot 1 à la profondeur entre 40 et 60 cm 52
Carte 5Salinité spatiale du pivot 6 à la profondeur entre 60 et 80 cm 53
Carte 6Salinité spatiale du pivot 1 à la profondeur entre 80 et 100 cm 53
Carte 7Salinité spatiale du pivot 6 à la profondeur entre 0 et 20 cm 54
Carte 8Salinité spatiale du pivot 6 à la profondeur entre 20 et 40 cm 55
Carte 9Salinité spatiale du pivot 6 à la profondeur entre 40 et 60 cm 56
Carte 10Salinité spatiale du pivot 6 à la profondeur entre 60 et 80 cm 56
Carte 11Salinité spatiale du pivot 6 à la profondeur entre 80 et 100 cm 57

Introduction

Les sols, utilisés par l'homme depuis des millénaires, restent cependant des formations naturelles peu connuespar les utilisateurs (administrateurs,agriculteurs, pédologue ou autres). L'exploitation de cette couverture superficielle du globe, interface entre les roches et l'atmosphère, peut montrer tous les matériaux qu'elle peut endosser (**RUELLAN et DOSSO, 1993 in IDDER, 2006)**. Les sols sont une ressource limitée, ce qui signifie que leur perte et leur dégradation ne sont pas récupérables au cours d'une vie humaine **(FAO, 2015).** Ils sont soumis à une dégradation, de type physique et chimique, naturel et anthropique, notamment le déficit et l'excès d'eau, la compaction, la diminution de la fertilité et la salinisation (**ROBERT, 1992 inDADDI BOUHOUN, 2010**).

Les estimations mondiales actuelles révèlent une superficie de milliard d'hectares affectée à divers degrés de salinisation du sol **(SHABBIR *et al.*, 2013).** Dans les régions arides et semi-arides du monde, la salinisation des sols est l'un des problèmes environnementaux les plus importants à cause de leur effets néfastes sur la productivité agricole et le développement durable **(GORJI *et al.,* 2015).**

En ce que concerne les sols salés qui constituent un des traits caractéristiques des zones arides, ils occupent des grandes superficies et présentent d'énormes problèmes de mise envaleur, C'est le cas des sols salés algériennes **(HAIMOUD et al,1980 ;DELLAL et al,1992).**

En Algérie, de l'Est à l'Ouest de la côte et au Sahara, les sols agricoles sont dans leur forte majorité, affectés par les sels ou susceptible de l'être **(DURAND, 1958; HALITIM, 1973).**Les travaux de recherche en Algérie montrent que les remontées des eaux phréatiques occupent de grandes étendues à l'Est du Sahara septentrional et les sols présentent des accumulations calcaires et gypseuses de nappes **(IDDER, 1998 ; SAKER, 2000 ; HAMDI-AÏSSA, 2001).** Autrement dit, la nappe phréatique superficielle, dans le climat hyper-aride favorise la remontée capillaire des sels solubles et l'accumulation du gypse de nappe **(HALITIM, 1988).**

Dans la région de Ouargla, caractérisée par une période sèche étalée sur toute l'année, l'irrigation est indispensable pour assurer une production agricole suffisante. D'après **(DAOUD et HALITIM ,1994),** la majorité des eaux d'irrigation du Sahara contiennent des quantités excessives de sels solubles. Ces eaux utilisées en irrigation, provoquent des phénomènes de

dégradation des sols par salinisation, alcalinisation et sodisation **(CHEVERRY et ROBERT, 1998),** et par conséquence la faiblesse des rendements des cultures.

BOUKHALFA, (2015) signale que la céréaliculture en tant que spéculation stratégique pour l'alimentation des populations, joue un rôle prépondérant sur le plan socio-économique. Cette filière présente un intérêt certain pour le développement des régions sahariennes et conditionne leur sécurité alimentaire, malgré les résultats obtenus à travers les niveaux des productions et des rendements enregistrés, aussi bien à l'échelle nationale qu'à l'échelle régionale.

Les céréales cultivées en zones sahariennes sont confrontées à un ensemble de contraintes environnementales, parmi lesquelles on notera principalement: une alimentation en eau insuffisante et irrégulière, des excès de température, une forte salinité, avec des teneurs en NaCl des sols.

Dans ce contexte que s'intéresse notre travail de recherche. Il à pour but de contribuer à la cartographie de la salinité des sols dans la région de Ouargla. L'étude spatiale de la salinité des sols permet d'évaluer le niveau de salinisation.

L'objectif de notre travail est double. Il s'agit dans un premier temps de caractériser la variabilité spatiale de la salinité sous pivot. Dans un deuxième temps, on examineral'évolution ou la diminution de la salinité dans le site d'étude et étudier la situation actuelle de la salinité des sols juste avant la mise en culture,il s'agit d'approcher la répartition spatiale de cette salinité et sa dynamique en profondeur.

Cette étude comporte deux (02) parties :

- La première partie sur la synthèse bibliographique à trois (03) chapitres :
  - ✓ Première chapitre s'intéresse à la Généralités sur la salinité des sols.
  - ✓ Deuxième chapitre **sur**Cultures céréalières.
  - ✓ Troisième chapitre prendra en compte la Présentation générale de la région d'étude.
- La deuxième partie sur l'Expérimentation est comprend deux (02) chapitres :
  - ✓ Quatrième chapitre contient Matériel et méthodes.
  - ✓ Cinquième chapitre traitera les résultats obtenus.

Enfin on terminera par une conclusion.

Partie 1

Synthèse Bibliographique

Chapitre I :

Généralités sur la salinité des sols

Chapitre I : Généralités sur la salinité des sols

I.1- Définitions

I.1.1- Sols Salés :

Les sols salés appelés aussi sols halomorphes caractérisés par leur teneur élevée en sels solubles (plus solubles que le gypse), dans l'ensemble ou dans une partie du profil, ou par la dégradation de la structure de l'un de leur horizon ou de tous les horizons sous l'influence de l'un des ions provenant de ces sels en particulier le sodium **(AUBERT, 1983; BAIZE, 2000).**

I.1.2-Sels Solubles :

Les sels solubles sont tous les sels plus solubles dans l'eau que le gypse. Leur concentration globale est généralement exprimée par la conductivité électrique qui représente en réalité la conductivité électrolytique. Les sels les plus fréquents dans les régions arides et semi-arides sont surtout les Chlorures et les sulfates de sodium, les sulfates de magnésium et à un moindre degré les carbonates de sodium **(HALITIM, 1988)**.

I.1.3- Salinité :

La salinité est la présence des sels solubles dans les eaux ou dans les sols. Selon la richesse en sels et la composition ionique de la solution, plusieurs conséquences plus ou moins néfastes sur la fertilité des sols, l'évolution des paysages ou des aménagements, se manifestent **(BRAUDEAU et HACHICHA, 1998).**Les sols affectés par la salinité présente des concentrations excessives en sels solubles dont les principaux ions concentrés sont les cations (Na^+, Ca^+ , Mg^+, K^+) et les anions (Cl^- ,SO_4^{--} ,$CO3^{--}$,$HCO3^{--}$) (**TANJI, 1990; inHAMDY, 2004**) .

I.1.4- Salinisation :

La salinisation est un processus d'accumulation des sels à la surface du sol et dans la zone racinaire qui occasionne des effets nocifs sur les végétaux et le sol, il s'en suit une diminution des rendements, et à terme, une stérilisation du sol **(MERMOUD, 2006**). La salinisation est un problème général au Sahara. Il est causé généralement par le manque de maîtrise de l'irrigation-drainage dans les palmeraies sahariennes **(DURAND, 1958).** En réalité,Le drainage reste difficile dans les régions du Sud Est algérien soumises au phénomène de laremontée des eaux de la nappe phréatique, etqui ont un problème d'exutoire naturellepour les eaux de drainage, comme le cas de la région de Ouargla **(CÔTE, 1998).**

I.2- Origine de la salinisation :

L'origine des sels solubles dans les sols est très variée. Elleest due généralement à l'altération des roches contenant des minéraux sodiques, potassiques, magnésiens, qui donnent des sels souvent solubles. En régions arides ceux-ci se concentrent sur place ou dans les dépressions et zones basses du paysage **(GAUCHER in AUBERT, 1976).**On distingue d'une part la salinité primaire, d'origine naturelledue à la proximité de la mer, ou à l'existence de dépôts salins géologiques ou parfois actuels, et d'autre part, la salinité secondaire due à des processus de salinisation liés à des activités anthropiques. Cette salinité concerne des surfaces plus réduites que la salinité primaire mais à des conséquences économiques plus importantes car elle peut dégrader gravement la fertilité du sol **(ANTIPOLIS., 2003).**

I.2.1- Salinisation primaire ou naturelle :

Les sels solubles peuvent provenir ou avoir comme origine :

- **le matériau géologique,**qui, par le biais de l'altération, peut libérer les éléments nécessaires à la formation des sels solubles (altération de minéraux primaires riches en sodium, des roches volcaniques, ou encore dissolution des évaporites, qui sont des accumulations salines anciennes) ;

- **l'eau de mer** qui est une source principale de sel en milieu côtier. La salinisation peut alors être un phénomène permanent lié aux marées (salinisation marine), ou encore due à la présence de lentilles d'eau sur salées lorsque les zones basses sont isolées de la mer par un colmatage alluvial (salinisation lagunaire);

- **une nappe phréatique**, d'origine continentale et salée qui, par héritage géologique, peut contaminer le sol par ascension capillaire **(IRD; 2008)**. En réalité, le niveau élevé de la nappe phréatique tend à aggraver ce problème, en déplaçant les sels solubles dans la zone racinaire et vers la surface du sol **(HORNEY et *al*., 2005).**

Ces sols naturellement salins sont fréquents dans les zones arides, parce que l'évaporation potentielle du sol dépasse largement la quantité d'eau qui arrive au sol, ce ci permet aux sels de s'accumuler près de la surface **(ANTIPOLIS, 2003).**

I.2.2- Salinisation secondaire :

Le processus de la salinisation secondaire peut être plus rapide par rapport aux phénomènes naturels, on cite par exemple :

- Le défrichement des forêts entraîne une augmentation de l'évaporation par conséquent une ascension capillaire importante.

- De même, l'emploi des engrais d'une manière excessive et sans lessivage peut aggraver le problème de salinité. Exemple : emploi du KCl sur un sol à salure chlorurée **(BAKHTI., 2005).**

- La salinisation peut être aussi causée par la remontée capillaire des eaux souterraines salines ou peut être le résultat d'une irrigation réalisée avec de l'eau saline (**IPTRID, 2006).**Dans les régions arides, caractérisées par un déficit hydrique, la salinisation est conditionnée par les eaux d'irrigation ayant une qualité chimique médiocre qui diffère d'un pays à un autre. En réalité, les sels se concentrent sur place au niveau des bassins endoréiques, des dépressions et des zones basses du paysage(**REGUIG et LARROUSSI, 2007).**Ces sels seront accumulés et remontés au cours de période sèche.
- En effet, même une eau douce de meilleure qualité contient des sels dissous et, si la quantité de sels apportée par cette eau peut sembler négligeable, les quantités d'eau apportées au fil du temps entraînent un dépôt cumulé des sels dans les sols qui peut s'avérer considérable. Les échanges des cations entre le sol et l'eau d'irrigation sont le début de la salinisation du sol.**(CISEAU en ligne inConférence électronique sur la salinisation)**

I.3-Paramètresdecaractérisation des sols salés

Le diagnostic de la salinité des sols se base sur un ensemble des mesures physico-chimiques (CE, pH et CEC) et chimiques (cations solubles, anions solubles etsodium échangeable). Ces paramètres nous permettrons d'apprécier le degré et la chargesaline ainsi que le faciès chimique des sels et le taux de sodium échangeable.

La mesurede la conductivité électrique et du pH nous permettent d'estimer la salinité globale dans lesol **(HADDAD et ABBES, 2015).**L'étude d'un sol sur le plan de la salinité se base sur un ensemble des paramètresà savoir :

I.3.1- Conductivité électrique :

La salinité est mesurée par la CE de l'extrait de pâte saturé ou l'extrait diluée du sol. Elle est exprimée en dS/m à 25 C° (USSL, 1954) (**Tab.1**). Un sol est considéré salinlorsque la CE à 25°C, est supérieure à 4 dS/m (ou 4 millimhos /cm) **(USSL, 1954 ; CALVET, 2003)**.

Tableau 1 : Classes de salinité en fonction de la conductivité électrique de l'extrait aqueux 1/5 à 25 °C

CE (dS /m) à 25)°C	Degré de salinité
CE≤ 0.6	**Non salé**
0.6<C.E.≤1	**Peu salé**
1<C.E.≤2	**Salé**
2<C.E.≤4	**Très salé**
> 4	**Extrêmement salé**

Source : **(MATHIEU et PIELTAIN, 2009)**

I.3.2. pH du sol :

Selon (**SOLTNER, 1989 *in* HADDAD et ABBES**), la notion de pH du sol permetde façon commandée et précise de désigner la réaction du sol salin. Les sols salés ontun pH supérieur à 7, et il augmente en corrélation avec le rapport Na^{+}/ CEC.

La mesure du pH du sol s'effectue dans une suspension de l'échantillon de sol dansl'eau (pHeau) ou dans l'eau plus de chlorure de potassium (pH kcl) dans laquelle onmesure la concentration en ions H+ et OH- à l'état dissocié, dans le liquidesurnageant. Le rapport sol/eau étant généralement de 1/2,5 ou 1/5. Aussi dans le sol, le pH de la solution varie //habituellement de 4,5 à 9,5 (**MATHIEU et LOZET, 2011).**

I.3.3. ESP (Exchangeable Sodium Percentage) :

Selon (**RICHARDES, 1954**) ce terme permet de caractériser le staded'alcalinisation d'un complexe d'échange. L'ESP (pourcentage du sodium échangeable) est fonction de la CEC exprimée en (méq/1).

$$ESP = Na^{+} \times 100 / CEC$$

I.3.4. SAR (sodium absorption ratio) :

Il s'agit d'un paramètre fondamental pour ladétermination du niveau de l'alcalinisation de la solution du sol. (**RICHARDES, 1954).**D'après (**MATHIEU, 2009**), dans l'étude de mécanisme de sodisation, l'Ecole de Riversideaux Etats-Unis utilise depuis 1969, un paramètre précis pour définir la composition dessolutions du sol ou des nappes salées ; il s'agit de SAR «**Sodium**

Adsorption Ration» ou **tauxde sodium adsorbé.** La classification des sols selon le SAR est représentée ci-dessous (**tab.2**) :

Tableau 2 : Classification de SAR(SERVANT et al. 1966 in BENZAHI, 1994).

SAR (Sodium absorption ratio)	Degré alcalinisation
≤ 4	Basse alcalinisation
4 < SAR≤ 8	Faible alcalinisation
8 < SAR ≤ 12	Alcalinisation moyenne
12 < SAR ≤ 18	Alcalinisation forte
> 18	Alcalinisation intense

Et selon (**Durand. 1958, in BOUTLLI, 2012).** Le SAR est déterminé par la relation suivant :

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

Avec l'unité de les cations définie par méq/l.

I.4. Classification des sols salés ou salsodiques

Selon**DUCHAUFOUR(1977)**, on peut distinguer quatre groupes fondamentaux de sols à savoir : Sols salins à complexe calcique, sols salins à complexe sodique, sols salins à sulfato-réduction et sols alcalins à profil plus ou moins différencié (**Fig.1**).

I.4.1. Sols salins à complexe calcique (Solontchak calcique)

Ces sols se rencontrent dans les régions arides dans lesquelles les eaux de nappe contiennent généralement à côté des sels de sodium une quantité importante de sels de calcium. Dans ces conditions le complexe absorbant se sature de façon préférentielle en cations alcalinoterreux (Ca souvent aussi Mg). Le taux de saturation en Na est toujours inférieur à 15%.

Le complexe absorbant est donc saturé en ions bivalents Ca et Mg qui maintiennent une structure floculée, le profil reste peu différencié de type AC, il est fréquent que les sels s'accumulent en surface où la conductivité électrique de l'extrait de pâte saturée CEdépasse 4mmhos/cm.

I.4.2. Sols salins à complexe sodique (Solontchak sodique)

Le profil de ces sols présente le double caractère de la forte salinité et de l'existence d'un complexe partiellement sodique (saturation en sodium supérieure à 15% pouvant atteindre 30%). Cependant en raison de la forte concentration saline qui règne en toute saison l'influence de la saturation partielle du complexe en sodium est atténuée. Les sels sodiques neutres s'accumulent en surface, ce profil est en équilibre instable et il évolue très vite vers le sol alcalin par abaissement naturel ou artificiel de la nappe.

I.4.3. Sols salins à sulfato-réduction

Il s'agit d'un ensemble de sols très particuliers (polders et mangroves), formés aux dépens des vases marines, le long des côtes ou des estuaires : le matériau initial est un mélange de limons argileux et de matière organique (provenant des organismes marins) douée de propriétés réductrices très marquées. Le pH descend en certaines périodes nettement en dessous de 7, ce qui permet en milieu neutre la réduction des sulfates en sulfures et leur accumulation sous forme de sulfures de fer noir.

Si la nappe salée vient à s'abaisser, les sulfures s'oxydent et s'hydrolysent en acide sulfurique et hydrate ferrique qui forme des taches rouille : H_2SO_4 acidifie fortement le profil, surtout si le milieu est peu tamponné (absence de calcaire) et le pH descend à 2 ou 3 dans certains cas extrêmes.

D'après l'illustration suivante on peut distinguer deux groupes de sols salins à sulfato-réduction :

- Sol salin réduit à sulfure de fer.
- Sol salin oxydé à taches rouille et sulfates.

I.4.4. Sols alcalins

La teneur en sels est plus faible que dans les sols salins, en revanche, l'alcalinité est plus marquée : le pH dépasse 8.5, le rapport Na/CEC s'élève et atteint souvent 50% parfois plus.

- **Sols alcalins non lessivés (phase initiale Solontchak-Solonetz)**

La structure détruite et fondue en période humide, prend, par suite du fort retrait des argiles sodiques, l'aspect de prismes bien individualisés en périodes sèches. Des efflorescences noires de matières organiques et de carbonate de sodium se forment en surface.

- **Sols alcalins lessivés (Solonetz)**

Le lessivage des argiles sodiques intervient sous l'action des eaux de pluie, de sorte que l'horizon prend un aspect plus différencié : un horizon superficiel partiellement décoloré, son pH baisse par suite de l'entraînement partiel des ions Na (pH 7à8).Il surmonte l'horizon ***natrique*** fortement alcalin à structure en colonnes arrondies très caractérisée ; le sommet des colonnes est souvent enrobé d'une couche pulvérulente blanchâtre.

- **Sols alcalins dégradés (Soloth ou Solod)**

C'est le stade ultime de l'évolution du solonetz qui aboutit à une acidification marquée des horizons supérieurs, la base de l'horizon B_t pouvant encore conserver son caractère alcalin primitif.

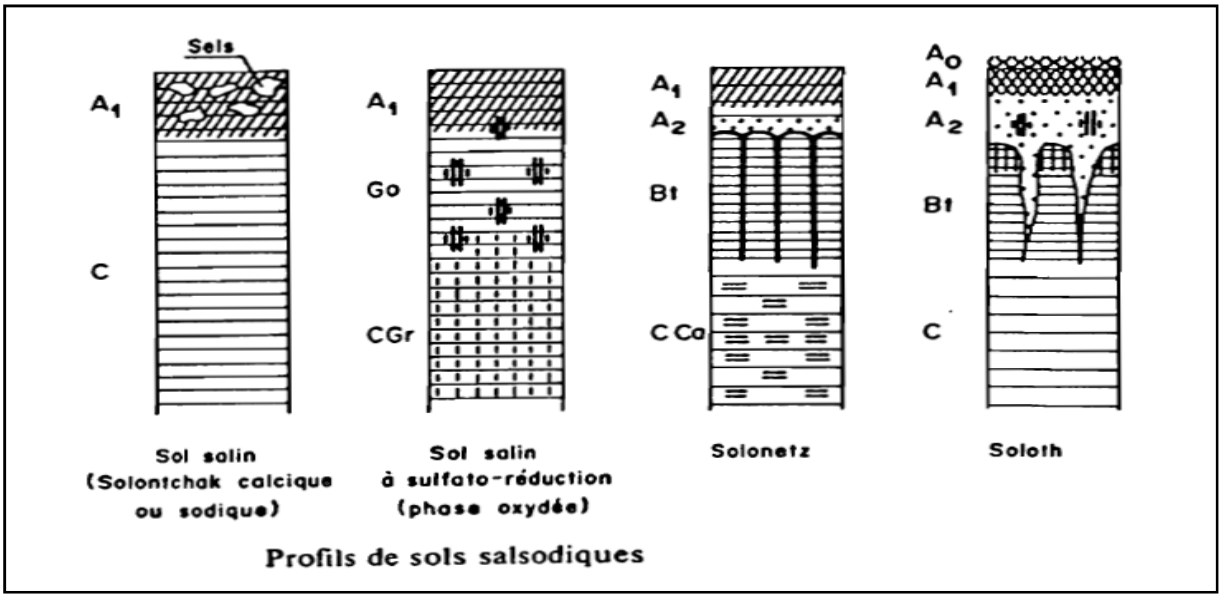


Figure 1 :*Profils des sols salsodiques*

I.5. Répartition des sols salés :

Dans le monde, les terres émergées représentent 13,5 milliard d'ha. Mais, quand on retire les déserts, les hautes montagnes, l'Antarctique, le Groenland, il reste 3 milliards d'ha cultivables, soit 22% du total; c'est seulement 50 fois la France (**NAHON, 2008**). Et, la moitié de ces 3 milliards d'ha cultivables sont déjà cultivés. Comme on prévoit à court terme le doublement des populations humaines, il est plus que temps de se préoccuper de la sauvegarde du capital sol. Or, ce capital est inextensible et menacé.

La salinisation des terres est un problème majeur à l'échelle du globe. Selon la FAOet les estimations les plus récentes, elle affecte déjà au moins 400 millions d'ha et en menace gravement une surface équivalente. Elle est donc très importante quantitativement puisque, encore une fois, nous n'avons qu'un milliard et demi d'ha cultivés sur la Terre**Jean-Paul Legros,2009.**

En Algérieles sols salés occupent de vastes superficies (3.2 millions d'hectares de la superficie totale). Ils sont localisés du Nord au Sud, l'isohyètes 450 mm semble être la limite supérieure des sols fortement sodiques **(DJILI, 2000)**. Selon **(FAO, 2005),** on rencontre plusieurs types de sols salés en Algérie localisés surtout dans les étages bioclimatiques arides et semi- arides.

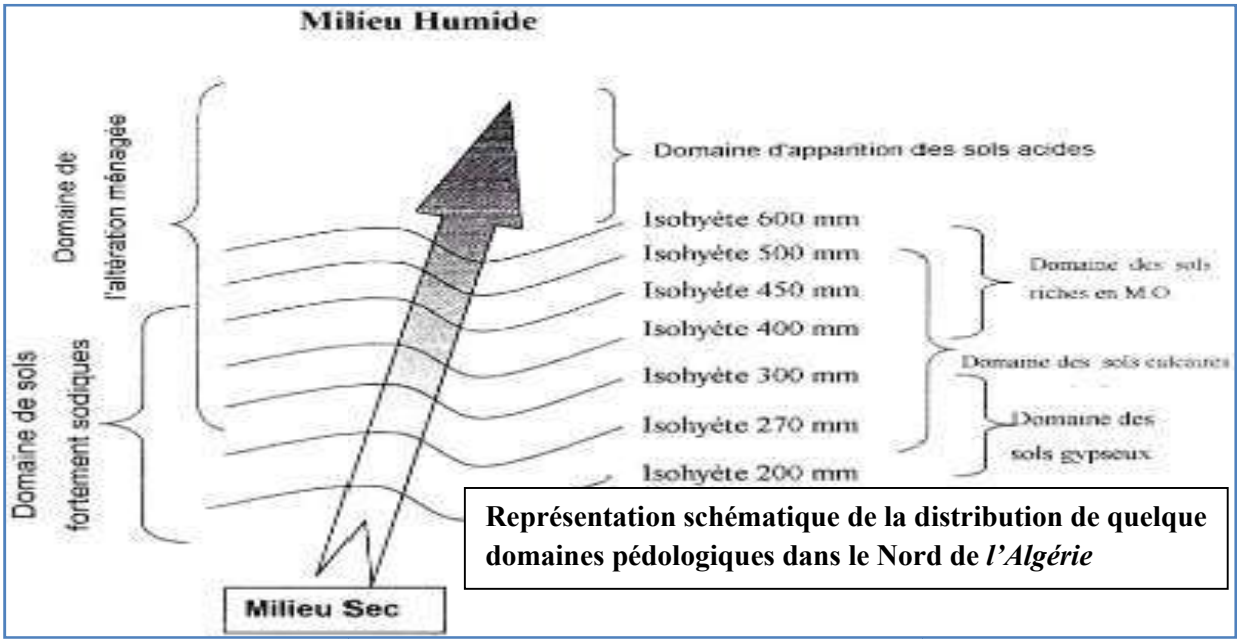


Figure 2 : *Types de sols en Algérie selon le climat* **(Djili , 2000)**

I.6. Relation de la salinité et les plantes :

I.6.1- Effet de la salinité sur les plantes

La salinité pose un problème des l'instant ou l'accumulation de sel dans la zone racinaire atteint une concentration qui provoque une baisse de rendement et ralentit la croissance des végétaux (**BOULAINE, 1974; FAO, 1998 in MENACER, 2009)**. Il faut d'abord rappeler que sur les plantes spontanées ou cultivées, la salinité à deux actions bien distinctes qui peuvent très souvent se produire simultanément :

- **L'intoxication par les sels** qui provoque la décoloration (chlorose); les végétaux ne parviennent pas à absorber les quantités d'eau qui leur sont nécessaires par ce que les sels accumulés dans leur tissu ont tendance a se substituer aux substances organiques qui jouent un rôle dans le phénomène d'osmose c'est le flétrissement prématuré de la plante.
- La **sécheresse physiologique** qui détermine la nanisassions des sujets (**AUBERT, 1963 in BENZAHI, 1994**).

I.6.2-Tolérance des plantes à la salinité

La tolérance de la salinité est l'habilité des plantes à croître et compléter leur cyclede vie sur un substrat contenant la forte concentration des sels solubles. Les plantes quipeuvent survivre sur

des concentrations élevées de sel dans la rhizosphère et croîtrenormalement sont appelées halophytes.

Deux grandes stratégies de résistance au sel étaient connues chez les plantes :

- Limiter l'entrée de sodium au niveau des racines ;
- ou séquestrer le sodium au niveau des feuilles.

Un nouveau mécanisme de tolérance au sel : réside sur le faite que la plante protège ses feuilles, donc sa capacité de photosynthèse, en ré-exportant le sodium des feuilles vers les racines par le flux de sève descendant, de façon à rendre possible une ré-excrétion dans le sol.

A l'échelle de la plante entière, les ions du chlorure et du sodium qui entrent par les racines, sont véhiculés par la sève xylémique jusqu'aux tiges et aux feuilles. Là, ils sont soit stockés (cas de plantes inclusives), ou soit au contraire très peu retenus et mobilisés par la sève phloémique jusqu'aux racines (cas de plantes exclusives) **(DENDEN et *al.*, 2005).**

Les chercheurs ont identifié le gène qui permet ce transport de sodium des feuilles vers les racines chez l'espèce modèle *Arabidopsis thaliana*. La modification de ce gène affecte fortement la résistance de la plante au sel. Il est donc raisonnable de penser que l'on pourra renforcer cette résistance en augmentant l'expression de ce gène. **(BERTHOMIEU et *al.*, 2003).**

En général, les plantes développent un nombre important de mécanismes biochimiques et cellulaires pour faire face au stress salin. Les stratégies biochimiques comprennent :

- l'accumulation sélective ou l'exclusion des ions ;
- le control de l'absorption racinaire des ions et leurs transports dans les feuilles ;
- la compartimentation des ions au niveau cellulaire et au niveau de toute la plante ;
- la synthèse de solutés compatibles ;
- le changement dans le chemin de la photosynthèse ;
- l'altération de la structure membranaire ;
- l'induction des enzymes anti-oxydatives ;
- l'induction des hormones végétale.

Les mécanismes de tolérance au sel sont des mécanismes de faible et de haute complexité. Les mécanismes de faible complexité semblent impliquer des changements de beaucoup de voies biochimiques. Les mécanismes de haute complexité impliquent des changements qui protègent les processus importants tels que la photosynthèse et la respiration, par exemple, l'efficience d'utilisation de l'eau, et ceux qui préservent des dispositifs importants tels que le cytosquelette, la paroi cellulaire, ou les interactions entre la membrane plasmique et la paroi cellulaire **(BOTELLA et *al.*, 1994 in PARIDA etDAS, 2005),** et les changements de la structure du chromosome et de la chromatine, c.-à-d., la méthylation d'ADN, polyploïdisation, amplification des séquences spécifiques, ou d'élimination d'ADN. **(WALBOT et CULLIS, 1985 in PARIDA et DAS, 2005).**

Chapitre II :

Cultures céréalières

Chapitre II : Cultures céréalières

II.1- Présentation des céréales

Les céréales sont des espèces généralement cultivées pour *leur grain,* dont l'albumen *amylacé,* réduit en farine, est consommable par l'homme ou par les animaux domestiques. La plupart des céréales appartiennent à la famille des *Graminées (ou Poacées).* Ce sont le blé, l'orge, l'avoine, le seigle, le maïs, le riz, le millet, le sorgho. Les unes appartiennent à la sous-famille des *Festucoïdées :* blé, orge, avoine, seigle; les autres à la sous-famille des *Panicoïdées :* maïs, riz, sorgho, millet. Enfin, une céréale, le sarrasin appartient à une autre famille, celle des *Polygonacées.*

La culture des céréales est très ancienne dans le monde. On trouve des traces du blé, du seigle, d'avoine et d'orge à 6 rangs dès le Néolithique. Le riz, le millet, le sorgho, le blé étaient cultivés 2700 ans avant notre ère en Chine, les Égyptiens de l'ancienne Égypte connaissaient le blé et le sorgho.

Les céréales ont d'autre part joué un rôle capital dans le développement de l'humanité, la plupart des civilisations se sont développées autour d'une céréale :

- les civilisations asiatiques, autour de la culture du riz;
- les civilisations pré-colombiennes, autour du maïs;
- les civilisations babyloniennes et égyptiennes, autour du blé**(C. MOULE.1971) .**

II.2- Importance des céréales

La culture des céréales est considérée comme l'une des plus importantes pour les sociétés humaines. Les céréales constituent la base de notre alimentation, en raison de la facilité relative des modes de production, de récolte, de stockage et de transport. La culture de céréales est importante également de part la diversité des aires géographiques de production, leur richesse en constituants d'intérêt nutritionnel et de la diversité des modes de préparation et de consommation **(JOËIL et al, 2009).**

La production mondiale des céréales est de 2703.8 millions de tonnes en 2018, le tableau qui suit présente la situation du marché mondiale des céréales durant ces 05 dernières années (Tab.3).

Tableau 3 : La production mondiale des céréales(F.A.O 2019)

Années	Marché mondial des céréales					
	2014/15	**2015/16**	**2016/17**	**2017/18 estimation**	**2018/19 prévision**	
	(en Millions de tonnes,)				**Précédente (07 mars 2019)**	**dernière (04 avril2019)**
Production (1)	2611,5	2587	2664,2	2703,8	2608.6	2655
Disponibilité (2)	3282	3349,2	3454,2	3537	3418,3	3528,8
Utilisation	2516,2	2554	2617,4	2655,3	2651,4	2683,4
Commerce (3)	376,9	392,7	405,1	421,2	413,4	412,1
Stock de clôture (4)	762,3	790	833,2	873,8	766,5	848,7

Dans plusieurs régions d'Algérie, les céréales représentent les ressources principales du Fallah, elles constituent la base de la nourriture des Algériens **(Lerin François, 1986).** Les céréales et leurs dérivées constituent l'épine dorsale du système alimentaire Algérien. En effet, elles fournissent plus de 60% de l'apport calorique, et 75 à 80% de l'apport protéique de la ration alimentaire nationale **(Feillet, 2000)**

En Algérie, les superficies réservées aux céréales sont de l'ordre de six (06) millions d'hectares, chaque année trois (03) à 3,5 millions d'hectares sont emblavés, les restes étant laissés en jachère (non cultivée).En général, 70% de la surface cultivée est destinée particulièrement à la culture de blé, l'orge, et l'avoine n'occupe qu'une faible superficie. Il est à noter que même quand les conditions climatiques sont favorables, la superficie récoltée est moins importante que celle emblavée. La majeure partie de ces emblavures se font dans les régions de : Sidi Bel Abbés, Tiaret, Sétif, El Eulma. Ces grandes régions céréalières sont situées dans leur majorité sur les hauts plateaux. Ceux-ci sont caractérisés par des hivers froids, un régime pluviométrique irrégulier, des gelées printanières et des vents chauds et desséchants **(Belaid,1996 ; Djekoun et *al*., 2002).**

La céréaliculture dans les régions sahariennes constitue une culture stratégique et conditionne la sécurité alimentaire locale et nationale de l'Algérie. Elle n'a cessé de jouer et joue toujours un rôle prépondérant sur le plan socio-économique. Elle présente un intérêt certain pour le développement des régions sahariennes, à travers une exploitation raisonnée et judicieuse des ressources naturelles qui lui sont nécessaires. Mais en dépit de ces atouts, la céréaliculture dans

les régions sahariennes reste confrontée à diverses contraintes qui entravent son développement et sa promotion(**SAKER M . L& DADDI BOUHOUN. M , 2015)**

II.3. Exigences de la culture des céréales

Les exigences des céréales différentes selon l'espèce en question, à ce niveau et vue l'importance de la culture du blé par rapport aux autreespèces comme le maïs, l'avoine ou autre dans la région d'étude, et vue les objectifs de cette étude, on propose de présenter les principales exigences du blé à savoir les conditions édaphiques du sol et les besoins en eaux.

II.3.1-Exigences hydriques

Un blé consomme en moyenne 400 mm d'eau soit 4000 m3/ha (**FARDEAU, 1993**). Un manque d'eau a de graves répercussions sur la plante du blé dur. En zones méditerranéennes sèches, le déficit hydrique intervient dans plus de 50% dans la diminution des rendements (**GRIGNAC,1981 *in* HAZMOUNE et BENLARIBI, 2001**).

Les besoins en eau du blé varient selon les stades et les conditions climatiques. La figure suivante présente les besoins en eau journalier durant les différentes phases du cycle de développement du blé sous pivot (Fig.3). Les doses appliquées varient de 6 à12 mm par jour dans les régions sahariennes **(ITGC 2017**).

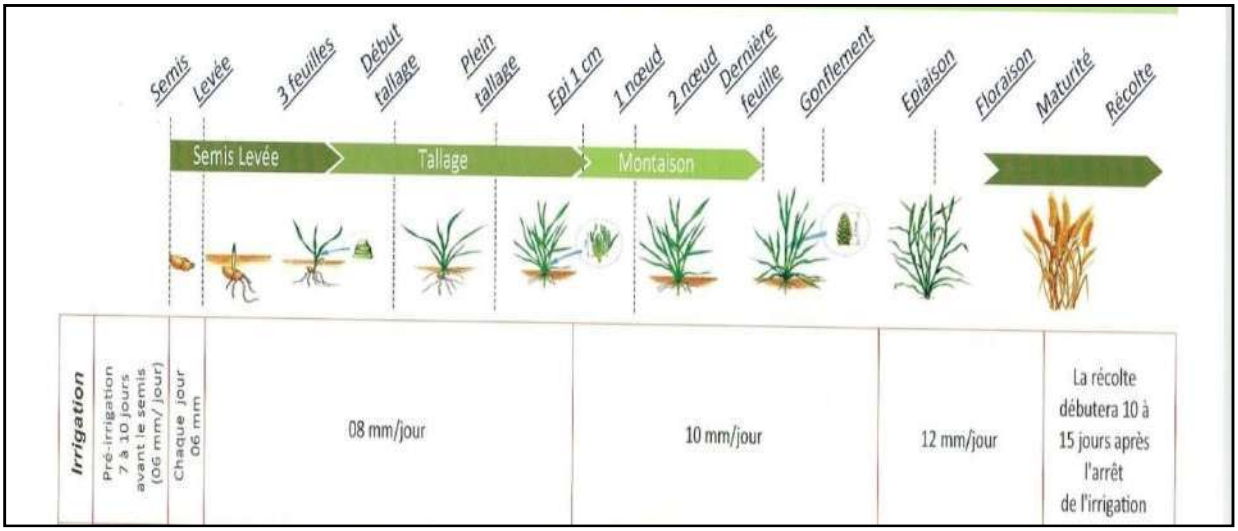


Figure 3 : *Besoins en eau journalières du Blé sous pivot*

II.3.2- Exigences édaphique du sol

Selon **SOLTNER** (**2005a**), trois caractéristiques font une bonne « terre à blé » :

- une texture fine, limono-argileuse, qui assura aux racines fasciculées du blé une grandesurface de contact donc une bonne nutrition ;
- une structure stable, qui résiste à la dégradation par les pluies d'hiver. Le blé n'ysouffrira pas d'asphyxie et la nitrification sera bonne au printemps ;
- une bonne profondeur et une richesse suffisante en colloïdes argile et humus, capablesd'assurer la bonne nutrition nécessaire aux forts rendements.

À l'extrême, le blé peut être cultivé en plein désert à condition qu'il soit irrigué, en Algérie grâce à la nappe d'eau fossile qui se trouve dans le sud à une très grande profondeur.

A ce niveau, il est important de présenter la tolérance des céréales à la salinité du sol. En réalité, le blé est tolérant à la salinité qui peut atteindre jusqu'à 6-8 dS/cm (Tab.4).

Tableau 4 : Tolérance de certaines cultures de céréale à la salinité(exprimée en CE)

Cultures	CE (dS/m)à 25°C	Degré de tolérance
Blé	6-8	Tolérante
Orge	8-12	Très tolérante
Avoine	6-8	Tolérante
Mais	4-6	Modérément tolérante
Sorgho	4-6	Modérément tolérante
Soja	4-6	Modérément tolérante

(Adapté de Brady,N.C. , 2002,The Nature and Properties of Soils,New Jersey,USA, Prentice Hall)

.

Chapitre III-
Présentation de la région d'étude

Chapitre III- Présentation de la région d'étude

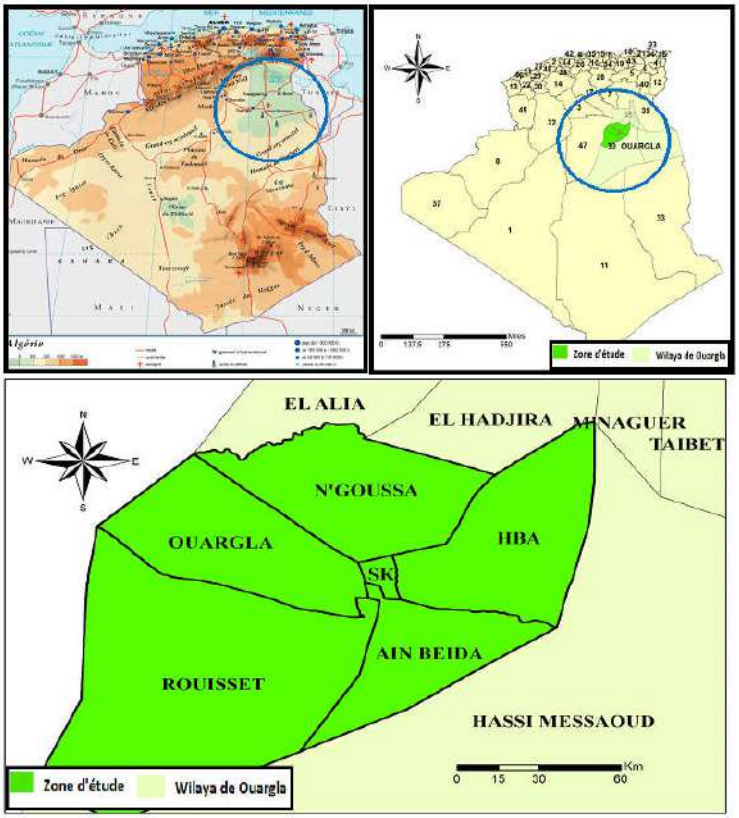
III.1- Situation géographique

La région d'étude fait partie de la wilaya de Ouargla. Cette dernière est située dans la partie Sud-Est du pays. Elle est limitée par les wilayas suivantes (carte 1.) :

- au nord :par les Wilaya de Djelfa, d'El-Oued et de Biskra ;
- à l'Est : par la Tunisie et la Wilaya d'El Oued ;
- au Sud : par les Wilaya de Tamanrasset et d'Illizi ;
- à l'Ouest : par la Wilaya de Ghardaïa.

Le Chef-lieu de la wilaya est située à environ 800 km, au Sud de la capitale, Alger. La wilaya s'étend sur une superficie de 163.230 Km². Elle est composée de 21 communes regroupées en 10 Daïras.

La région d'étude, couvre 6 communes regroupées en 3 Daïras. Il s'agit de la commune de Ouargla, Rouissat, N'Goussa, Sidi Khouiled, Ain Beida et Hassi Ben Abdallah, avec une surface globale de 18.289 km².



Carte 1 : Présentation cartographique de la région d'étude (Source : CDARS, 2019)

III.2- Cadre géomorphologique de la région

La zone d'étude est composée de plusieurs unités géomorphologiques à savoir principalement :

- **Hamada :** Sont des plateaux rocheux à topographie très monotone, souvent plate à perte de vue **(MONOD, 1992).** C'est une formation continentale détritique qui forme un plateau dont l'altitude moyenne est de 200 m. **(LAMINI, 2012).** Ce plateau se localise dans la partie Ouest de la région d'étude**.**
- **Glacis :** Sur les versants qui limitent le plateau de hamada, les glacis s'étagent du plus ancien au plus récent, sur quatre niveaux de 200 à 140 m d'altitude. Ces glacis se caractérisent par des affleurements du substrat gréseux du Moi -Pliocène **(HAMDI AISSA, 2009).**
- **Chotts et Sebkhas :** Les formations quaternaires occupent généralement les points bas des grands bassins sédimentaires et forment des zones appelées en terme arabe "Sebkhas" et "Chotts". Une Sebkha désigne un bas fond fermé et stérilisé par l'accumulation des sels, tandis qu'un Chott, est une zone plus étendue, entourant une Sebkha. Ce sont donc des surfaces d'évaporation et d'exutoire dans lesquelles aboutissent des cours d'eau (**NEZLI, 2004).**
- **Dunes ou ergs :** Elles s'étendent sur toute la surface de la zone sous forme de voiles sableux ou de petits amas de sables pièges dans de petites touffes de végétation, mais particulièrement dans le secteur Est aux environs**(MONOD, 1992)**.
- **Reg :**Ce sont des plaines de graviers et de fragments rocheux. Au Sahara, ils occupent des surfaces démesurées (**MONOD, 1992**).

III.3- Cadre Hydrogéologique de la région d'étude

Les études géologiques **(CORNET, 1964; BUSSON, 1971; ERESS, 1972;FABRE, 1974)** et hydrogéologiques ont permis de mettre en évidence l'existence de plusieurs réservoirs aquifères d'importance bien distincte de leur constitution lithologique, leur structure géologique et les facilités d'exploitation qu'ils présentent. Ces aquifères sont de haut en bas :

- nappe phréatique du Quaternaire ;
- nappe du Complexe Terminal (sables du Mio-Pliocène, des calcaires de l'Eocène inférieur et de Sénonien) ;
- Nappe des grés du Continental Intercalaire.

III.3.1- Nappe phréatique

La nappe phréatique de Ouargla repose sur un substrat étanche, imperméable, de plus de 20 m d'épaisseur qui empêche toute communication entre la nappe phréatique et la nappe du Moi-pliocène sous -jacente **(BONNARD ET GARDEL, 2003**). Cette nappe est essentiellement alimentée par les eaux de drainage de la palmeraie et par les eaux urbaines **(IDDER, 1998 in IDDER, 2005**). La nappe phréatique dont le niveau est souvent proche de la surface, parfois moins de 1 m, généralement entre 1 et 2 m, peut dépasser 18 m au sud de Ouargla ou sous les reliefs (**BONNARD ET GARDEL, 2003**). Cette nappe s'écoule du Sud vers le Nord, suivant la pente de la vallée **(ROUVILLOIS-BRIGOL, 1975**).

III.3.2- Nappe du complexe terminal

Le complexe terminal est représenté par deux aquifères à Ouargla. La première est contenue dans les sables du Moi-pliocène, à une profondeur qui varie entre 30 et 65 m ; et la deuxième, c'est le Sénonien qui se trouve à une profondeur d'environ 200 m **(ROUVILLOIS-BRIGOL 1975)**. L'écoulement de ces deux aquifères s'effectue du Sud-Ouest vers le Nord-Est **(IDDER, 1998 in IDDER, 2005**). La salinité de cette nappe varie de 1,8 à 4,6 g .l^{-1} **(ROUVILLOIS-BRIGOL, 1975 in DADDI BOUHOUN.M 2010**).

Selon **le SASS (2002),** En Algérie et durant l'année 2000, l'exploitation de la nappe est de l'ordre de 22,3 m3/s. Ils ont constatés une nette évolution depuis 1950 quand cette exploitation n'était que de 5,77 m3/s. Cette évolution s'est nettement accélérée au début des années 80 suite à la création de nouveaux forages.

III.3.3- Nappe du continental intercalaire

L'exploitation de cette nappe à Ouargla remonte à 1960. Les forages atteignent la nappe entre 1100 et 1400 m de profondeur, et leurs eaux sont faiblement minéralisés (de l'ordre de 1,9g./l). Ils ont un débit de 250 à 400 l/s **(HAMDI AISSA, 2001**).

III.4- Caractéristiques du climat de la région d'étude

III.4.1- Facteurs climatiques :

L'étude du climat de la région d'Ouargla, a été faite sur une période de 10 ans (2009- 2018), les paramètres utilisés pour cette étude proviennent des données recueillies au près de l'Office National de la Météorologie (ONM) d'Ouargla(Tab.5).

Tableau 5 : Données climatiques de la région de Ouargla(période 2009-2018).

Mois	Température			Humidité(%)	Vitesse du vent (m/s)	Insolation (heure)	Evaporation (mm)	Précipitation (mm)
	TMax (°c)	Tmin (°c)	Tmoy(°c)					
Janvier	19.5	5.2	12.4	55.3	8.2	248.4	97.9	8.8
Février	21.2	7.0	14.1	48.0	9.2	237.4	120.7	4.1
Mars	25.7	10.7	18.2	42.3	9.7	266.8	180.6	5.6
Avril	30.8	15.4	23.1	36.2	10.3	285.3	231.3	1.5
Mai	35.3	20.0	27.7	30.7	10.6	316.3	302.6	2.3
Juin	40.4	24.8	32.6	27.0	10.0	229.3	366.9	0.8
Juillet	44.0	28.1	36.1	22.9	8.9	317.5	447.2	0.4
Août	42.4	27.3	34.8	26.8	8.9	341.4	388.0	0.5
Septembre	38.1	23.5	30.8	35.7	9.1	268.1	266.8	5.4
Octobre	31.8	17.1	24.5	41.5	7.9	270.7	207.6	4.7
Novembre	24.6	10.5	17.5	51.2	7.3	248.2	124.5	3.1
Décembre	19.8	5.9	12.8	58.1	6.9	239.0	86.2	3.7
Moyenne	**31.1**	**16.3**	**23.7**	**39.6**	**8.9**	**272.4**	/	/
Cumul							**2820.2**	**40.8**

T Max : Température maximale. **T min :**Température minimale. **T moy :**Température moyenne

(ONM Ouargla, 2019)

a)- Température : La région de Ouargla est caractérisée par des faibles températures hivernales et des températures estivales élevées. La température moyenne annuelle est de l'ordre de 23,7°C, avec un maximum en Juillet de 36,1°C, et un minimum en janvier de 12,4°C.

- une période froide s'étalant de octobre à Avril avec une moyenne de 17.5 °c ;
- une période chaude s'étalant de Mai à septembre avec une moyenne de température de 32.4 °c. (Tab 5.).

b)- Précipitations : La région d'étude est caractérisée par des précipitations irrégulières dans le temps et dans l'espace. En effet, des précipitations annuelles moyennes (2009-2018) sont de 40.8 mm (**O.N.M, Ouargla, 2019**).

c)- Humidité relative de l'air : L'air est chaud et sec, leur humidité relative moyenne annuel (2009-2018) est de 39.6%. Elle varie en fonction de saison et année (**O.N.M, 2019**).

d)- Vents : Le vent est un phénomène continuel au Sahara, il joue un rôle considérable en provoquant une érosion éolienne intense causant le déplacement des particules sableuses.

(ABIMILOUD, 2004). Les vents soufflent du Nord-est et du Sud. La vitesse moyenne annuelle du vent est de 8.9 m/s (**O.N.M, 2019**).

e)- Insolation : Le Sahara récit une quantité de lumière solaire relativement très forte. Le nombre d'heures annuelles de soleil est de l'ordre de 3000 à 3500 **(OZENDA, 1983).**

La région de Ouargla est caractérisée par une forte insolation. L'insolation correspond à la durée d'éclairement du sol par le soleil. La durée moyenne d'insolation dans la région d'Ouargla est de272.4 heures et par la valeur de la durée de l'isolation maximum est de 341,4 heures en aout .**(O.N.M, 2019).**

f)- Evaporation : L'évaporation est très fort en région de Ouargla à cause de la température élevée surtout en été, donc on a le mois de critique est juillet avec une évaporation de l'ordre de 447.2 mm et le mois plus faible en évaporation c'est décembre avec une évaporation de l'ordre 86.2mm **(O.N.M, 2019).**

III.4.2- Synthèse climatique

Du fait que les éléments climatiques n'agissant jamais indépendamment les uns des autres, donc il est très difficile de caractérisée le climat sans l'utilisation de diagramme ombrothermique de BAGNOULS et de GAUSSEN, le diagramme Climagramme d'EMBERGER et Indice d'aridité de Demartone. Ces derniers sont développés dans ce qui suit.

III.4.2.1- Diagramme ombrothermique de Gaussen

Pour Gaussen un mois est « sec » si le quotient des précipitations mensuelles « P » exprimé en (mm), par la température moyenne « T » exprimé en (°C) est inférieur à deux (02 (**Fig.4**). La représentation sur une même graphique de la température et des précipitations moyennes mensuelle, avec en abscisse les mois, permet d'obtenir le diagramme Ombrothermique mettant immédiatement en évidence les saisons sèches et les saisons pluvieuse **(GERARD, 1999).**

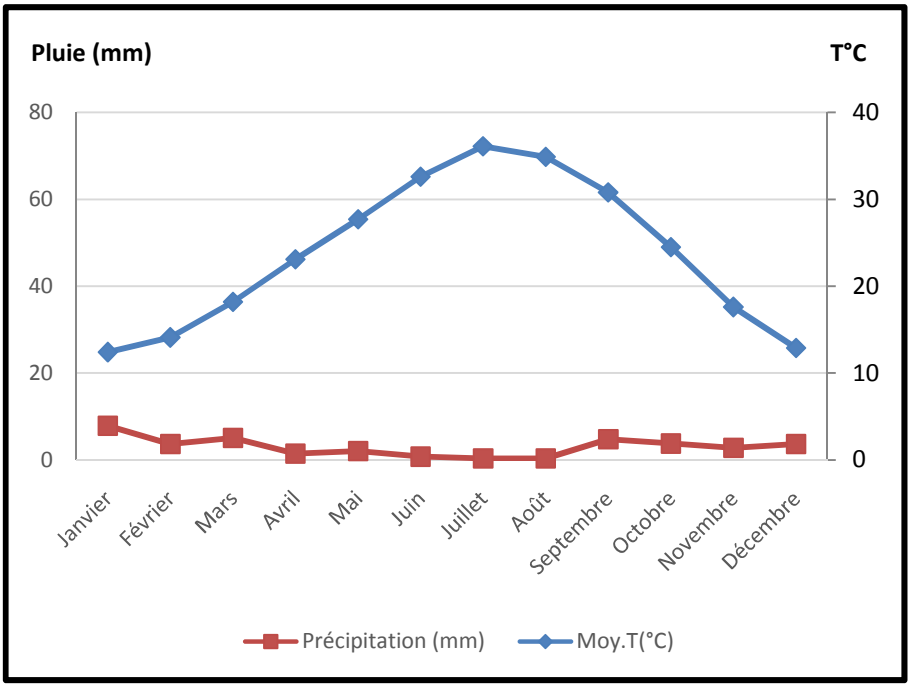


Figure 4 : Diagramme Ombrothérmique de la région d'Ouargla **(2009-2018)**

III.4.2.2- Climagramme pluviothermique d'Emberger

Le quotient pluviométrique d'Emberger (Q3) élaboré en 1990 est spécifique au climat méditerranéen, il tient compte des précipitations et des températures, et nous révélé l'étage bioclimatique, la formule établit par **STEWART (1969)** est comme suit (**Tab.6**) :

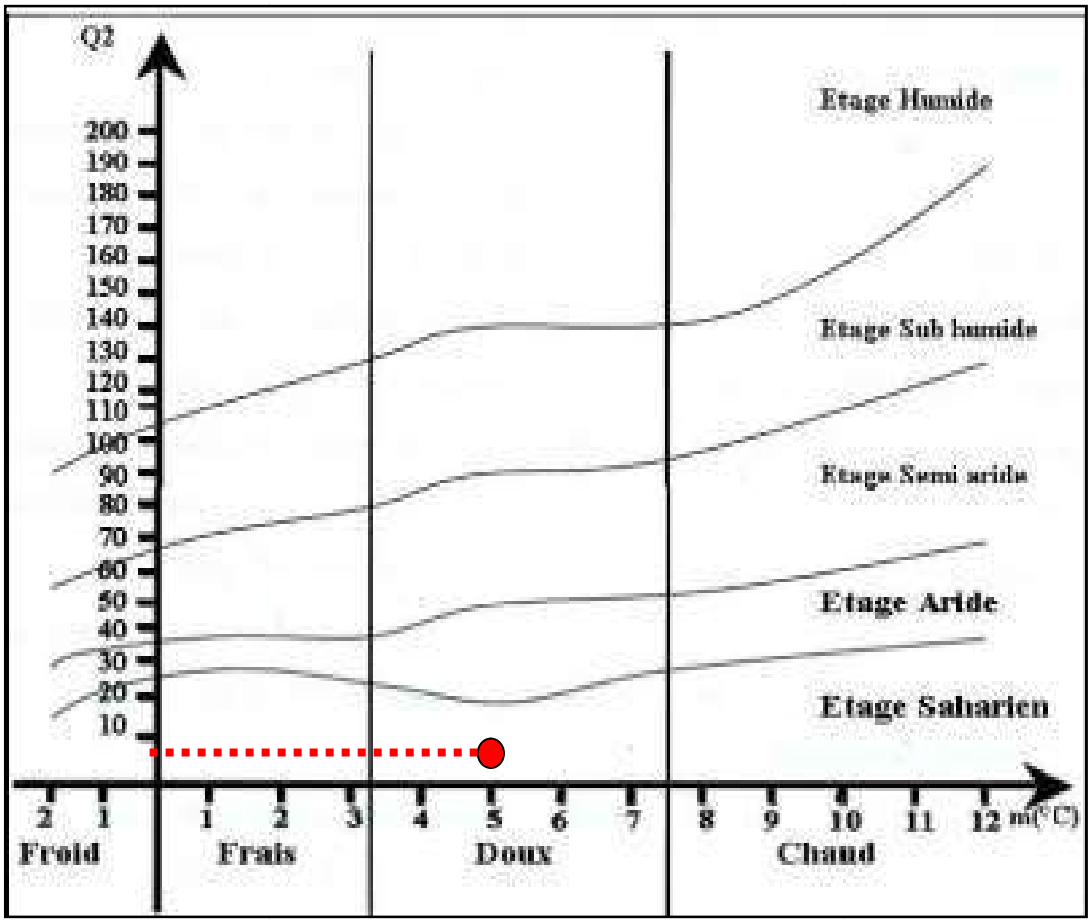
$$Q3 = 3.43 \times \frac{P}{M-m}$$

- **Q3** : Le quotient pluviothermique d'Emberger.
- **P** : la pluviométrie annuelle en mm
- **M** : la température maximale moyenne du mois le plus chaud en °C.
- **m** : la température minimale moyenne du mois le plus froid en °C.

Tableau 6 : Calcule du quotient pluviométrique d'Emberger

Paramètre	P (mm) Cumul	M	M	Q3	Etage bioclimatique	Hiver
Ouargla	40.8	44.0	5.2	3.60	Saharien	Doux

D'après ce tableau (**Tab.6**), on trouve que la région d'Ouargla est située dans l'étage bioclimatique saharien avec un hiver doux (**Fig.5**).



● Ouargla

Figure 5 : *Situation de la région de Ouargla au niveau du climagramme d'EMBERGER.*

III.4.2.3- Indice d'aridité de De-Martonne

La formule est donnée comme suit :

$$I=P/(T+10) \quad \text{(DE-MARTONNE, 1925)}$$

Avec :

- P : la pluviométrie annuelle moyenne en (mm)
- T : la température moyenne annuelle en (°C)

Le classement des régions se fait selon les limites suivant (**Tab.7**) :

Tableau 7 : Indice d'aridité de DE-Martonne

Indice	Ia<10	10<Ia<20	25<Ia<35	Ia<35
Climat	Aride	Semi aride	Sub humide	Humide

Source(Gerard ,1999)

Pour la période considérée (2009-2018), l'indice d'aridité de De-Martonne d'Ouargla est de 1.21 traduisant un climat aride. Selon **HAMDI AISSA, (2004)** le climat de Ouargla est aride à hyperaride (0< I <5). Ce qui est conforme à cet indice d'aridité de De-Martonne très faible.

III.5. Caractéristiques pédologiques des sols

Les zones sahariennes sont constituées d'immenses étendues impropres à l'agriculture. Le plus souvent, dans ces régions, on appelle sol agricole, des zones constituées de couches sédimentaires superficielles dont la fertilité et le pouvoir de rétention en éléments fertilisants et en eau sont faibles. Les horizons de surface sont le plus souvent recouverts d'apports sableux éoliens ou sont très argileux ; ou encore encroûtés ou salés. L'agriculture ne peut se pratiquer sans apports fréquents d'éléments fertilisants et d'eau **(DJENNANE, 1990).** En surface, des terres alluviales ou des chotts ; les cultures créent et entretiennent un horizon humifère, parfois important, tandis que l'irrigation joue un rôle complexe, lessivant les terres hautes et bien drainées, mais asphyxiant par ses apports en sels les terres basses des rives des Sebkhas **(ROUVILLOIS-BRIGOL, 1975).**

Du point de vue pédologique, la région de Ouargla est caractérisée par des sols légers à prédominance sableuse et à structure particulaire. Ils sont caractérisés par un faible taux de matière organique, un pH alcalin, une activité biologique faible, une forte salinité et une bonne aération **(ROUVILLOIS-BRIGOL, 1975).** D'après l'étude de **HAMDI AISSA et GIRARD (2000),** la région de Ouargla est caractérisé par les cinq pédopaysages suivants d'Ouest en Est :

- **Sur le plateau** : *LITHOSOL* pétrocalcarique de Hamada à encroûtement gypseux en profondeur ;
- **Sur le glacis :** *REGOSOL* sableux à graviers, saliques ;
- **Dans le chott,** *SALISOL* chloruré sulfaté à horizon gypseux et pétrogypsique de surface ;
- **Dans la sebkha**, il s'agit d'un *SALISOL* chloruré sulfaté, avec ou sans horizon gypseux et/ou calcaique ;
- **Les dunes**, sont des *REGOSOLS* sableux .Il existe aussi des cordons dunaires. Enfin dans les talwegs et sur les versants rocheux, on trouve en surface des affleurements de grès rouge du Mio-pliocène.

III.6- Céréaliculture sous pivot à Ouargla

III.6.1- Présentation du système d'irrigation (pivot)

Le pivot, également appelé rampe pivotante, est un appareil d'irrigation mobile, arrosant en rotation une surface circulaire ou semi-circulaire. Le pivot est constitué par une canalisation de grande longueur, tournant autour d'un axe ou pivot par lequel se fait l'arrivée d'eau. La canalisation est portée, de proche en proche, par des tours équipées de roues, animées par des moteurs électriques. Les tours séparent l'appareil en travées rigidifiées par un système de triangulation et de tirants. L'eau est distribuée par des asperseurs ou des buses disposées de long de la canalisation. Un canon d'extrémité, placé au bout du porte-à-faux complète souvent l'équipement (**Fig.6**).

Le mouvement de la rampe est discontinu, l'alignement de l'ensemble est commandé au niveau de chaque tour par des contacteurs, sensibles à l'angle formé par deux travées contiguës.

Les travées ont une longueur variant de 30 à 60 mètres. Le nombre de travées varient de 3 à plus de 7 en fonction des objectifs de recouvrement. Au Sahara algérien, ils existent des pivots d'irrigation de 10, 15, 25, 30 et 50 ha. Le choix entre cette gamme de pivots reste fonction de plusieurs paramètres, dont les plus importants sont le financement et le débit du forage **(CCLS, 2017).**

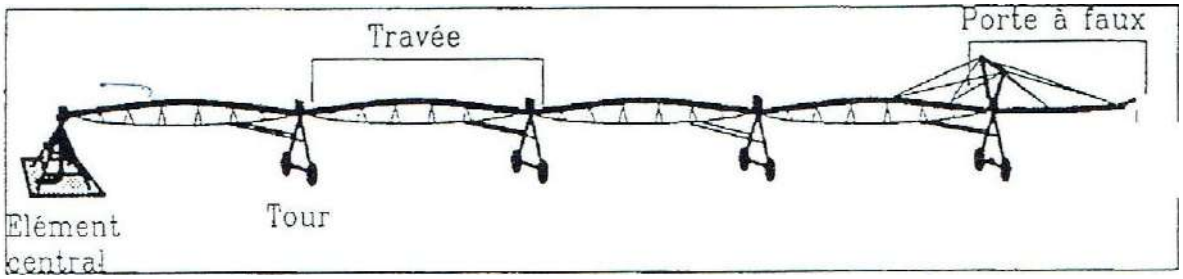


Figure 6 : *Description de pivot*

C'est un système, qui permet d'irriguer des surfaces très importantes dans des terrains même accidentés, il donne de bons résultats techniques tout en minimisant les charges, et en augmentant la production. **(CHAOUCHE, 2006).** Autrement dit, l'intérêt essentiel de ce type de matériel est sa simplicité de mise en œuvre, ses possibilités de fonctionnement automatique et ses performances en termes d'uniformité d'apport d'eau.

III.6.2- Historique et début d'introduction des pivots à Ouargla

Le système d'irrigation à pivot central est répandu dans le monde, notamment aux États-Unis, où il a été inventé en 1947 par Frank Zybach à Strasburg, Colorado. Il est utilisé partout dans le monde, il est particulièrement bien adapté dans les terrains plats, comme dans le cas des régions sahariennes.

Dans la wilaya de Ouargla, le système d'irrigation par pivot a été introduit en 1986 par la coopérative des céréales et des légumes secs **(CCLS**), au niveau de la zone de Ain Zecar, à environ 20km au Sud-Est du la commun de Ouargla. L'exploitation créée couvre une superficie de 50 ha, avec un seul pivot d'irrigation. L'année suivante, en1987, un autre projet à été réalisé par la société américaine Western Agri Management International (W.A.M.I) pour la réalisation de deux fermes pilotes, dans les zones de Gassi Touil et de Fejet El-Baguel, au sud de la commune de Hassi Messaoud. Ce grand projet s'inscrit dans le cadre de la mise en valeur agricole des régions sahariennes et couvre une superficie de 2080 hectares (**DAOUD** et **HALITIM, 1994**).

III.6.3- Evolution des céréales sous pivots

L'évolution du nombre des pivots et la surface des céréales ainsi que les rendements moyens, durant la période 1986-2019, sont présentés dans le tableau suivant (**Tab.8**) :

Tableau 8 : Evolution de la céréaliculture sous pivot dans la région de Ouargla

.

Compagne	Nombre de pivot	Dont Opérationnels	Superficie Totale	Superficie emblavé	Superficie Moissonnée	Rendements
1986 /87	2	2	62	62	10	10,0
1990 /91	24	20	598	514	410	13,4
1994/95	54	11	1660	735	735	35 ,1
1998/99	54	24	1539	686	686	12,6
2002/03	48	16	1368	456	456	33,6
2006/07	48	5	1368	94,5	94,5	7,5
2010/11	37	11	980	312	312	29,4
2013/14	19	14	659	360	360	19,53
2016/17	97	68	2681	2458	2458	36
2018/2019	142	/	3.010	/	/	35 qx/ha prévision

D'après les données statistiques on déduit 03 phases principales d'évolution à savoir :

- **1986-1999**: une augmentation progressive des nombres des pivots, des superficies emblavées et des rendements.Suite à la création des nouveaux périmètres de mise en valeur.
- **1999-2010** : une réduction progressive des nombres des pivots opérationnels avec la chute des superficies cultivées.Dégradation et délaissement suite aux problèmes technico-économiques rencontrés.
- **2014- 2019** : Une nette augmentation des nombres des pivots et des superficies cultivées. Cette situation est expliquée suite au programme de subvention de l'Etat, et d'accompagnement des investisseurs par les crédits bancaires et l'appui technique (**Fig.7 et Fig.8**).

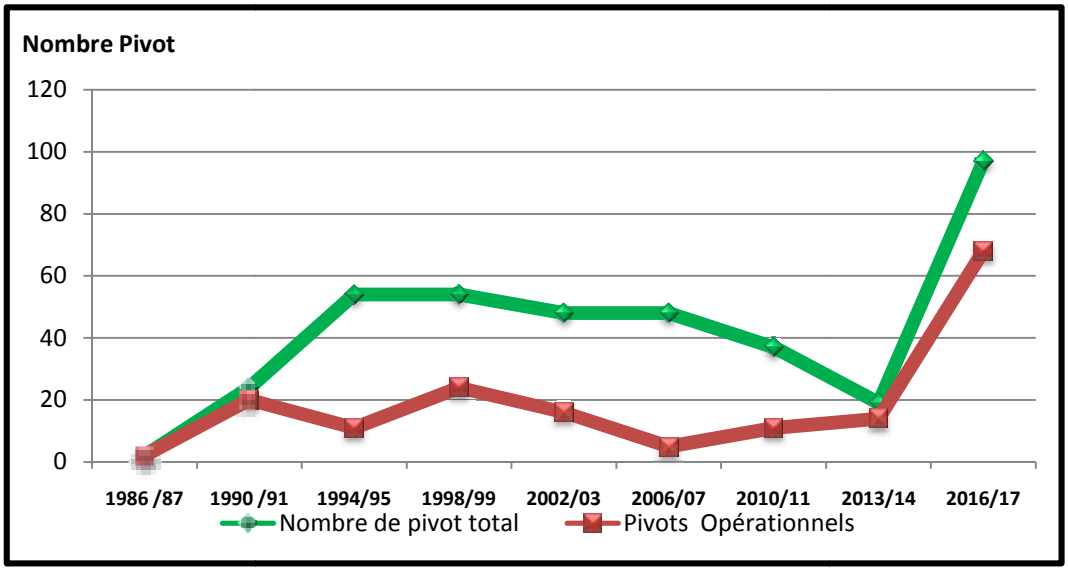


Figure 7 : L'évolution des pivots dans la région de Ouargla

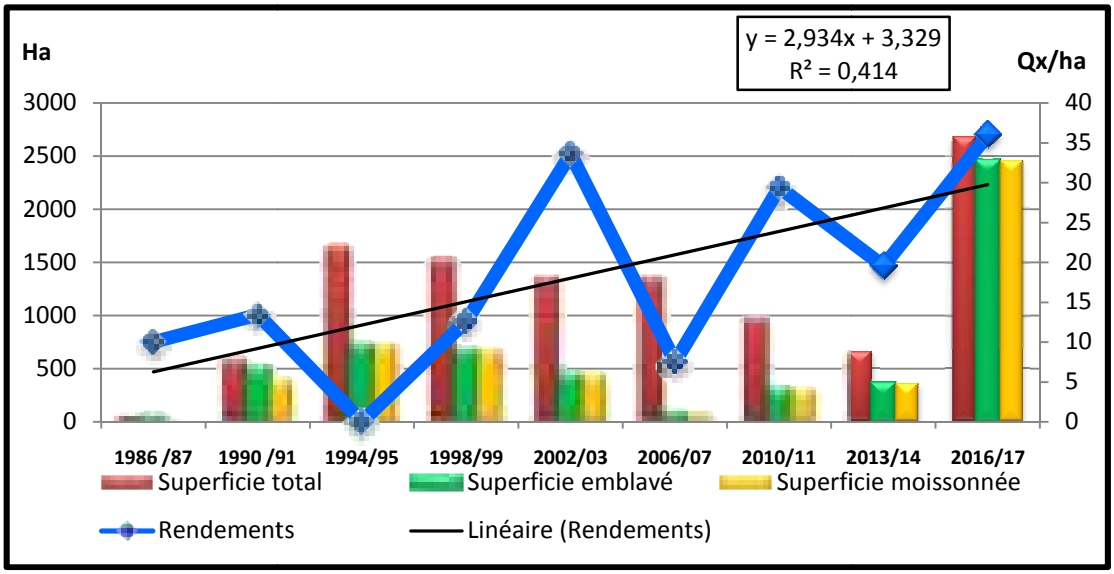


Figure 8 : L'évolution des superficies sous pivot dans la région de Ouargla

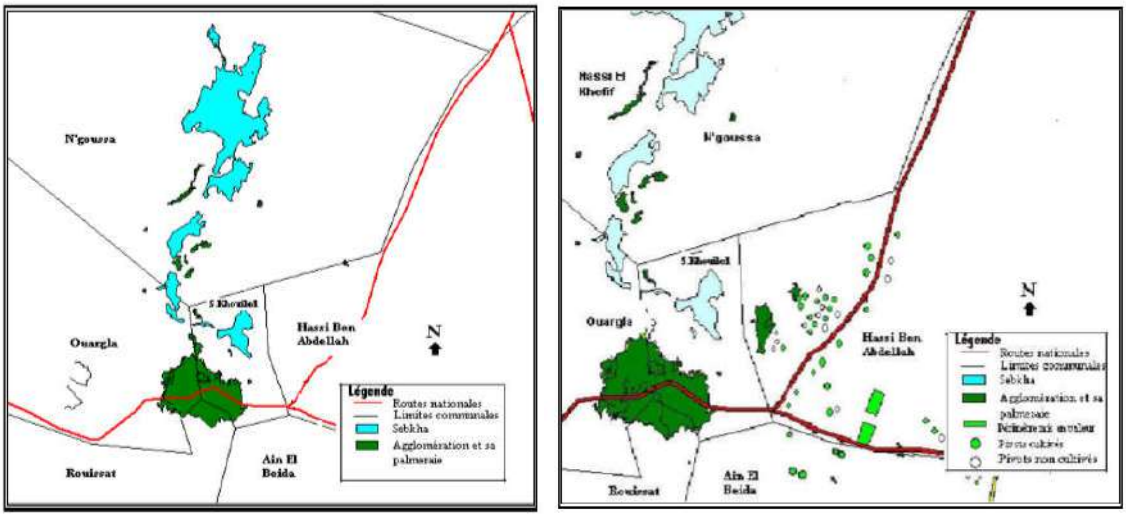
Selon le directeur des services agricoles (**DSA)**de la wilaya de Ouargla, durant cette compagne 2018/2019, les résultats encourageants avec unbon rendement, ont été enregistrés par soixante-huit (68) agriculture activant à travers les cinq pôles de la céréaliculture qui se répartissent sur le territoire des communes d'Ouargla, Sidi Khouilled, N'Goussa, El-Hadjira et Hassi Messaoud.

Le nombre actuel des pivots est de 142, la superficie dédiée à la céréaliculture n'a pas cessé de s'intensifier d'une année à l'autre à Ouargla où la production céréalière, toutes variétés confondues, est en hausse, celle-ci est passée de 131 hectares en 2014, avec une production de 4.326 quintaux de céréales à 3.010 hectares en 2019, avec une production prévisionnelle de 100.000 quintaux au titre de l'actuelle saison agricole (2018-2019).

III.6.4- Présentation cartographique des pivots de la région de Ouargla

Les travaux de (**CHAOUCHE, 2018**) permet de présenter la répartition spatio-temporaire des pivots dans la région de Ouargla. Ces cartes nous permettent d'identifier clairement la localisation (**Fig.9**) :

- Les pivots en cours d'exploitation ;
- Les pivots délaissés ;
- Les pivots nouvellement introduits



Carte de l'espace agricole à Ouargla au début du siècle écoulé

Carte de l'espace agricole à Ouargla au début des années 90

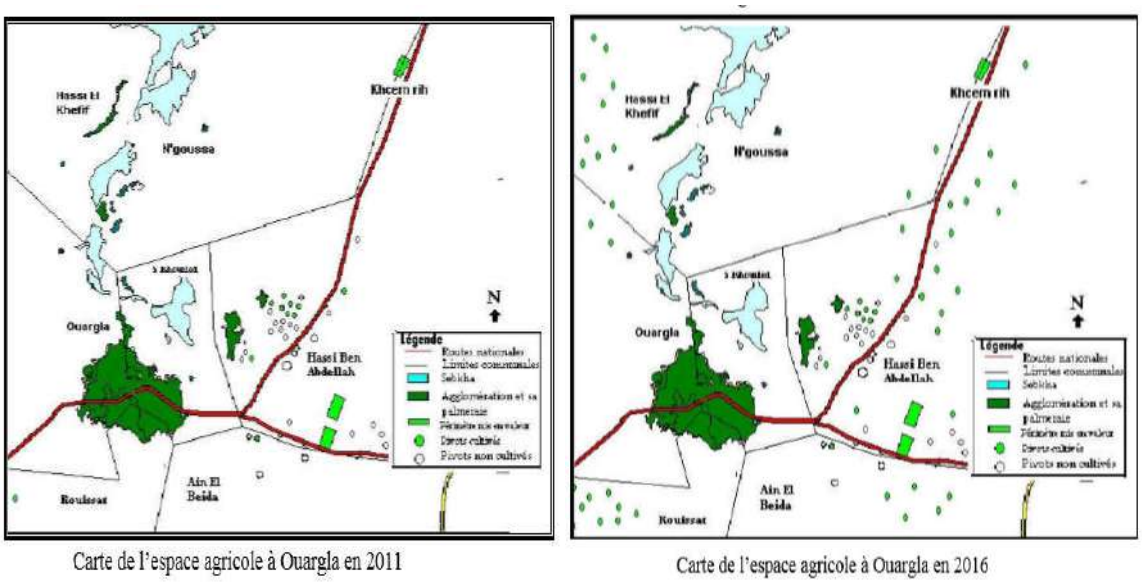


Figure 9 : Carte de l'espace agricole à OuarglaSource (CHAOUCHE 2018)

.

L'observation de la figure n°9 nous permet de remarquer que

** la carte de l'espace agricole des années 90 (en comparaison avec la carte au début du siècle), très optimiste, montre que la conquête de l'espace est une alternative et que les potentialités physiques jointes aux nouvelles technologies offrent des perspectives prometteuses.

**La carte de l'espace agricole en 2011 illustre une autre réalité : durant les années 2000 à 2010, les potentialités physiques et les nouvelles technologies ne peuvent à elles seules créer et maintenir de nouveaux espaces agricoles, en effet plusieurs exploitations de taille relativement importante n'ont fonctionné que pour une durée très limitée pour être récupérée par le grand désert.

** la carte de l'année 2016 montres bien la nouvelle répartition spatiale des périmètres agricoles crées dans le cadre du développement des céréales sous pivot. (Fig 9)

Partie 2 :

Expérimentation

CHAPITRE IV :

Matériel et méthodes

CHAPITRE IV : Matériel et méthodes

Ce travail est réalisé sur deux pivots qui sont irrigués chacun par un forage, soit donc deux forages concernés par l'étude.

IV.1- Etude des eaux

Les eaux des 2 forages d'irrigation sont prélevées et analysées au laboratoire. Les analyses d'eaux ont porté sur la conductivité électrique, le résidu sec à 105° C, le pH, les cations et les anions. Ces derniers sont utilisés pour déterminer le fasciées chimique et la qualité des eaux, avec le calcule du SAR et de l'ESP.

IV.2- Etude du sol

Rappelons que, la qualité du sol est un élément essentiel pour l'évaluation de la durabilité de la mise en valeur agricole intensive. Un aménagement du sol ne peut être durable que s'il maintient ou améliore les qualités des sols (**LARSON et PIERCE, 1992**).

Autrement dit, pour évaluer la qualité du sol, l'U.S.D.A (1999) a proposé deux manières d'évaluation :

- Soit par la prise de mesures périodiquement dans le temps pour surveiller les changements ou les tendances de qualité de sol ;
- Soit par la comparaison des valeurs mesurées à un état de sol de référence ou à l'écosystème naturel.

L'approche méthodologique choisie dans notre étude permet de caractériser les sols, et de comparer les valeurs mesurées des caractéristiques du sol à un état de référence (témoin), pour déduire l'effet de l'irrigation sur la salinisation des sols. Il s'agit d'approcher la répartition spatiale de la salinité des parcelles des céréales cultivées sous pivots, que ce soit horizontalement ou verticalement selon une profondeur allant jusqu'à 1 mètre. Le témoin dans ce cas est le sol qui se localise à proximité de chaque pivot.

IV.2.1- Choix de site d'étude

Le site d'étude est une exploitation agricole se localise dans la commune de Hassi Ben Abdallah qui est située à l'Est de la ville de Ouargla. Cette commune issue du dernier découpage administratif (1984) est distante de 20 Km du chef-lieu de la wilaya et de 08 Km du chef-lieu de la daïra de Sidi Khouiled. Elle s'étend sur une superficie totale de 3060 km^2,

avec 6.458 habitants. La surface agricole attribuées de la commune de Hassi Ben Abdellah jusqu'à 2017 est de 14.439 ha dont 7600 sont mises en valeur (**DSA, 2018).**

L'exploitation agricole du site d'étude, fait partie du grand périmètre El KHAFDJI crée en 1991, elle a fait l'objet de concession au profit du groupe E.R.I.A.D (AGRODIV - actuellement) dans l'objectif de développement des céréales sous pivot.Elle couvre une superficie totale de 1134 ha, avec16 pivots dont 12 pivots de 30 ha et 4 pivots 32 ha, soit une surface exploitable sous pivot de 488 ha.En plus de la céréaliculture, la phoeniciculture trouve sa place avec un effectif de 1400 pieds couvrant une superficie de 14 ha, comprenant les variétés Deglet Nour, Ghars et Deglat Baida. Pour la plasticulture il existe 15 serres qui couvrent une superficie totale de 6000 m², ces serres ne sont pas exploitées ces dernières années.

Les ressources hydriques au niveau du site proviennent de deux aquifères :

- le continental intercalaire (1 forage en exploitation collective avec les exploitations du périmètre Jeune d'El KHAFDJI) ;
- et le complexe terminal (16 forages soit 1forage par pivot).

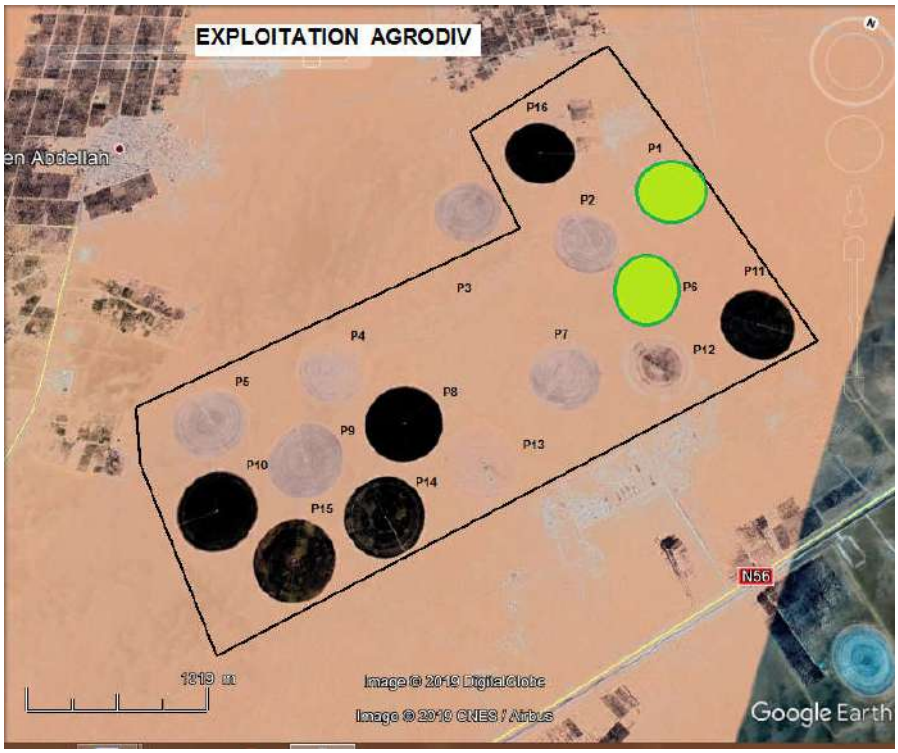


Figure 10 : Image satellitaire présenté site d'étude (Google Earth,2019)

IV.2.2. Choix des parcelles d'étude

Chaque pivot est une parcelle d'étude. Le nombre de pivots choisi pour cette étude est de deux (2). Selon la numérotation officielle de l'exploitation, il s'agit du pivot **n°1** et **n°6**, ils se localisent dans la partie Nord-est de l'exploitation. La différence entre ces deux pivots ces que le

premier est en cours d'exploitation ces derniers années et le second était en cours de repos pour une durée de 05 ans. Le tableau suivant montre l'historique de successions des cultures dans les pivots (**Tab.9).**

Tableau 9 : Historique des précédents culturaux pour chaque parcelledans le sited'étude

Compagne	Pivot 6	Pivot1
13/14	/	/
14/15	/	/
15/16	/	Blé dur
16/17	/	Blé tendre
17/18	/	Blé tender
18/19	Blé dur	Sorgho (prévu)

IV.2.3. - Description des parcelles d'étude

Chaque pivot qui couvre une surface de 32 ha, est composé de 6 travées. La surface couverte par chaque travée est désignée comme étant une zone. On dispose donc de 06 zones circulaires en forme d'anneaux (**Photo.1**).

Une 7ème zone périphérique aux zones irriguées, est identifiée comme étant une zone témoin. C'est une zone périphérique au pivot et non irriguée au part avant, cela signifie qu'elle conserve l'état initiale du sol avant la mise en valeur.

Photo 1 : *Présentation des parcelles d'étude*

IV.2.4.Choix de points d'échantillonnage

- la méthode d'échantillonnage choisi se base sur la forme circulaire du pivot ;

- le nombre de points varient selon la zone de telle sorte qu'on dispose de 3 à 4 points par hectare surtout pour la zone irriguée.
- le nombre des points dans la zone témoin est moins dense par rapport aux autres zones.

Le nombre total de points d'échantillonnage est 157 avec 80 points pour le pivot n°1et 77autres pour le pivot n°6(**Fig.11**).

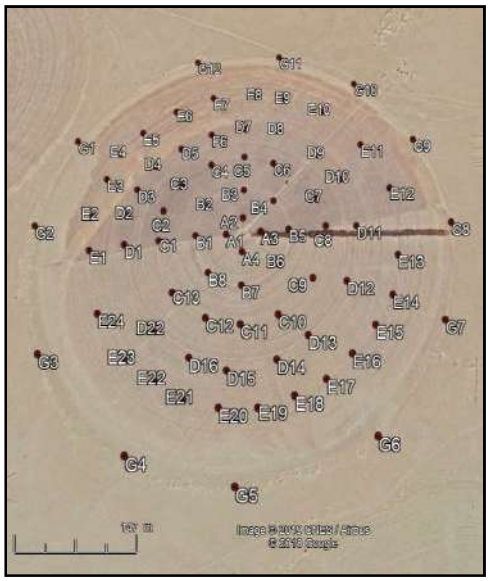


Figure 11 : *Localisation des points d'échantillonnage du pivot 6*

IV.2.5.Echantillonnage du sol

Dans chaque **point** d'échantillonnage, le sol a été échantillonné par une tarière sur une profondeur de 1 m, découpé en 05 tranches de 20 cm d'épaisseur comme suite : de 0 à 20 cm, de 20 à 40 cm, de 40 à 60 cm, de 60 à 80 cm et de 80 à 100 cm. le nombre totale des échantillons pour les deux pivots est de785échantillons (**Photo.2**).

Les échantillons collectés sont séchés en l'air libre et conservés pour une analyse au laboratoire (**Photo.3**).

Photo 2 : ***Méthode d'échantillonnage sur terrain par tarière***

Photo 3 : *Echantillons séchés à l'air libre*

IV.2.6. Identification des échantillons

Chaque échantillon porte un code d'identification composé de :

- Code du pivot (P1 ou P2) ;
- Code de zone (A, B, C, D, E, F et G) ;
- Code de profondeur (H20, H40, H60, H80, H100) ;
- Un numéro d'ordre pour chaque zone.

Le code d'échantillon sera donc comme exemple :

- P1AH20E1
- P1AH40E1
- P2BH100E20

IV.3. Choix des méthodes et paramètres d'analyse

Les paramètres et les méthodes utilisées pour l'analyse des échantillons de l'eau et du sol sont :

- ✓ **Fractionnement granulométrique :** La méthode utilisée est un tamisage manuelle de la terre fine (<2 mm) par l'utilisation d'une série de tamis (1mm, 0.2 mm, 0.125mm, 0.1mm, 0.045 mm). Ces tamis permettent d'identifier progressivement la texture des sols selon le tableau suivant (**Tab.10**) :

Tableau 10 : Classes granulométriques du sol

Texture du sol	Profondeur cm
Sable Très Grossier	2 à 1 mm
Sable Grossier	1 à 0,2 mm
Sable moyen	0.2 à 0,125 mm
Sable fin	0.125 à 0,1mm
Sable très Fin	0.1 à 0.045mm
Limon et Argile	0.045 mm

- ✓ **Mesure du pH :**Il est mesuré par un pH-mètre avec l'utilisation de l'extrait dilué du sol/eau = 1/5, selon la norme (**AFNOR, 1999).**

- ✓ **Mesure de la conductivité électrique (CE à 25°C) :** Elle est mesurée par un conductimètre avec l'utilisation de l'extrait dilué du sol/eau de 1/5, selon la norme **(AFNOR, 1999).**

- ✓ **Résidu sec :** Elle consiste à mettre 50 ml d'eau de forage ou de l'extrait dilué du sol/eau à1/5 dans un bécher taré, pendant 24 heures à 105°C, la différence de poids constitue le résidu sec. il nous permet d'estimer la charge saline en gramme par litre.

- ✓ **Dosage des anions :** Le dosage de (Cl-,SO4-- ,NO3-) à été effectué sur l'extrait 1/5 de sol par la spectrophotomètre.

- ✓ **Dosage des carbonates ($CO3^{--}$)** et **des bicarbonates ($HCO3^{-}$)** : Par titrimétrie sur l'extrait 1/5.

- ✓ **Dosage des cations solubles** : Le dosage de ces éléments (**Na+, Ca++, K+**) a été effectué sur l'extrait 1/5 du sol par le spectrophotomètre d'absorption à flamme Le principe de cette méthode est la mesure des densités optique des extraits de sol et de les comparer avec des courbes d'étalonnage préalablement tracées.

- ✓ **Dosage de magnésium (Mg++)** : par titrimétrie méthode classique.

IV.4. Outils et méthodes de traitement des données

Pour mieux analyser et interpréter les résultats il est procédé :

- à l'utilisation d'un certain nombre d'indicateurs (voir annexe) qui peuvent nous permettre de caractériser la nature des sols. Il s'agit de :

- ❖ L'échelle du pH ;
- ❖ L'échelle de salinité en fonction de la conductivité électrique de l'extrait 1/5 ;
- ❖ L'échelle granulométrique de la texture du sol et le triangle de texture ;

- au traitement statistiques des données est réalisé sous le logiciel **EXCEL** (moyenne, maximum, minimum des valeurs avec présentation graphiques etc.) ;

- au traitement cartographique pour l'établissement des cartes de répartition spatiale de la salinité par l'utilisation du logiciel **SURFER**;

- à l'analyse et interprétation des caractéristiques des eaux d'irrigation. par l'utilisation du logiciel **DIAGRAMME** pour établissement des diagrammes principaux (PIPER, RIVERSIDE, BERKALOFF…).

Chapitre V :

Résultats et discussion

Chapitre V : Résultats et discussion

V.1- Etude des caractéristiques des eaux de forages

V.1.1- Présentation des résultats

Le tableau qui suit, mentionne les résultats obtenus de l'analyse des eaux de deux forages concernés par l'étude (Tab.11).

Tableau 11 : Caractéristiques de l'eau d'irrigation

Paramètre		Eau d'irrigation	
		PIVOT N°1 (F1)	PIVOT N°6 (F6)
pH		7.77	7.88
CE à 25°C(dS/m)		4.800	4.960
Résidus sec (g/l)		3.968	3.980
Anions (méq/l)	Cl-	30,27	28,70
	SO4-2	21,34	23,94
	CO3--	5,49	5,49
	NO3-	0,00	0,48
Somme des anions		57,10	58,61
Cations (méq/l)	Na+	23,27	23,27
	K+	0,36	0,58
	Ca+2	12,72	11,35
	Mg+2	17,27	17,07
Somme des cations		53,62	52,27
Cations-anions		-3,480	-6,340
Cations+anions		110,72	110,88
Balance ionique		**-3,14**	**-5,72**
S.A.R		6,01	6,17
E.S.P%		7,07	7,27
Na%		43,4	44,5

V.1.2- Interprétation de l'analyse de l'eau

On déduit des résultats obtenus que :

- **la balance ionique** jugée acceptable pour des valeurs de 3 et 5,7.
- **Le pH**

Le pH des eaux des pivots 1 et 6est respectivement de 7.77 et 7.88. La différence est très faible. Ces forages se positionnent dans la classe du pH de faible alcalinité selon les normes d'interprétation du pH-eau du sol MATHIEU et PIELTAIN (2009) (**Tab.11**)

- **La composition chimique des forages**

Laprésentation des données des deux forages par l'utilisation du diagramme de BERKALOFF, nous permet de déduire que la composition chimique de deux forages est presque identique. Ce résultat est logique puisque il s'agit des forages qui exploitent la même nappe dans la même exploitation agricole. La distance entre les deux forages est d'environ 1200 m (**Fig.12**).

Pour les anions, il est remarqué que les eaux sont plus riches en chlore poursuivi des sulfates.et pour les cations, les eaux sont plus riche en sodium poursuivie du magnésium.

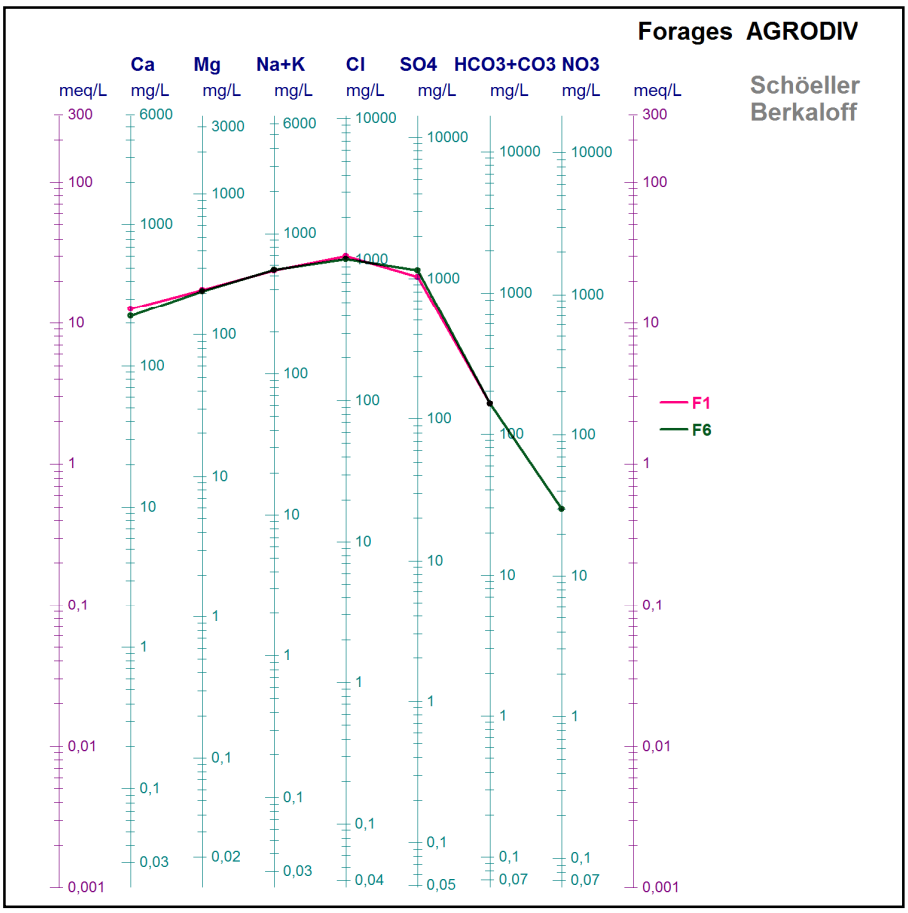


Figure 12 : *Diagramme de BERKALOFF des forages d'étude*

- **Le fasciés chimique des eaux** :

D'après le diagramme de piper les eaux sont de fasciés chlorurés et sulfatées calciques et magnésiennes (**Fig.13**).

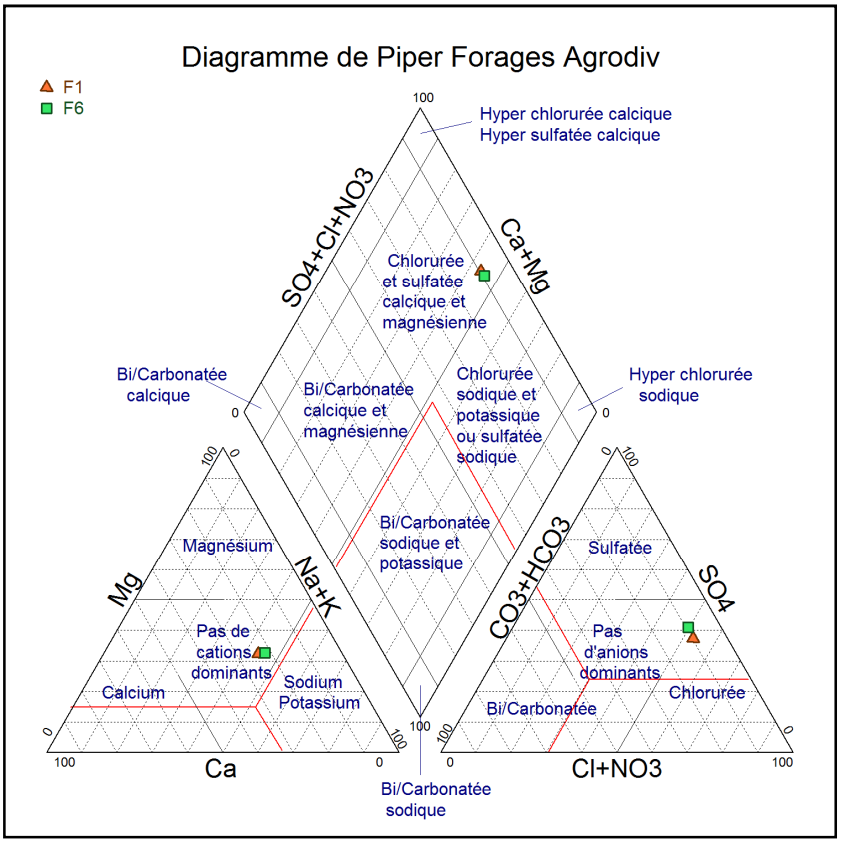


Figure 13 : *Diagramme de PIPER des forages d'étude*

- **Le pouvoir alcalinisant des eaux d'irrigation :**

Les eaux de deux forages présentent une conductivité élevée, variant de 4.8 à 4.96 mS/cm. Ils se localisent dans la limité supérieur de la classe 4 (de 2.25 à 5.00 mS/cm).

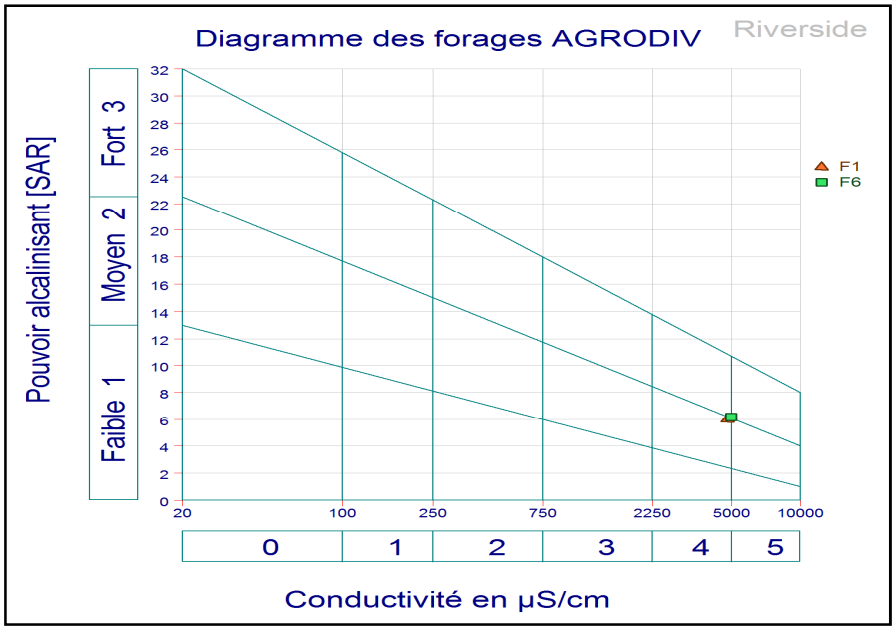


Figure 14 : *Diagramme de Riverside des forages d'étude*

D'après le diagramme de RIVERSIDE, construit sur la base de la valeur de conductivité électrique et le SAR (valeur de 6.01 et de 6.17), il est déduit que ces forages se positionnent dans la limite supérieure de la classe (C4, S2) avec un pouvoir d'alcalinisation du sol moyen.

En fin, les caractéristiques des eaux nous permettent de déduire que ces eaux sont très minéralisées avec une conductivité très élevées en salinité. Ces eaux peuvent être utilisées si les espèces cultivées ont une très bonne tolérance à la salinité et le sol est particulièrement bien drainé.

V.2- Etude des caractéristiques des sols

V.2.1- Importance des éléments grossiers dans le sol

*** Approche globale**

La zone d'étude se caractérise par un sol de type reg caractérisé par la présence des éléments grossiers (plus que 2 mm de diamètre) sous forme du gravier (2mm à 2 cm) et des cailloux (2 à 7.5 cm). C'est pour cella qu'il a été procédé au mesure du taux des éléments grossiers.

Ce taux varie de 1.5% à 95.3% avec une moyenne globale de 26 % pour le pivot n°1, et pour le pivot n°6 le taux varie de 1% à 90% avec une moyenne globale de 17.7%. Autrement dit, le pivot1 est plus riche en éléments grossiers que le pivot 6 (**Tab.12**).

Tableau 12 : Paramètres statistiques de forage de pivot

Taux d'éléments grossiers%	Pivot 1	Pivot 6
MIN	1,54	0,98
Qaurtile1 (25%)	8,66	11,07
MOYENNE	25,97	17,73
MEDIANE (50%)	13,29	14,74
Quartile 3 (75%)	25,12	21,05
MAX	95,28	90,08
Ecartype	27,60	12,68

- **Approche par profondeur**

Selon le tableau ci-dessous (**Tab.13**) et le graphe n° 16, on déduit que :

- ✓ Le pivot 1 est plus riche en éléments grossiers sur toutes les profondeurs par rapport au pivot 6.
- ✓ Ce taux se réduit progressivement avec la profondeur pour le pivot 1, le coefficient de corrélation est de 0.896,cela signifie qu'il Ya une relation négative très significative, alors que pour le pivot 6,il y'a une tendance d'augmentation avec la profondeur avec un coefficient de corrélation de 0.636.

Tableau 13 : Taux d'éléments grossiers >2 mm (%)

Profondeur	Pivot1			Pivot 6		
	Min %	Moy %	Max %	Min %	Moy %	Max %
20 cm	3,2	30,3	95,2	0,98	15,43	75,51
40 cm	3,6	29,4	95,3	2,85	19,03	85,10
60 cm	2,8	23,2	92,7	2,84	17,43	90,08
80 cm	2,6	22,0	91,7	3,65	18,57	63,78
100 cm	1,5	22,7	92,6	2,68	18,59	83,02
Total général	**1,5**	**26,0**	**95,3**	**0,98**	**17,73**	**90,08**

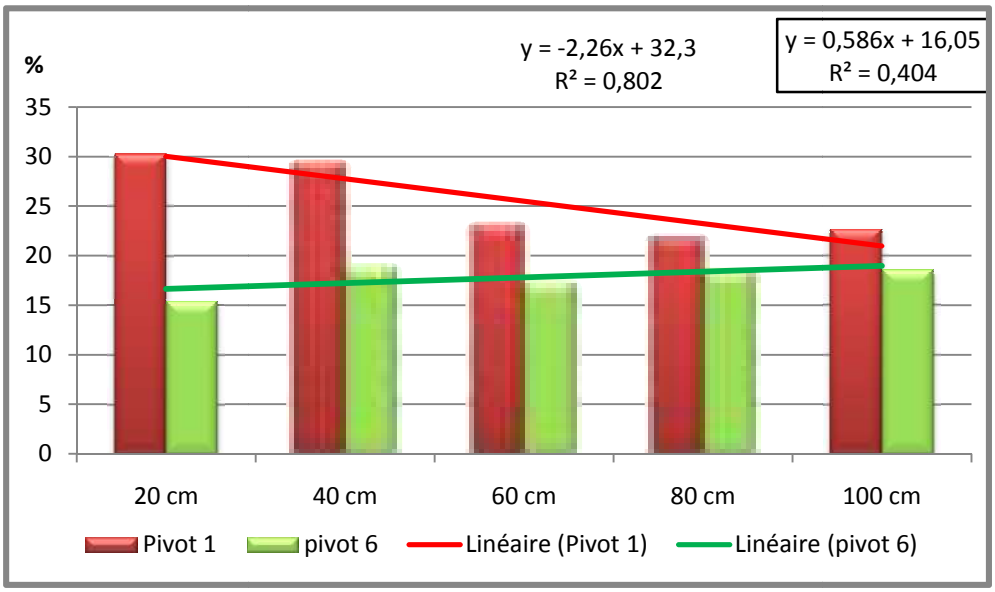


Figure 15 : *Taux moyen d'éléments grossiers (>2 mm)*

- **Approche par zone**

Pour le pivot1 (**Tab14)** et (**Fig.16**), les valeurs les plus élevées sont observées dans la zone 5 et la zone 7 qui est une zone témoin non irriguée. On peut déduire à ce niveau que le travail du sol et l'irrigation durant plusieurs années ont permit probablement l'altération progressive des éléments grossiers.

Concernant le pivot 6 (**Fig.17),** ce taux ne dépasse pas 30%, avec une tendance générale de réduction on allant du centre du pivot vers l'extrémité. Celapeut-être explique par l'importance des apports éoliens sous l'effet du vent dans l'extrémité du cette tendance est très significative.

Tableau 14 : Taux moyen des éléments grossiers supérieurs à 2 mm dans le sol

Pivot	Prof.	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5	Zone 6	Zone 7	Moy. /prof.
Pivot 1	20 cm	10,7	11,2	15,6	13,2	46,0	14,8	79,7	30,3
	40 cm	8,2	9,7	12,1	15,5	55,9	13,3	74,5	29,4
	60 cm	10,2	21,5	13,8	12,0	48,2	15,8	89,7	23,2
	80 cm	12,3	9,8	16,3	13,3	52,6	13,9	81,3	22,0
	100 cm	12,4	10,0	14,6	11,7	49,5	17,6	87,4	22,7
Moy P1 %		**10,8**	**12,6**	**14,4**	**13,2**	**50,2**	**15,0**	**78,3**	**26,0**
Pivot 6	20 cm	22,33	17,62	17,95	13,57	14,07	7,09	16,90	15,43
	40 cm	22,23	18,67	27,47	16,05	17,00	8,46	18,51	19,03
	60 cm	24,20	20,84	20,69	14,37	16,95	13,00	14,58	17,43
	80 cm	18,00	24,00	14,54	17,98	18,20	29,41	16,93	18,57
	100 cm	/	16,85	22,28	26,49	16,33	18,30	12,31	18,59
Moy P6 %		**21,37**	**19,59**	**20,57**	**16,45**	**16,50**	**15,25**	**16,12**	**17,73**

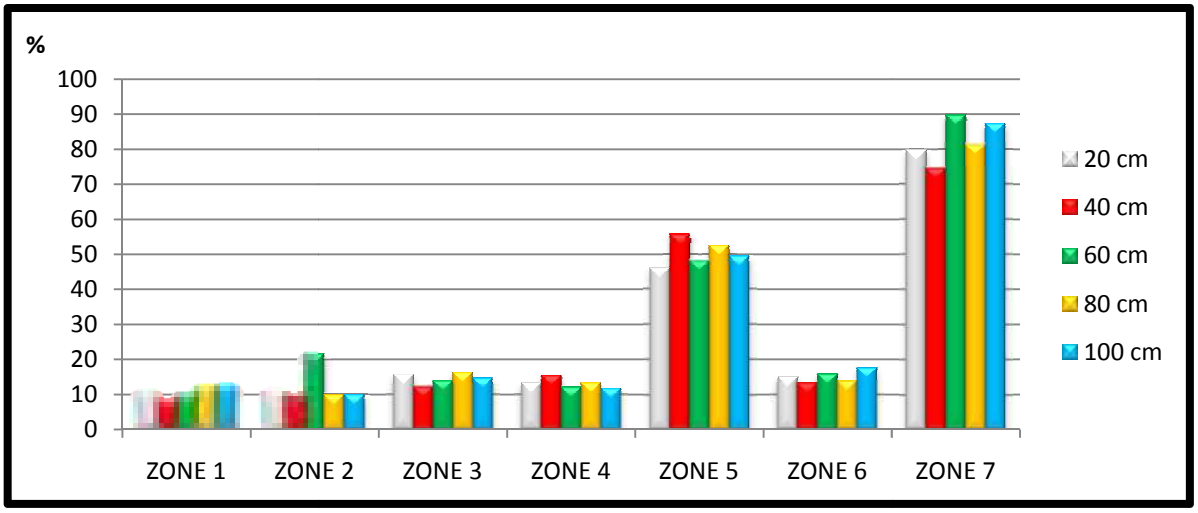


Figure 16 : *Taux moyen des éléments grossiers dans le sol(pivot1)*

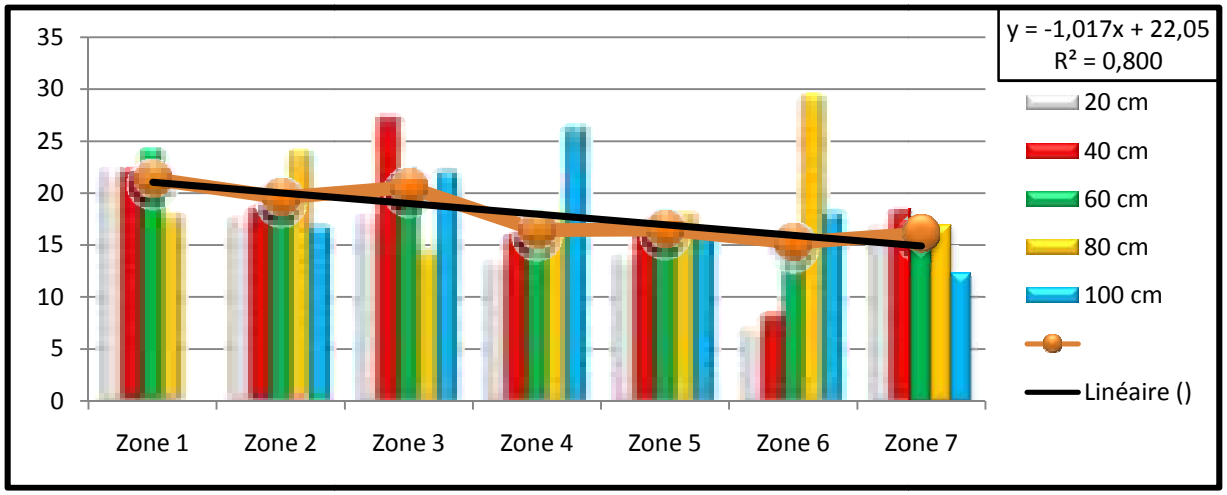


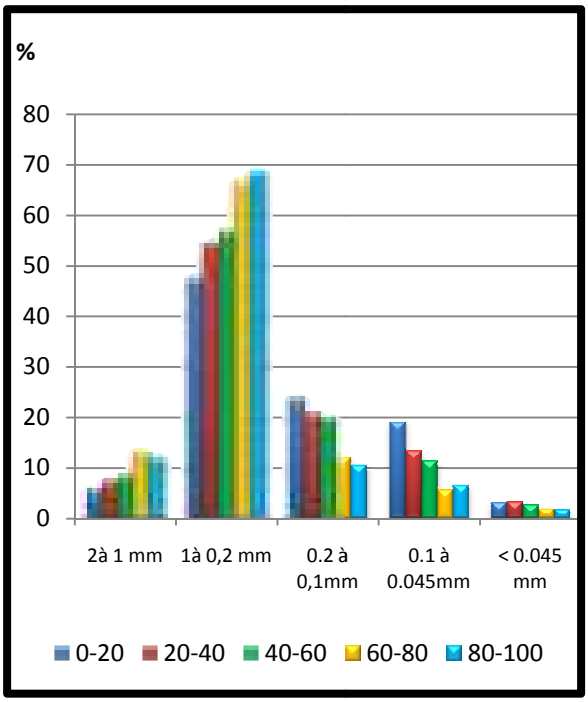
Figure 17 : *Taux moyen des éléments grossiers supérieurs dans le sol (pivot 6)*

V.2.2- Texture du sol

- La texture du sol est sableuse dans sa globalité, puisque le taux de sable dépassegénéralement 92%.
- Le taux moyen du sable est plus important pour le pivot 1, il est de 97.5 %, contre 94% pour le pivot6.
- il y'a dominance du sable grossier dans tous les cas. pour le pivot1, le taux du sable grossier augmente avec la profondeur alors que le taux des éléments fin réduit avec la profondeur. il est de même pour le pivot6 avec quelques différences.
- cela s'explique probablement du fait que le sol subie une altération sous l'effet de l'irrigation et le travail du sol dans les couches superficielles.
- la présence d'éléments fins dans les couches supérieures est aussi explicable par les accumulations successives en relation avec les apports éoliens. ce phénomène se rencontre surtout dans les zones périphériques du pivot.

Tableau 15 : Texture de sol de deux pivots

Pivot	Prof. Cm	Sable Très Grossier 2à 1 mm	Sable Grossier 1à 0,2 mm	Sable fin 0.2 à 0,1mm	Sable très Fin 0.1 à 0.045mm	Limon et Argile < 0.045 mm
P1	0-20	6,0	47,8	24,0	19,1	3,1
	20-40	7,7	54,7	21,0	13,4	3,3
	40-60	8,7	57,0	20,2	11,4	2,7
	60-80	13,6	66,9	12,1	5,7	1,8
	80-100	12,4	68,8	10,5	6,6	1,7
Moyenne P6		**9,7**	**59,0**	**17,6**	**11,2**	**2,5**
		97,5				**2.5%**
P6	0-20	9,2	52,4	20,2	14,2	3,9
	20-40	9,4	53,9	7,1	21,2	8,4
	40-60	8,4	57,2	8,9	18,6	7,0
	60-80	8,7	56,8	8,3	20,7	5,6
	80-100	9,32	60,61	8,58	16,23	5,24
Moyenne P7		**9,0**	**56,2**	**10,6**	**18,2**	**6,0**
		94.0				**6.0 %**



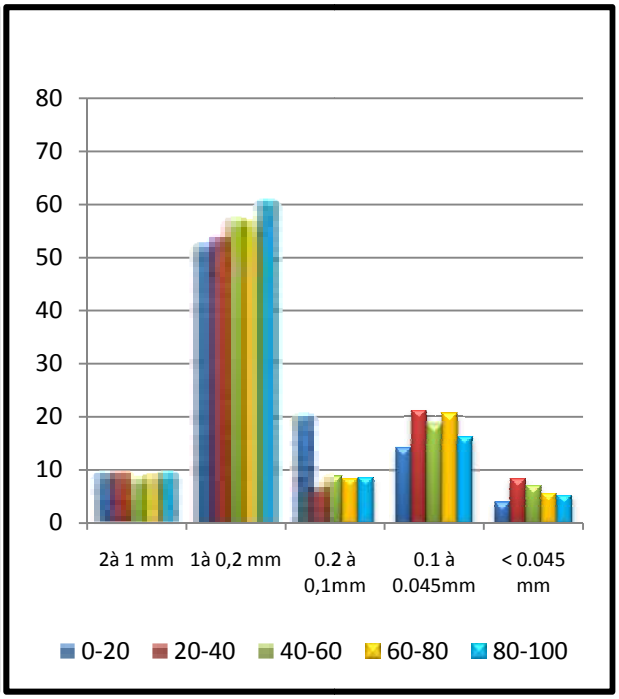


Figure 18 : *granulométrie pivot 1* ***Figure 19 :*** *granulométrie pivot 6*

V.2.3- Situation du pH du sol

- **Approche globale du pH**

Le pH du sol du pivot 1 varie de 6.8 à 8.4 avec une valeur moyenne de 7.6, ainsi que le pivot 6 varie de 6.9 à 8.1 avec une moyenne 7.4. Le pH du sol est donc varie du neutre, légèrement à moyennement alcalin. Aucune valeur mesurée n'a dépassé le pH de 8.5, cela signifie que le sol n'est pas alcalin (**Tab.16**).

Tableau 16 : Paramètres statistiques de sol du pivot

Ph	Pivot 1	Pivot 6
MIN	6,80	6,89
Qaurtile1 (25%)	7,50	7,29
MOYENNE	7,63	7,44
MEDIANE (50%)	7,60	7,42
Quartile 3 (75%)	7,80	7,60
MAX	8,40	8,10
Ecartype	0,31	0,22

- **Approche globale du pH selon la profondeur**

Le pH moyen du sol selon la profondeur des deux pivots est presque identique, puisque les différences sont d'ordre de 0.1 à 0.2 unités. Le pH de deux pivots est en moyenne légèrement alcalin pour toutes les profondeurs. (**Tab.17**) et (**Fig.20, 21**).

Tableau 17 : pH de sol de pivot

Profondeur Cm	pH pivot1			pH pivot 6		
	Min	Moy	Max	Min	Moy	Max
20	7,1	7,6	8,1	7,1	7,4	8,1
40	6,9	7,6	8,3	7,0	7,5	8,0
60	7,0	7,7	8,4	6,9	7,4	7,9
80	6,8	7,6	8,3	7,1	7,4	7,9
100	6,8	7,6	8,4	6,9	7,4	7,9
globale	**6,8**	**7,6**	**8,4**	**6,9**	**7,4**	**8,1**

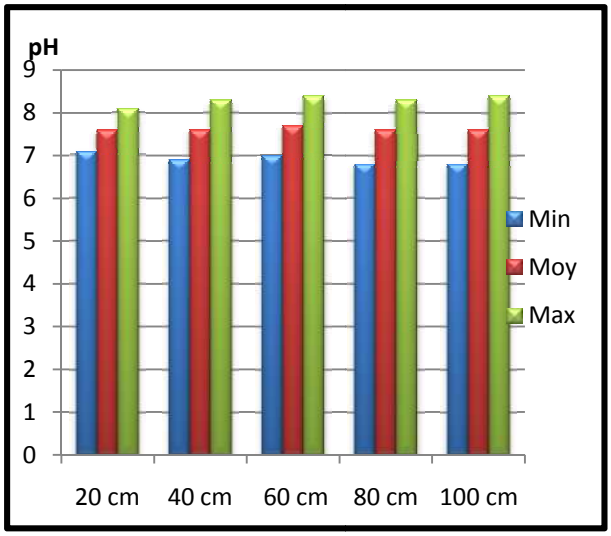


Figure 21 :pH du sol en profondeur du pivot 1

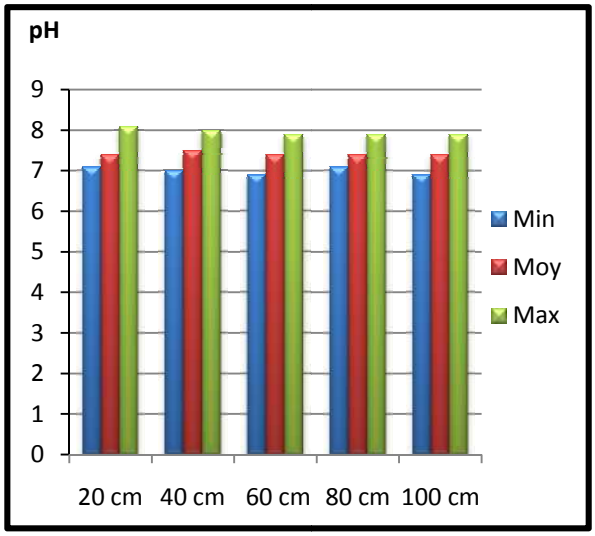


Figure 20 :pH du sol en profondeur du pivot 6

- **Approche globale du pH selon la zone**

Le pH moyen de sol selon les zones de pivot 1 est légèrement alcalin sauf que la zone 1 qu'est moyennement alcalin et les zones de pivot 6 sont tous légèrement alcalin (**Tab.18**).

Tableau 18 : Evaluation de pH de sol à profondeur à pivot

Pivot	Prof.	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5	Zone 6	Zone 7	Moy./prof.
Pivot 1	20 cm	7,8	7,6	7,7	7,6	7,7	7,6	7,7	7,6
	40 cm	7,7	7,4	7,6	7,6	7,6	7,5	7,7	7,6
	60 cm	8,2	7,7	7,7	7,7	7,7	7,5	7,6	7,7
	80 cm	8,2	7,7	7,7	7,7	7,5	7,3	7,5	7,6
	100 cm	8,2	7,6	7,6	7,7	7,5	7,5	7,6	7,6
Moy P1		**8,0**	**7,6**	**7,6**	**7,6**	**7,6**	**7,5**	**7,7**	**7,6**
Pivot 6	20 cm	8,0	7,4	7,4	7,4	7,5	7,4	7,5	7,4
	40 cm	7,5	7,4	7,5	7,4	7,5	7,6	7,5	7,5
	60 cm	7,3	7,3	7,5	7,5	7,5	7,4	7,4	7,4
	80 cm	7,4	7,4	7,5	7,4	7,5	7,3	7,4	7,4
	100 cm		7,3	7,6	7,4	7,3	7,4	7,5	7,4
Moy P6		**7,5**	**7,4**	**7,5**	**7,4**	**7,5**	**7,4**	**7,5**	**7.4**

V.2.3- Conductivité électrique du sol

- **Approche globale de la CE**

Tableau 19 : Paramètres statistique de CE de sol des pivot

CE 25 °C en dS/cm	Pivot 1	Pivot 6
MIN	0,01	0,38
Quartile1 (25%)	0,64	0,83
MOYENNE	1,54	1,60
MEDIANE (50%)	1,22	1,35
Quartile 3 (75%)	2,46	2,29
MAX	10,36	6,27
Ecartype	1,13	0,92

La conductivité électrique globale du sol dans le pivot1 varie de 0.01à 10.36 dS/cm, avec une moyenne de 1.54 dS/cm, 50 % des échantillons ont une conductivité qui ne dépasse pas 1.22 dS/cm. la valeur de la 3éme quartile mentionne que 25% des échantillons ont une valeur de CE varie entre 2.46 et 10.36. A ce niveau il faut signaler que 05 échantillons du sol ont enregistré une valeur supérieure **à 4 dS/cm**.

La CE du pivot 6 varie de 0.38 à 6.27 dS/cm ,avec une moyenne de 1.60 dS/cm 50% d'échantillons ont une conductivité qui ne dépasse pas 1.35 dS/cm .la valeur de la3éme quartile mentionne que 25% des échantillons ont une valeur deCE varie entre 2.29 et 6.27 .A ce niveau il faut signaler que peu d'échantillons de sol ont enregistré une valeur supérieure à 4mS/cm.

Par rapport aux valeurs moyennes enregistrées, les deux pivots sont des sols salés, mais non classés comme des sols salins puisque la conductivité globale ne dépasse pas la nome de 4mS/cm (**Tab.19**).

- **Approche de la CE selon la profondeur**

L'approche globale de la salinité de chaque pivot selon la profondeur, nous permet de d'identifier (**Tab.19, Fig.22** et **Fig. 23**):

- une salinité moyenne importante dans la première couche par rapport à la seconde couche expliquée en fort probabilité par le dépôt de sels après **évaporation du l'eau** sous l'effet des conditions climatiques.
- une salinisation moyenne qui augmente progressivement avec la profondeur en relation probable avec le lessivage des sels sous **l'effet d'irrigation** dans un sol à texture sableuses riches en éléments grossiers (reg).
- Le profil salin est de type C avec une restalinisation de la première couche suite à l'évaporation d'eau (vue les conditions d'aridité du climat) après irrigation avec une eau à salinité élevée.

Tableau 20 : Evaluation de CE à profondeur de sol des pivots

Prof. Cm	CE 25°C Pivot 1			CE 25°C Pivot 6		
	Min	Moy	Max	Min	Moy	Max
20	0,19	1,60	5,70	0,38	1,60	3,36
40	0,27	1,29	3,34	0,41	1,51	4,23
60	0,06	1,31	3,82	0,38	1,56	5,19
80	0,01	1,74	10,36	0,53	1,64	6,27
100	0,16	1,81	4,15	0,40	1,79	3,36
Pivot	**0,01**	**1.54**	**10,36**	**0,38**	**1,60**	**6,27**

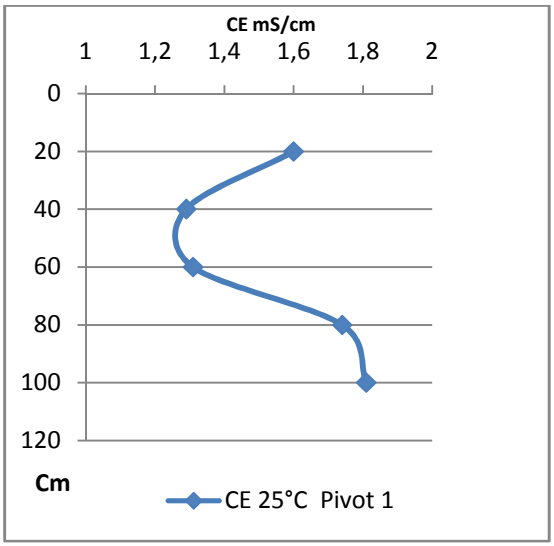


Figure 22 : Profil salin pivot 1(Valeurs moyennes de la CE)

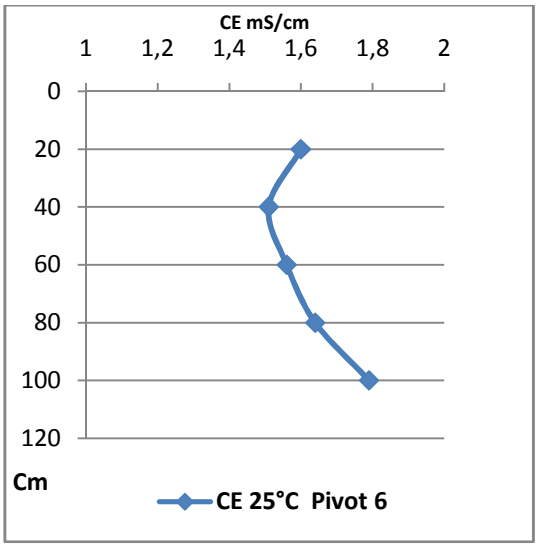


Figure 23 : Profil salin pivot 1(Valeurs moyennes de la CE)

- **Approche globale du CE selon la zone**

L'approche de la salinité du sol par zone, nous permet de déduire que la salinité du sol augmente progressivement du centre du pivot vers l'extérieur. La droite de régression indique un coefficient de régression de r de 0,77201. Ce qui signifie que cette relation est fortement significative.

Tableau 21 : Evaluation de CE à zones des sols de pivot

Pivot	Prof.	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5	Zone 6	Zone 7	Moy. /prof.
Pivot 1	20 cm	0,79	0,97	1,43	1,54	2,28	2,37	0,88	1,60
	40 cm	0,53	1,00	1,00	1,23	1,60	1,50	1,59	1,29
	60 cm	0,33	0,75	1,09	1,24	1,66	1,83	2,79	1,31
	80 cm	0,40	1,28	1,30	1,73	1,94	2,58	2,81	1,74
	100 cm	0,35	1,27	1,50	1,91	2,38	2,16	2,64	1,81
Moy P1		**0,48**	**1,05**	**1,26**	**1,52**	**1,98**	**2,11**	**1,38**	**1,54**
Pivot 6	20 cm	0,60	1,18	1,71	1,87	1,83	1,58	1,16	1,60
	40 cm	0,60	1,70	1,62	1,65	1,64	1,08	1,12	1,51
	60 cm	1,19	1,72	1,79	1,24	1,50	1,25	1,86	1,56
	80 cm	0,94	1,61	2,05	1,40	1,50	1,21	2,10	1,64
	100 cm		1,93	1,76	1,54	1,90	1,29	1,96	1,79
Moy P6		**0,82**	**1,63**	**1,79**	**1,55**	**1,65**	**1,28**	**1,60**	**1,60**

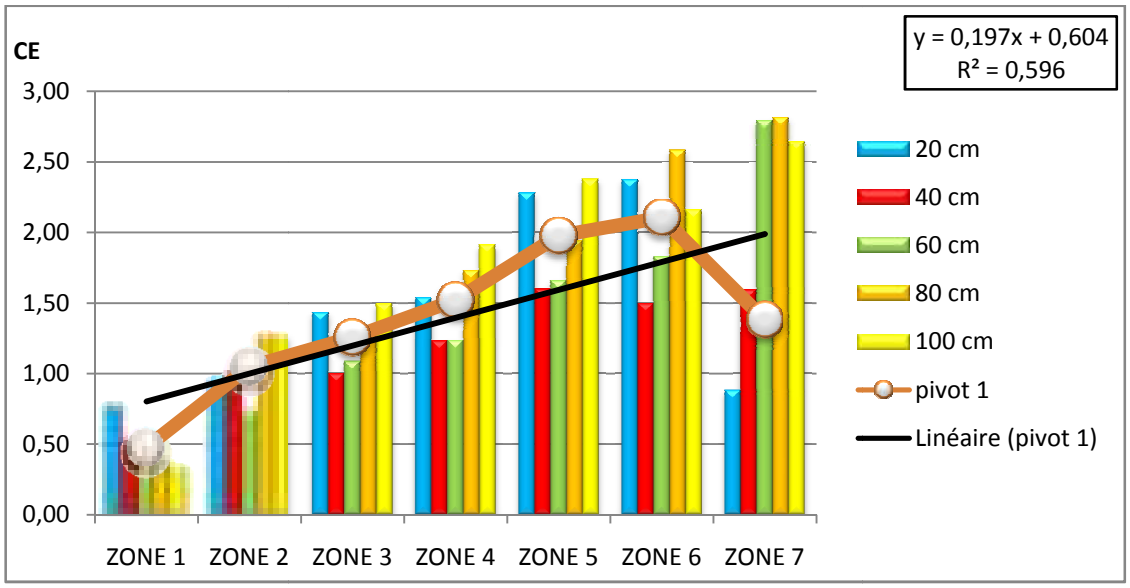


Figure 24 : *Courbe d'évaluation de CE selon profondeur et zone des sols*

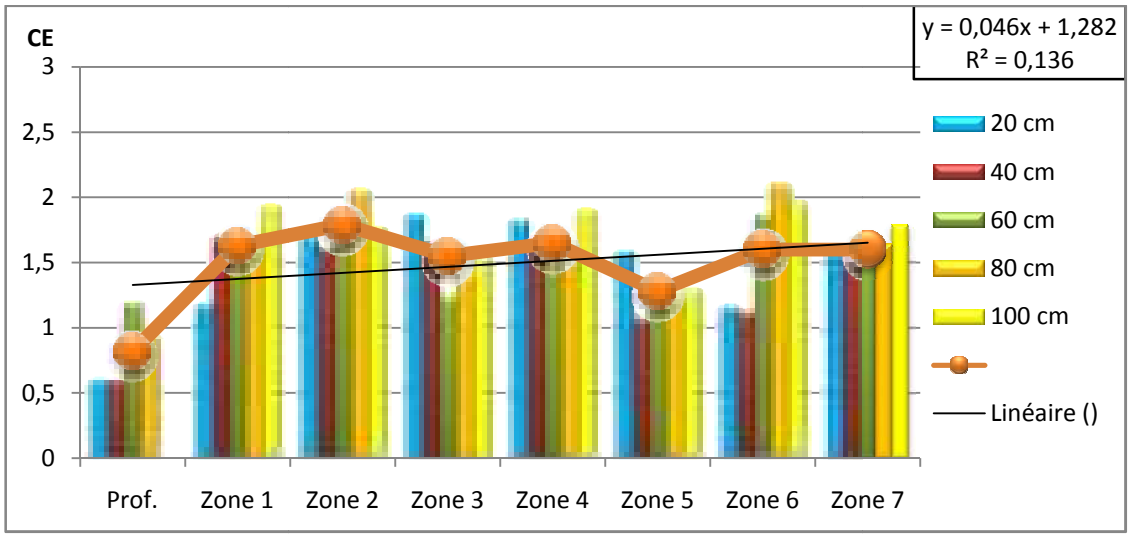


Figure 25 : C*ourbe d'évaluation de CE selon profondeur et zone des sols*

La figure représenté que la CE augmente progressivement deszones de centre du pivot vers l'extrémité,et redescendue encoure une fois dans la zone 07 (**Fig.21**).

V.2.4- Cartographie de la salinité du sol sous pivot

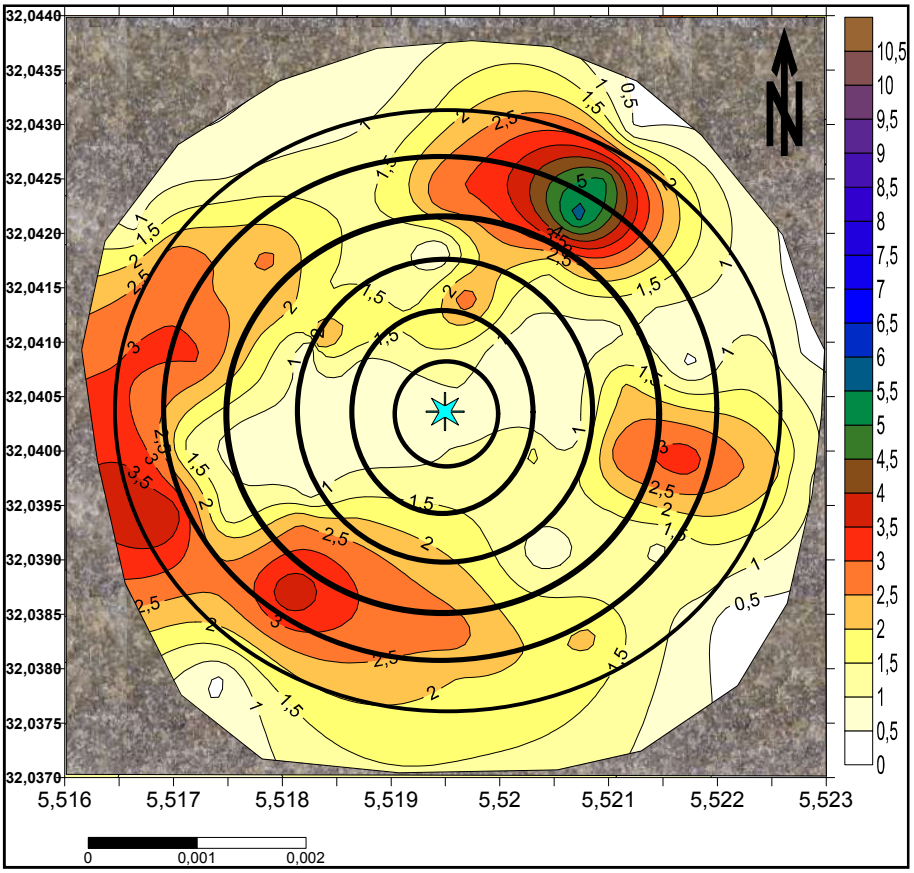
A. Répartition spatiale de la salinité sous pivot 1

Comme il a été mentionné dans la méthodologie, l'élaboration de la carte du salinité, nécessite l'étude de la variable spatiale de la salinité à l'aide de SURFER .

L'élaboration des cartes iso-valeurs de la conductivité sous le logiciel SURFER montre que:

- Pour la première couche, la salinité la plus faible a été enregistrée au centre de pivot dans les zones 1,2 et 3. par contre, le nord-est des zones 5 et 6 est marquépar la valeur la plus élevée au niveau de pivot qui dépasse le 4ms/cm. Ainsi qu'à l'ouest et sud-ouest, la valeur arrive jusqu'à 3,5ms/cm.

- Il est nécessaire de comparer ces résultats avec la topographie du milieu, car il est probable que les zones les plus basses reçoivent ou accumulent plus d'eau, ce qui leur permet un lessivage plus important des sels.

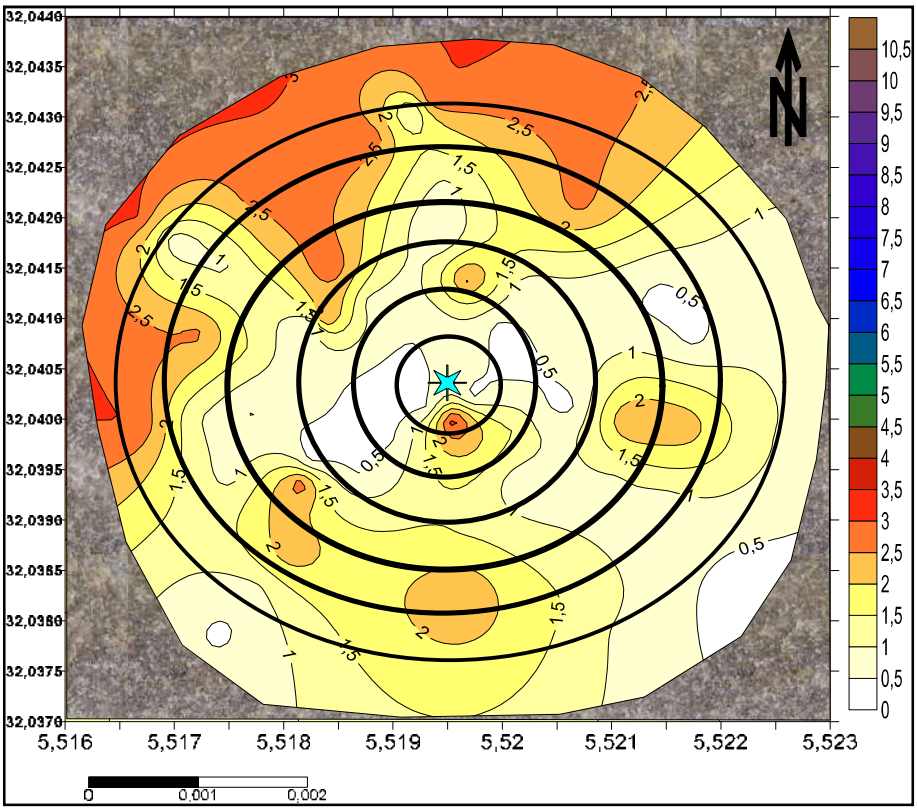


Carte 2 : *Salinité spatiale du pivot 1 à la profondeur entre 0 et 20 cm*

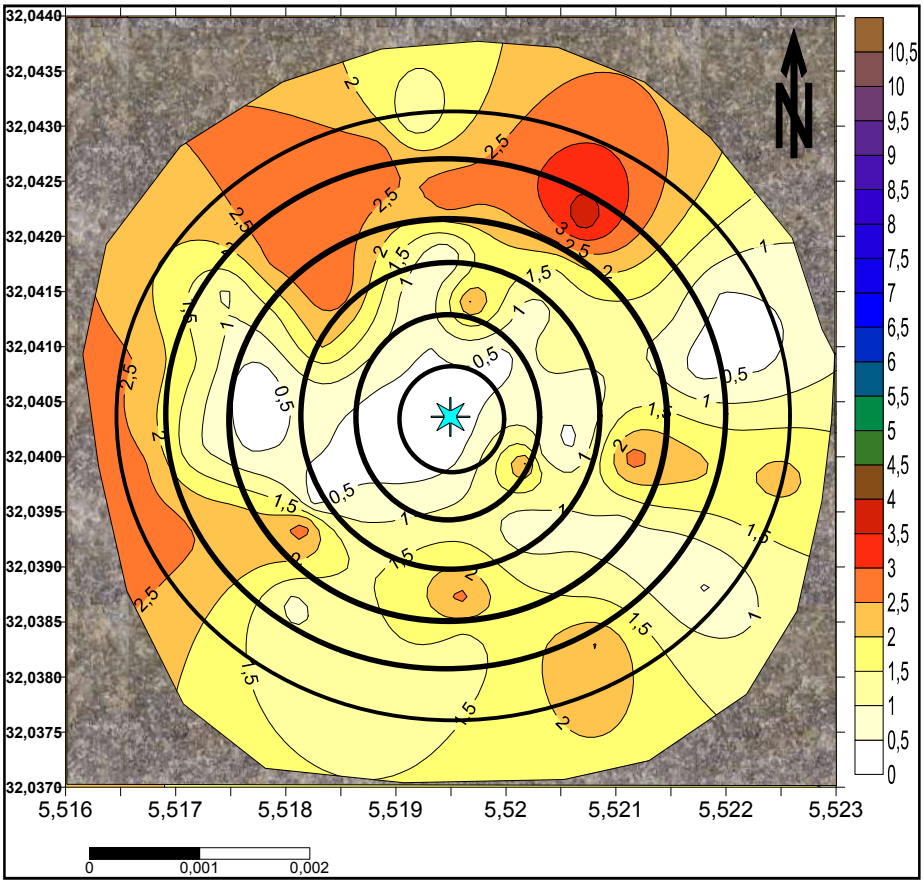
- La tendance d'une augmentation progressive de la salinité on allant du centre pivot vers l'extrémité est visible dans la majorité des sens.

- La comparaison de deux cartes successives (couche 20 et couche 40 cm), met en évidence la réduction de la salinité dans la majorité des zones, avec une augmentation de la salinité dans la partie nord et nord-ouest, variant de 2 à 3 mS/cm. (Carte3.).

- La comparaison de la deuxième et la 3ième couche, met aussi en évidence la réduction progressive de la salinité dans toutes les zones. Et la salinité augmente aussi, progressivement de la zone centrale vers l'extrémité. La partie nord et ouest reste toujours plus salée que les autres parties.



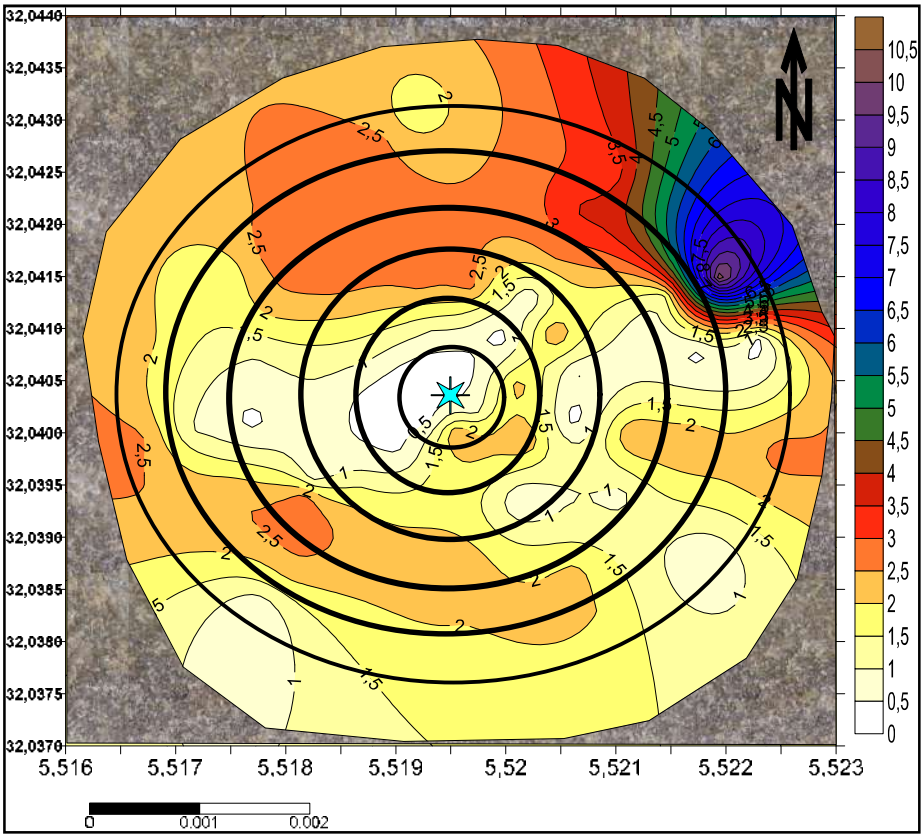
Carte 3 : *Salinité spatiale du pivot 1 à la profondeur entre 20 et 40 cm*



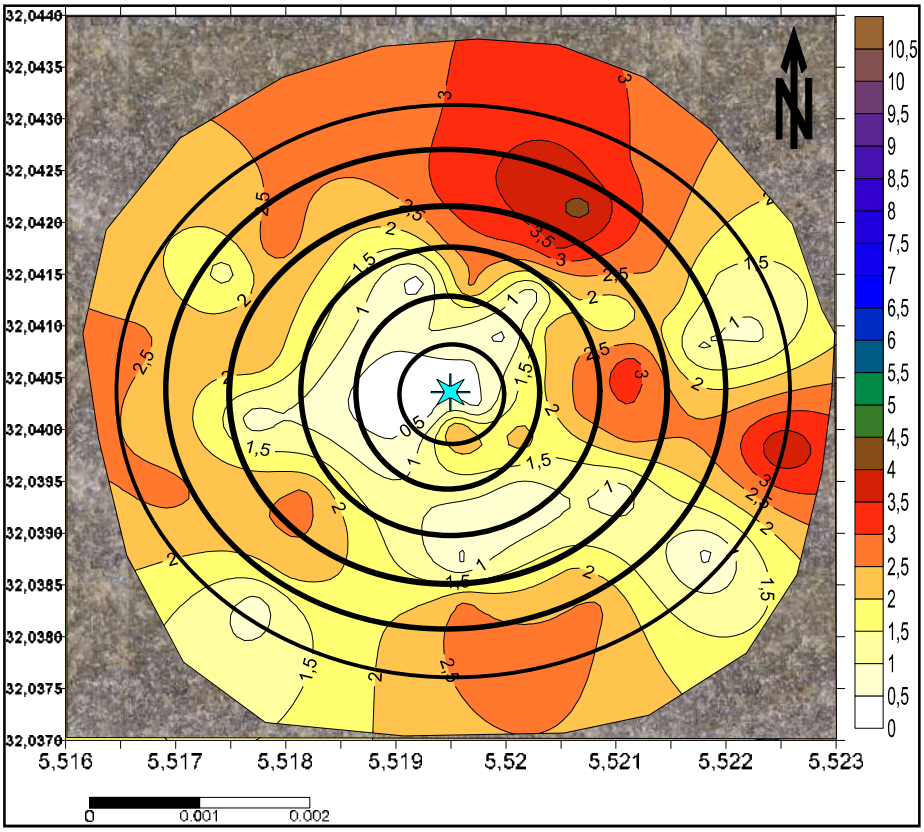
Carte 4 : *Salinité spatiale du pivot 1 à la profondeur entre 40 et 60 cm*

- Concernant les couches plus profondes, on remarque clairement une augmentation de la salinité de sol dans toutes les zones .la partie nord et nord sont plus affectées, les valeurs dépassent 4.5 mS/cm. et attendent parfois plus de 10 mS/cm. ce cas paraît très particulier puisque il est localisé dans un endroit. ce dernier disparaisse dans la couche qui suit.

- la dernière couche, confirme les résultats obtenus par zone et par profondeur ; puisque la salinité a augmenté dans toutes les zones par rapport à la couche précédente, la zone centrale est toujours moins salée que la zone successive alors que la partie nors est plus salée que la partie sud du pivot.



Carte 5 :*Salinité spatiale du pivot 6 à la profondeur entre 60 et 80 cm*



Carte 6 :*Salinité spatiale du pivot 1 à la profondeur entre 80 et 100 cm*

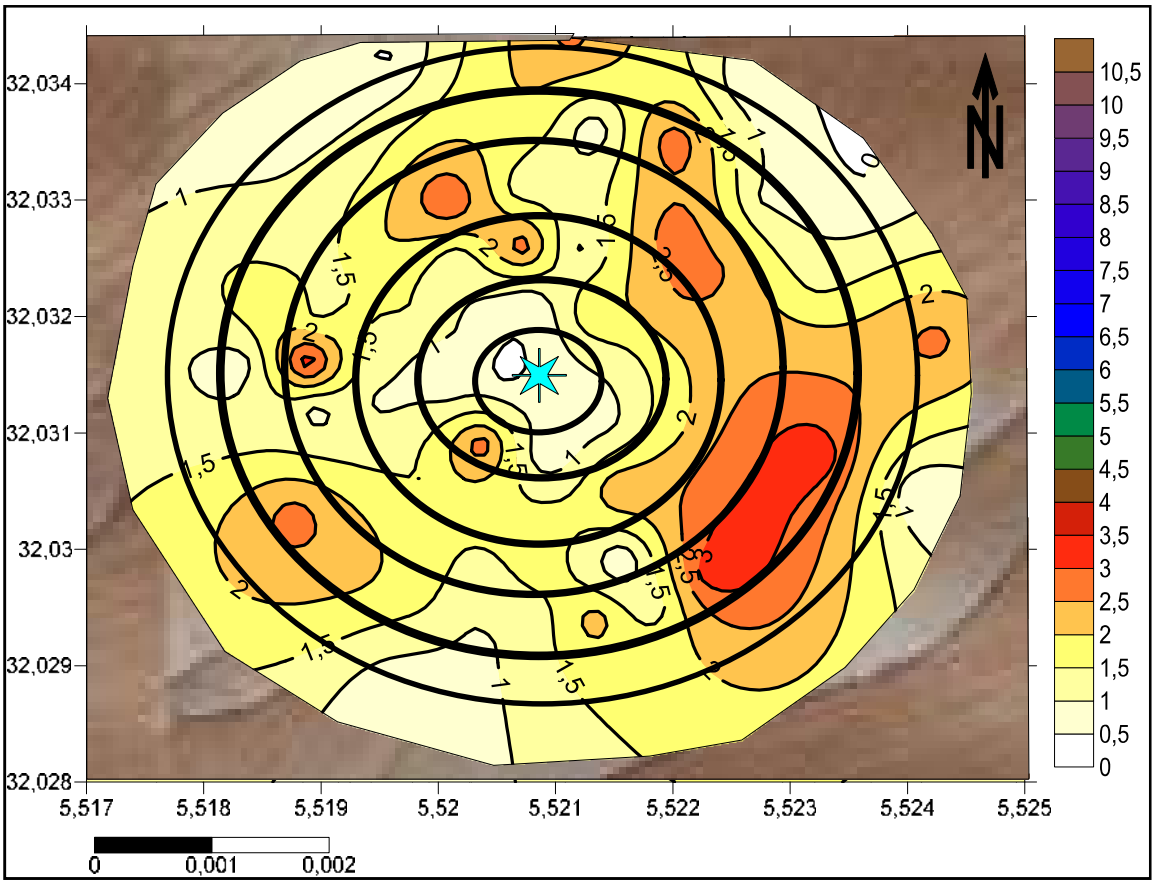
On conclure à partir de ces cinq cartes, dans la première couche la salinité est importante sous l'effet d'évapotranspiration, ensuite,elle diminue dans la deuxième couche sous l'effet de remonté capillaire vers la première couche ou le lessivage vers la troisième couche.Ce qui confirme les résultats présidents, concernant la 3éme, la 4émeet la 5éme couches, la salinité augmente progressivement d'une couche à une autre sous l'effet de lessivage des sels par l'irrigation.

B. Répartition spatiale de la salinité sous pivot 6

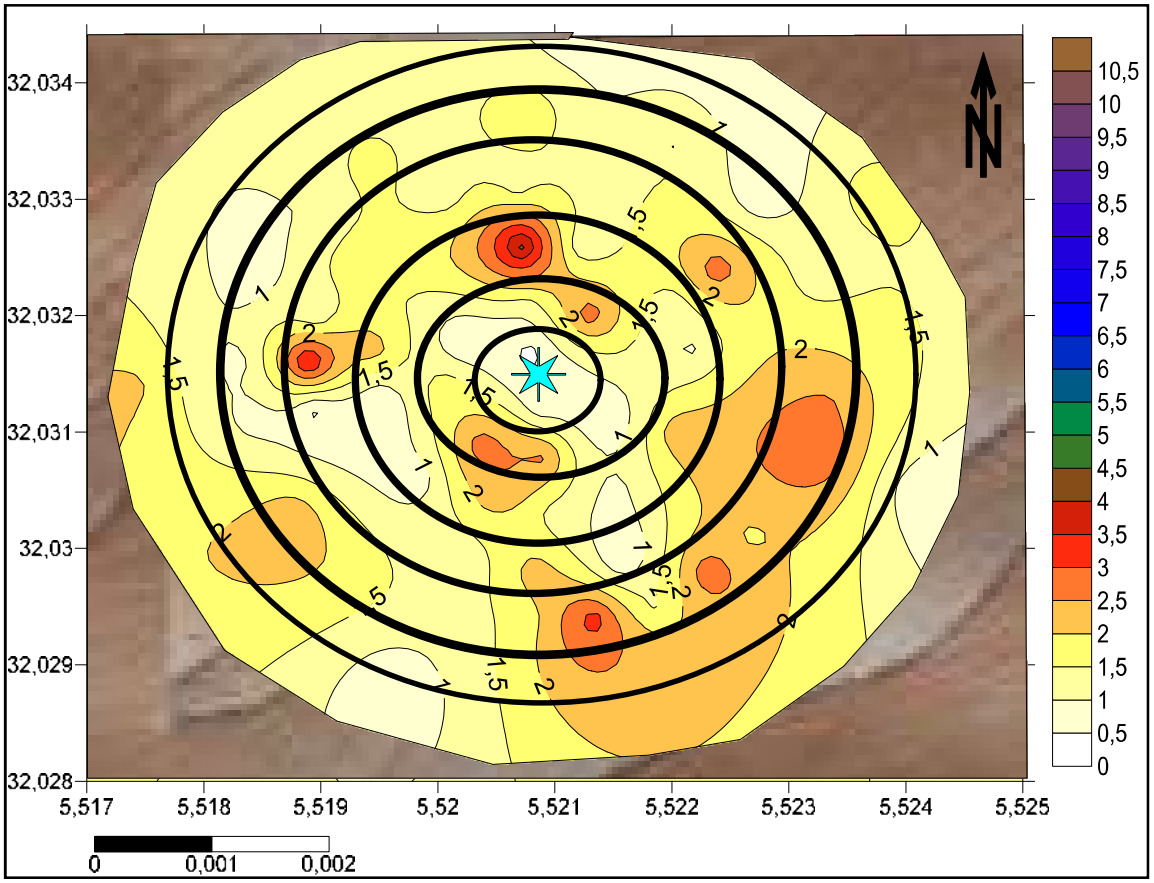
- La figure (Fig.) représente la variabilité de salinité au niveau de premier couche. de la même manière, on aperçoit clairement l'augmentation progressive de la salinité à partie du centre pivot en allant vers l'extrémité.

- la zone la plus salée est les zones4 et 5, avec une salinité pouvant atteindre 3.5 mS/cm surtout dans la partie Est.

- la comparaison de deux premières couches (Fig. et Fig), permet de déduire que la salinité diminuedans la deuxième couche par rapport à la première.la salinité ne dépasse rarement3mS/cm pour l'ensemble (1à 2.5mS/cm).



Carte 7 : *Salinité spatiale du pivot 6 à la profondeur entre 0 et 20 cm*

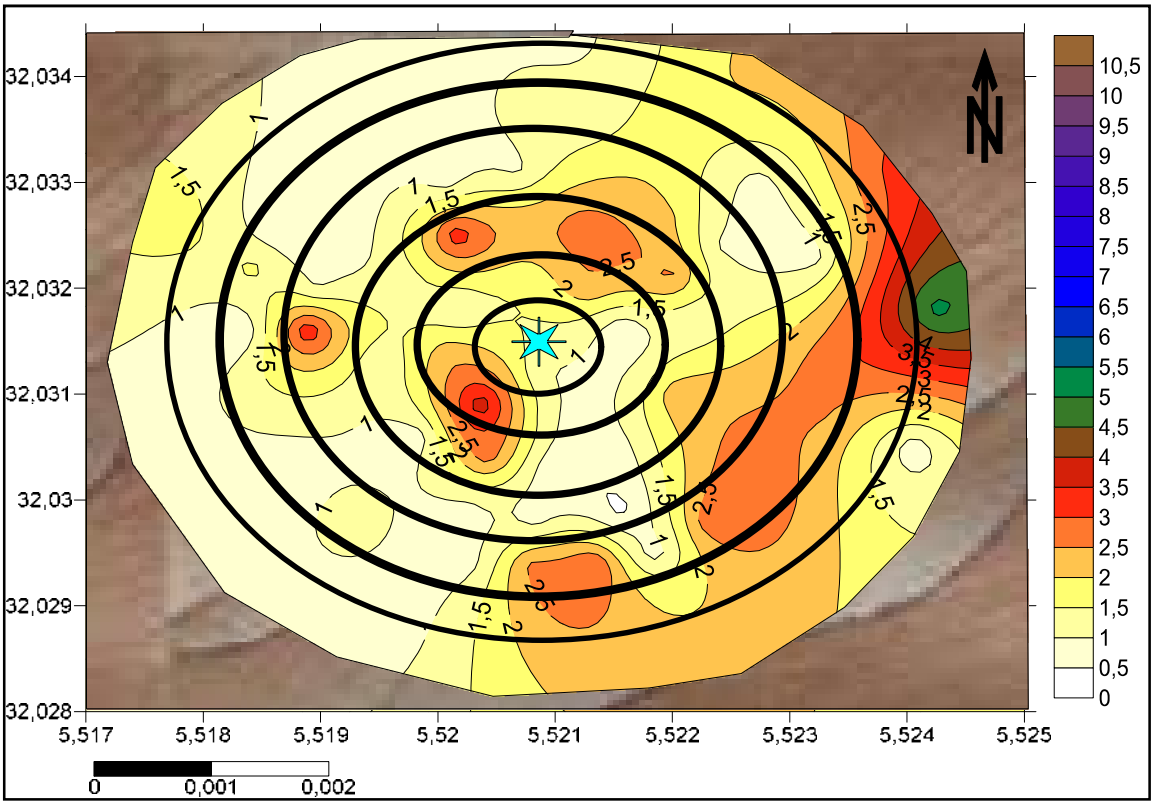


Carte 8 : *Salinité spatiale du pivot 6 à la profondeur entre 20 et 40 cm*

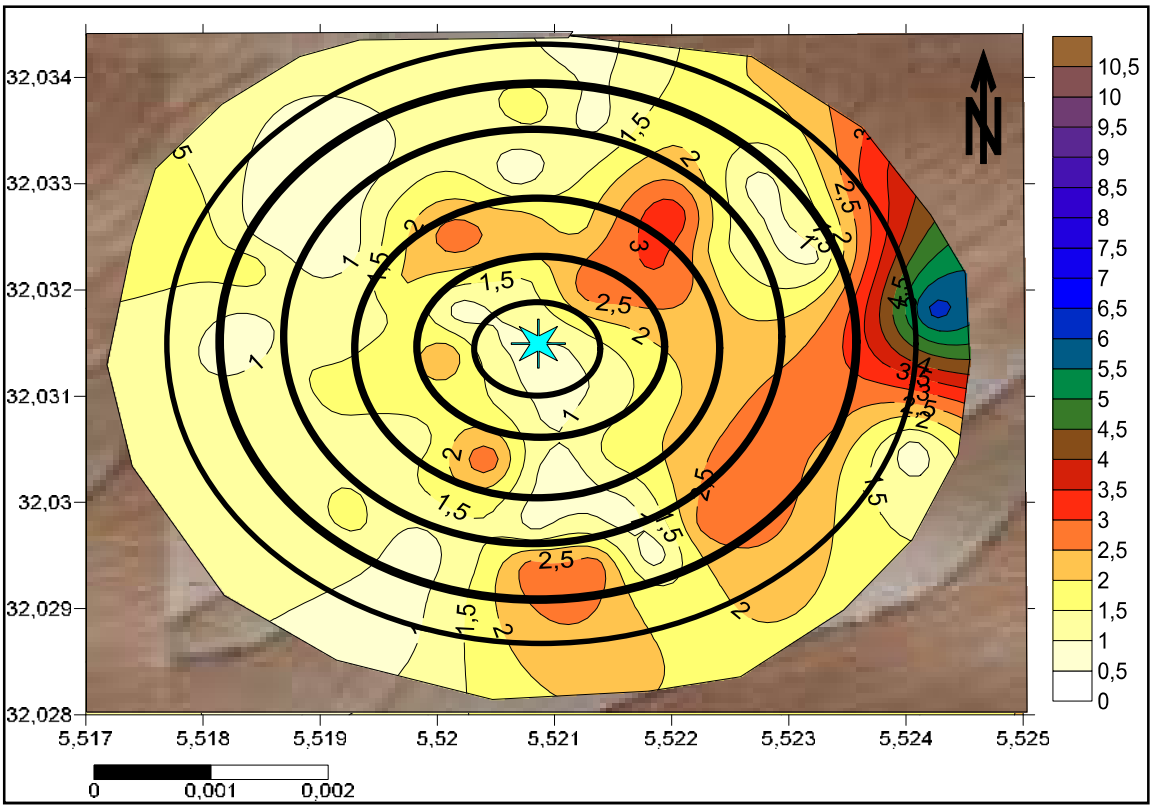
- La carte de la couche 03 indique que la salinité sur ce pivot augmente dans la partie sud et sud-est et subie une réduction on allant vers le nord et vers l'ouest.

- Les valeurs de la conductivité sont généralement faibles sauf que dans l'Est des zones 6 et 7on rencontre une salinité très extrêmement salé supérieure à 4mS/cm et qui augmente jusqu'à 5mS/cm.

- de la même manière, la figure de couche 04 du pivot 6, montre que la salinité est faible du coté du nord et de l'ouest, mais à l'Est la salinité est très forte, elle dépasse 4mS/cm dans la zone7d'extrémité.

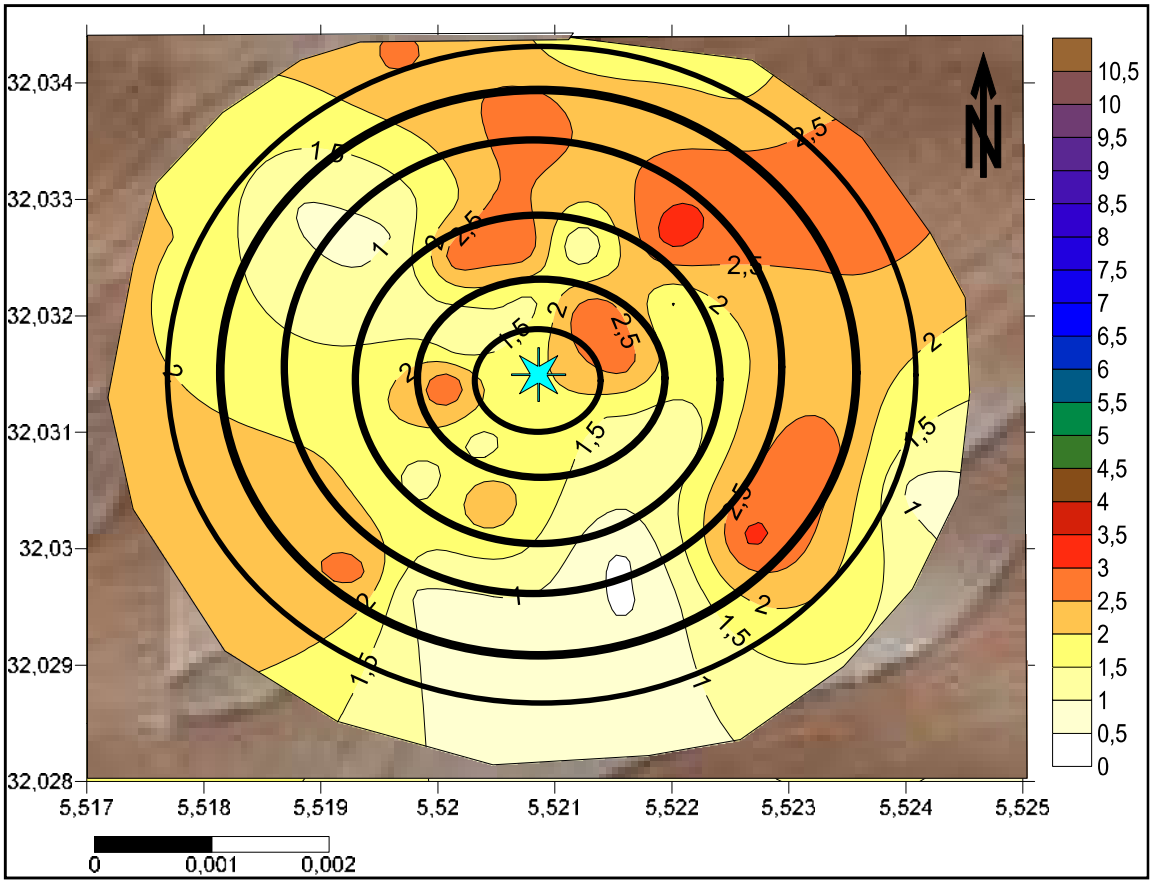


Carte 9 : *Salinité spatiale du pivot 6 à la profondeur entre 40 et 60 cm*



Carte 10 : *Salinité spatiale du pivot 6 à la profondeur entre 60 et 80 cm*

- La comparaison entre les deux dernières couches, montre que la salinité augmente globalement dans toutes les zones sauf pour le cas extrême déjà signalé. en réalité la salinité augment en direction du nord-Est, nord et ouest, par contre elle est plus faible au sud.



Carte 11 : *Salinité spatiale du pivot 6 à la profondeur entre 80 et 100 cm*

En générale selon les cartes précédentes, on remarque que la salinité est plus importante dans le premier couche par rapport à la deuxième, alors qu'à partie de la 3éme couche la salinité augmente progressivement dans toutes les zones et particulièrement en direction de sud vers l'Est puis vers le nord d'une manière circulaire. Globalement, les zones centrales restent toujours moins salées que les autres.

Conclusion

Conclusion

La région de Ouargla se caractérise par un climat aride appartenant à l'étage bioclimatique saharien chaud, avec une période sèche étalant durant toute l'année qui est en relation avec la faiblesse de la pluviométrie et l'importante des températures enregistrées.

Les valeurs estimées de l'évapotranspiration, nous expliquent la nécessité d'irrigation des cultures, notamment des céréales de plein champ, irrigués par le système d'aspersion à base de rampe pivotante appelée « pivot ».

En tenant compte des conditions géomorphologiques et hydrogéologiques de la région, les zones favorables à l'agriculture sont sélectionnées et conditionnées par la disponibilité des sols et la possibilité de mobilisation de la ressource en eau.

Néanmoins, les exploitations qui se localisent généralement dans les dépressions et dans les lits des oueds, sont actuellement confrontées aux problèmes de drainage vue que la région de Ouargla est une grande dépression endoréique.Cette situation, en présence d'une nappe phréatique très superficielle à pour conséquence la dégradation de sol par hydromorphie et salinisation.

Les nouveaux périmètres de mise en valeur crées dans la région de Ouargla destinés au développement des céréales sous pivot se localisent généralement dans des zones plus éloignés du centre de la cuvette. La nappe phréatique est très profonde (plus de 08 m), mais la qualité des eaux d'irrigation peut être le facteur déterminant de la productivité des céréales dans ce cas.

L'objectif de cette recherche est la caractérisation de la variabilité spatiale de la salinité du sol sous pivot. L'exploitation de l'AGRODIV a été sélectionnée comme

site d'étude, ce choix est justifié par l'ancienneté de l'exploitation. Deux pivots de 32 ha ont été sélectionnés comme parcelle d'étude, Chaque parcelle est subdivisée en 7 zones circulaires selon la longueur de la travée. Le sol est échantillonné par l'utilisation de la terrière sur une profondeur de 100 cm, avec 5 couches de 20 cm (0.20 cm, 20-40 cm, 40-60 cm, 60-80 cm et de 80 à 100 cm). Les échantillons ont subi un séchage à l'air libre, un tamisage et des analyses au laboratoire. Dans le même cadre, les eaux de deux forages qui irriguent les deux pivots ont fait l'objet d'échantillonnage et d'analyse (pH, CE, RS et bilan ionique).

Les résultats obtenus ont fait l'objet d'un traitement statistique et cartographique par l'utilisation des logiciels tels que l'EXCEL, le SURFER et le DIAGRAMME. Les interprétations ont été faites sur la base des normes de classifications selon les paramètres étudiés.

Les eaux exploitées proviennent de la nappe du moi-pliocène, elles sont très minéralisées, avec une conductivité élevée et un pouvoir d'alcalinisation moyen (classe C4S2). Ces eaux sont conseillées dans le cas des plantes tolérantes et dans les sols perméables.

Les sols sont salées avec une conductivité moyenne de 1.6 dS/cm, elle dépasse rarement la valeur de 4dS/cm (que dans certains points isolés), les sols ne sont pas salin ni alcalin car le pH ne dépasse en aucun cas la valeur de 8.4.

La répartition spatiale de la salinité du sol sous pivot marque une augmentation progressive en allant du centre pivot vers l'extrémité, ce qui est expliqué par la protection des zones centrales contre les effets des conditions climatiques qui augmentent l'évaporation à l'extrémité. L'importance des doses d'irrigation les zones centrales permettent un bon lessivage des sels.Par conséquence, le sol se caractérise par un profil salin descendant de type C.

Les cartes d'iso-valeurs établies sous surfer, nous confirme la relation entre la salinité et la profondeur et ainsi que l'éloignement du centre pivot (zone). Néanmoins, l'observation de ces cartes nous permet d'identifier les sens de distribution ou de la dynamique des sels.

La salinité du pivot 6augmente avec la profondeur et en direction de Sud vers l'Est puis vers le Nord d'une manière circulaire. Alors que pour le pivot 1 le sens d'augmentation est en direction de Sud vers le Nord et l'Ouest. Cela doit être comparé avec le sens d'écoulement superficiel et latéral des eaux d'irrigation.

Il est nécessaire de comparer ces résultats avecla topographie du milieu, car il est probable que les zones les plus basses reçoivent ou accumulent plus d'eau, ce qui leur permet un lessivage plus important des sels.

Enfin, ce travail nous a permit d'approcher et d'avoir une vision globale sur la répartition spatiale de la salinité du sol sous pivot. Plusieurs paramètres peuvent intervenir pour expliquer cette situation, notamment la perméabilité et la réserve utile du sol, la vitesse d'infiltrationde l'eau dans le sol, la topographie du milieu, les doses d'irrigations appliquées, les exportations en sels de la culture, etc.

Ces paramètres peuvent être proposés pour des éventuelles études qui peuvent prendre en charge cette problématique d'une façon plus fine.Et l'objectif reste toujours, la maîtrise de la gestion des ressources naturelles disponibles notamment ;la protection du sol contre la dégradation pour le maintien de la durabilité des exploitations agricoles créées dans la région de Ouargla, dans le cadre du développement des cultures stratégiques comme les céréales.

Références bibliographiques

Références Bibliographiques

1. **ANTIPOLIS., (2003);** Les menaces sur les sols dans les pays méditerranéens. PNEU, N°2. P 44-45. 80p. ISBN : 2-912081-13-0.
2. **AUBERT, G. 1983:** Observation sur les caractéristiques, la dénomination et la classification des sols salés ou salsodiques. Cah. ORSTOM Ser. Péd., Vol. XX N°1, pp73-78.
3. **AUBERT., 1976;** Annales de l'institut agronomique el harache. Vol VI n°01. 297p.
4. **BAISE, D.2000**. Guide des analyses en pédologie. Ed .I.N.R.A. Paris, 257p.
5. **BAKHTI., (2005);**Contribution à l'étude des interrelations sol-végétation dans une zone humide (Chott El-Honda-W. de M' Sila).Mémoire d'ingéniorat. Dép. Agro. Univ. Batna. p 94.
6. **Balaid djamel, 1986**. Aspects de la céréaliculture Algérienne. Ed. Alger ; pp 4-6.
7. **BENLARIBI M., HAZMOUNE T., 2001**. Impact du semis profond sur l'alimentation en eau du blé dur (triticum durum desf.) et réalisation des composantes de rendement en zones semi arides in Séminaire national sur la problématique de l'agriculture des zones arides et de la reconversion, 2001. Ed. MADR, pp 98 à 104.
8. **BENZAHI Y., 1994 :** Contribution à l'étude de la dynamique des sels solubles dans un sol irrigué sous palmeraie. Mém., Ing., INFS/AS, Ouargla, 111p
9. **Berthomieu P., Conéjéro G., Nublat A., Brackenbury W.J., Lambert C., Savio**
10. **BONNARD & GARDEL, 2003**. Etudes d'assainissement des eaux résiduaires pluviales d'irrigation, Mesures complémentaires de lutte contre la remontée de la nappe phréatique. Thèse BG, vallée d'Ouargla mission III A. Lausanne.
11. **BOUKHALFA, 2015.**La céréaliculture dans les zones arides : Etat des lieux et perspectives. Ouargla, (10/03/2015), pp2-3.
12. **BOUTELLI M.H. (2012)** La salinité des sols et des eaux au niveau de la Sebkha de Bamendil, caractérisation et conséquences sur l'environnement. Mém., Mag., Université de Ouargla, 113 p.
13. **Braudeau E.et Hachicha M. (1998)** Projet d'Irrigation de la basse vallée de la Medjerda et de Ras Djebel. *Orstom. - Inrgref, Vol.30, n°18*, pp2-124.

14. **BUSSON.G, (1972):** Etude des ressources en eau du Sahara septentrional par UNESCO Utilisation des modèles pour l'établissement des programmes d'exploitation.VOL 5.

15. **C., Uozumi N., Oiki S., Yamada K., Cellier F., Gosti F., Simonneau T., EssahP.A., Tester M., Very A-A, Sentenac H., Casse F. (2003):** Functional analysis AtHKT1 in *Arabidopsis* shows that Na+ recirculation by the phloem is crucial for salt tolerance. Embo Journal 22, 2004-2014 Biotechnology 16, 123–132.

16. **CALVET R., 2003** - Le sol : Propriétés et fonctions. édition France Agricole. 511p.

17. **CDARS, 2019 .**Commissariat au Développement de l'Agriculture dans les Régions Saharienne. Données statistiques

18. **CHAOUCHE, 2018** DYNAMIQUE DE L'ESPACE AGRICOLE ET MUTATIONS DANS LE SAHARA ALGÉRIEN, CAS DE LA RÉGION DE OUARGLA(LE PAYS D'OUED M'YA) *Revue des BioRessources Vol 8 N° 1Juin 2018*

19. **CHAOUCHE, S., 2006.** Développement agricole durable au Sahara. nouvelles technologies et mutations socio-économiques : cas de la région de Ouargla. Thèse de doctorat université Aix Marseille p389.

20. **CHEVERY C et ROBERT M., 1998** - La dégradation des sols irrigués et de la ressource en eau : une menace pour l'avenir de l'agriculture et pour l'environnement des pays au sud de la méditerranée. Etude et gestion des sols. pp : 217-226

21. **CISEAU en ligne**. The CISEAU web site is a global innovative initiative promoting experience sharing and knowledge networking for a sustainable development of irrigation in developing countries Available en ligne at: http://www.ciseau.org/index.jsp

22. **Conférence électronique sur la salinisation:** *Extension de la salinisation et Stratégies de prévention et réhabilitation* - Du 6 Février au 6 Mars 2006 –

23. Coopérative Céréales et Légumes Sec (CCLS) ,2017

24. **CORNET, A. & ROGNON, P.H (1964):** Introduction à l'hydrogéologie Saharienne. Géog,phys et Géol, Dyn. Vol VI, fasc 1, 5-72.

25. **CÔTE M., 1998** - Des oasis malades de trop d'eau. Sécheresse. V 9. N°2. pp : 123 - 130.

26. **DADDI BOUHOUN M., 2010** - Contribution à l'étude de l'impact de la nappe phréatique et des accumulations gypso-salines sur l'enracinement et la nutrition du palmier dattier dans la cuvette de Ouargla (Sud Est algérien).Thèse de Doctorat. Université BADJI Mokhtar, Annaba. 365 p.

27. **DADDI BOUHOUN M., SAKER M. L., BOUTOUTAOU D., BRINIS L., KEMASSI A. et OULD EL HADJ M. D**. *Algerian journal of arid environment* vol. 2, n° 2, Décembre 2012: p 71-77

28. **DAOUD Y., HALITIM A., 1994 -** Irrigation et salinisation au Sahara Algérien. Sécheresse5(3), pp.151-160.

29. **Dellal A. et Halitim, A., 1992**.Activités microbiologiques en conditions salines : cas de quelques sols salés de la région de Relizane (Algérie). Cahiers Agricultures, 1, 335-340.

30. **Denden M., Bettaieb T., Sahli A., Mathlouthi M. (2005):** Effet de la salinité sur la

31. Directions des Services Agricoles (DSA),2018

32. **DJENNANE A., 1990** - Constat de situation dans des zones Sud des oasis algériennes. In DOLLE V. (ed.), TOUTAIN G. (ed.). Options Méditerranéennes. Les systèmes agricoles oasiens. Série. A. Séminaires Méditerranéens. N° 11. Les systèmes agricoles oasiens. pp 29 - 40.

33. **Djili K., 2000** : Contribution à la connaissance des sols du Nord de l'Algérie. Thèse doctorat. INA, Alger, 243 p.

34. **DUCHAUFOUR P., 1977 -** Pédologie. Pédogenèse et classification. Tome I, Ed. Masson, Paris,477 p.

35. **DURAND J H., 1958.** Recherche sur les sels apportés au sol par les pluies. Travaux des sections pédologie et agricole. Bull n° 5, SES, Birmouradrais

36. **DURAND J H., 1958.** Recherche sur les sels apportés au sol par les pluies. Travaux des sections pédologie et agricole. Bull n° 5, SES, Birmouradrais

37. **DURAND J H., 1958.** Recherche sur les sels apportés au sol par les pluies. Travaux des sections pédologie et agricole. Bull n° 5, SES, Birmouradrais

38. **DURAND J. H., 1958** - Les sols irrigables. Etude pédologique. Ed. Imbert, Alger, 190 p.

39. Ecotoxicology and Environmental Safety. Vol.60, pp. 324-349.

40. **ERESS, 1972**. Etude des Ressources en Eau de Sahara Septentrional. UNESCO, Paris. (7 Vols. and Annexes).

41. espèces ornementales. Tropicultura. Vol. 23 N°4, pp220-226.

42. FABRE, (1974): Le Sahara: un musée géologique, La Recherche N°42. Février.

43. FARDEAU J. C., 1993. Le devenir du phosphore dans le sol et dans les systèmes sol plante in Perspectives agricoles (revue mensuelle) N° 181, dossier : fertilisation P K, pp I à XLIV.

44. FAO, 1988 : La qualité de l'eau en agriculture. Bulletin d'irrigation et de drainage, 29 Revel, 181 p.

45.

46. FAO, 2017. Organisation des nations unies pour l'agriculture et l'alimentation. Cadre programmation par pays Algérie.

47. FAO. 2005: Utilisation des engrais par culture en Algérie. FAO Rome, 61 p.

48. FAO., 2015 - Les sols sont une ressource non renouvelable leur préservation est essentielle pour garantir la sécurité alimentaire et un avenir durable. Italie.

49. Feillet P., 2000. Le grain de blé composition et utilisation. Ed. INRA, Paris, 308 p.

50. fluorescence chlorophyllienne, la teneur en proline et la production florale de trois

51. GAUCHER G., BURDIN S, 1974: Géologie, géomorphologie et hydrogéologie des terrains salés. P.U.F. Paris, 231p.

52. GRIGNAC P ., 1981 : Rendement et composantes du rendement du blé d'hiver dans l'environnement méditerranéen. Séminaire scientifique. Bari (Italie). Pp : 185-194.

53. Girard, M.C., Girard, C.M., 1999. Traitement de données de télédetection.environnement et ressources naturelles. 2e édition. 576pages.

54. GORJI T., TANIK A., SERTEL E., 2015 - Soil salinity prediction, monitoring and mapping using modern technologies. Procedia Earth and Plantery Sience. ELSEVIER. 507-212.

55. HADDAD S., ABBES K., 2015 - Etude de l'impact de l'irrigation-drainage sur la salinisation des sols à l'exploitation de l'université. Mémoire master agronomie. Université Ouargla. 42p.

56. HALITIM A, 1988: Sol des régions arides d'Algérie. O.P.U., Alger, 384p.

57. **HALITIM A., 1973.** Etude expérimentale de l'amélioration des sols sodiques d'Algérie en vue de leur mise en culture. Thèse de 3 eme cycle. Univ de Renne, 176 p.

58. **HAMDI AISSA B., 2001** – Le Fonctionnement actuel et passé de sols du Nord du Sahara (cuvette de Ouargla). Approches micromorphologique, géochimique et minéralogique et variabilité spatiale. Thèse de doctorat. Institut National Agronomique. Paris-Grignon. 310p.

59. **HAMDI-AISSA B., GIRARD M.C., 2000** - Utilisation de la télédétection en régions sahariennes, pour l'analyse et l'extrapolation spatiale des pédopaysages. Sécheresse. Volume 11, Numéro 3, 179-88.

60. **HAMDI-AÏSSA B., V. VALLES., A. AVENTURIER & O. RIBOLZI.2004:** Soils and brines geochemistry and mineralogy of hyper arid desert playa, Ouargla basin, Algerian Sahara. Arid Land Research and Management 18: 103-126

61. **HORNEY R.D., TAYLOR B., MUNK D.S., ROBERTS B.A., LESCH S.M., PLANT R.E., 2005 -** Development of practical site-specific management methods for reclaiming saltaffected soil. Computers and Electronics in Agriculture, 46 : 379–397.

62. **IDDER M.T., 2005** - Contribution à l'étude des principaux facteurs de dégradation de l'oasis du Ksar de Ouargla. Mémoire d'Ingénieur en agronomie Saharienne .Université de Ouargla. 93p.

63. **IDDER Med A., 2006 :** Mode de fixation et de cristallisation des sels dans un sol nu non irrigué dans la région de Ouargla. Mém., Mag., I.N.A. El Harrach, 100p.

64. **Idder T., 1998**.La dégradation de l'environnement urbain liée aux excédents hydriques au Sahara algérien. Impact des rejets d'origine agricole et urbain et techniques de remédiations proposées. L'exemple d'Ouargla. Thèse doctorat, Université d'Angers, pp.

65. Institut technique des grandes cultures(ITGC), 2017

66. **IPTRID., 2006**-Conférence électronique sur la salinisation: Extension de la salinisation et Stratégies de prévention et réhabilitation. Organisée et coordonnée par: IPTRID (Programme International pour la Technologie et la Recherche en Irrigation et Drainage). Hébergée par :FA O (Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture). Modérée par: Le projet CISEAU (Centre d'Information Sur l'Eau Agricole et ses Usages).

67. **IRD 2008**.Les dossiers thématiques de l'Institut de recherche pour le développement. Les sols sont fragiles: 1er partie Salinisation et sodisation des sols. 2ème partie La dégradation des sols par salinisation ou alcalisation.

68. **Jean-Paul Legros.,2009.** conférence n°4069,Bull.n°40,pp.257-269 Académie des science et lettres de Montpellier.

69. **JOËIL A., BERNARD A., ALAIN C., CHARLES-ANTOINE D., FLORENCE J., 2009**. Les filiéres céréaliéres " organisation et nouveaux défis " Ouvrage collectif. Quae. Grands-Augustins INRA, Paris 6e.

70. L'Association française de normalisation (AFNOR),1999

71. **LAMINIA, (2012**): étude géochimique et minéralogique des chotts de la région d'el Hadjira. Thèse magister. Univ. Ouargla. 132 p.

72. **LARSON W.E., PIERCE F.J., 1992 -** Conservation and enhancement of soil quality In:Evaluation for Sustainable Land Management in the Developing World, Vol. 2: Technical papers. Bangkok, Thailand: International Board for Research and Management. IBSRAM Proceedings No. 12(2). pp. 175-203.

73. **LERIN François, 1986**. Céréales et produits céréaliers en médéteranéen. Ed. Mont pellier ;pp 81 ; 93

74. **MATHIEU C et PIELTAIN F., 2009** - Analyse chimique des sols: méthodes choisies. 2éme édition. Edition Tec & Doc Lavoisier. 317 p.

75. **MATHIEU C., 2009** - Les principaux sols du monde .Lavoisier. 260p.

76. **MATHIEU C., LOZET J., 2011**- Dictionnaire encyclopédique de science du sol. Lavoisier. Edition Tech&Doc. Paris. 733 p.

77. **MENACER A., 2009.** Essai de l'optimisation de la fertilisation organique de la culture de pomme de terre dans les conditions salines des régions sahariennes (Cas de Ouargla). Mém. Ing, Ouargla, 114p.

78. **Mermoud. A, 2006.** Cours physique du sol, Maitrise de la salinité des sols,pp 1-14

79. **Monod, T. 1992**Du désert, *Sécheresse* 3 (1) : 7-24.

80. **NEZLI I.E., 2004** - Mécanismes d'acquisition de la salinité et de la fluoruration des eaux de la nappe phréatique de la basse Vallée de l'Oued Mya (Ouargla). UNIVERSITE Badji Mokhtar - Annaba. Faculté des sciences de la terre. Département de Géologie Mémoire de magister en Géologie. 90 p.

81. **OUMEIRI N., 1994.** Contribution à l'étude de la dynamique saisonnière des sels solubles dans la cuvette d'Ouargla, Mém. Ing, Univ de Ouargla, 72p.

82. **OZENDA P., 1983 -** Flore du Sahara. Ed. Centre national de la recherche scientifique.(C.N.R.S), Paris, 625p.

83. **Parida A.K., Das A.B. (2005):** Salt tolerance and salinity effect on plants: review.

84. **REGUIG ET HADJ LARROUSSI., (2007);** Contribution à l'étude de la relation sol-végétation dans la région sud de la zone humide de Chott El Hodna.Mém. d'Ing. EnBiologieMsila.

85. **RICHARDS L.A., 1954 -** Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. U.S.D.A,Handbook N° 60, Washington, 160p.

86. **ROUVILOIS- BRIGOL M., 1975** - Le pays de Ouargla (Sahara Algérien). Université de SORBONNE. Paris. 389p.

87. **SAKER Mohamed Lakhdar & DADDI BOUHOUN Mustapha** , l'agriculture saharienne: '' 'La céréaliculture dans les zones arides : Etat des lieux et perspectives'' Ouargla le 10 mars 2015La céréaliculture en régions sahariennes : situation actuelle, contraintes etperspectives de développement

88. **SERVANT J., SERVAT E., 1966** - Introduction à l'étude des sols salés littoraux de Languedoc-Roussillon. Ann. Agro., 17(1), 53-73.

89. **SHABBIR A. SHAHID, MAHMOUD A. ABDELFATTAH, FAISAL K. TAHA., 2013** - Developments in Soil Salinity Assessment and Reclamation: Innovative Thinking and Use of Marginal Soil and Water Resources in Irrigated Agriculture. Springer Science & Business Media. 808 p.

90. **SOLTNER D** ., 2005a.les grandes productions végétales. Ed Collection sciences et techniques agricoles, paris (20e édition), 472p.

91. **SOLTNER D., 1989** - Les bases de la production végétal. Tome I: Le sol, 17ème Ed. C.S.T.A., Angers, 468 p. in HADDAD S., ABBES K., 2015- Etude de l'impact de l'irrigation-drainage sur la salinisation des sols à l'exploitation de l'université. Mémoire master agronomie. Université Ouargla. 42p.

92. **Soltner, D. 2005**.,Les bases de production végétale. 24 e edition. Tome i, Paris, 472 p

93. **STEWART P, (1969):**Quotient pluviothermique et la dégradation de la biosphère. Bull. Soc. Hist. Nat. Agro, pp24-25

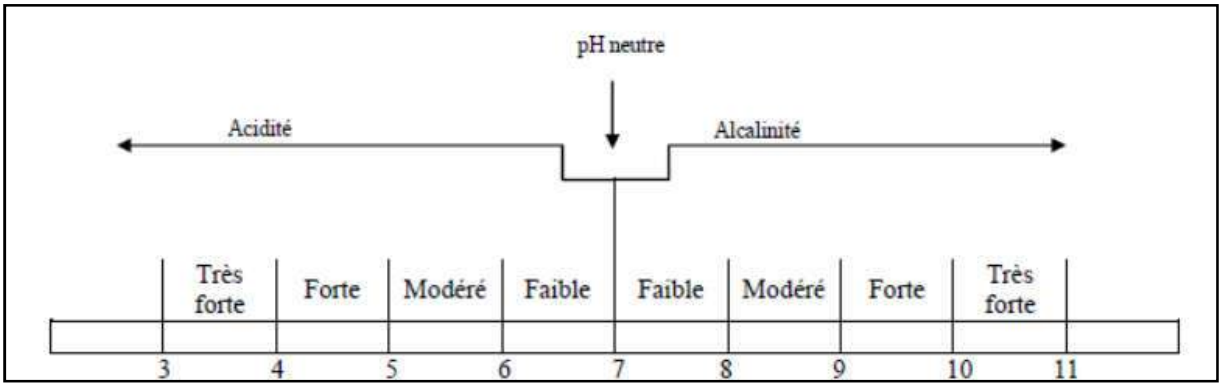
94. Système Aquifère du Sahara Septentrional **(SASS)., 2002**- Une conscience de bassin, hydrogéologie, synthèse.

95. Toutain G., 1977. Elément d'agronomie Saharienne. De la recherche au développement. INRAA-GRET, Paris. 276 p.

96. USSL., 1954 - Diagnostic and improvement of saline and alckali soils. U.S.A.D, Handbook. N°60. 160p.

Annexes

Annexe 1 : **Normes d'interprétation du pH-eau du sol MATHIEU et PIELTAIN (2009)**



Annexe :classe d'interprétation du pH du sol

Extrait 1/5	
Valeur de pH	**Classe d'interprétation**
< 4.5	Extrêmement acide
4.5 - 5.0	Très fortement acide
5.1 - 5.5	Fortement acide
5.6 - 6.0	Moyennement acide
6.1 - 6-5	Légèrement acide
6.6 - 7.3	Neutre
7.4 - 7.8	Légèrement alcalin
7.9 - 8.4	Moyennement alcalin
8.5 - 9.0	Fortement alcalin _ -
> 9.0	Très fortement alcalin

Annexe : Classification des eaux phréatique (FLOREA 1961 in OMEIRI 1994)

Résidu sec en g/l	**Différents types d'eau de nappe**
≤ 0,5	Eau douce
0,5 < R.S ≤ 4,5	Eau très faiblement salée
4,5 < R.S ≤ 10	Eau faiblement salée
10 < R.S ≤ 25	Eau moyennement salée
25 < R.S ≤ 45	Eau fortement salée
45 < R.S ≤ 100	Eau très fortement salée
>100	Eau excessivement salée

Annexe :Evaluation de la qualité des eaux d'irrigation (Durand, 1958)

Conductivité électrique (dS/m)	Concentration (g/l)	Evaluation américaine	Evaluation russe	Evaluation de DURAND pour l'Algérie
CE < 0.25	< 0.2	Faible salé	Faible qualité	Non saline
0.25<CE<0.75	0.2-0.5	Moyennement salée		Salinité
0.75<CE<2.25	0.5-1.5	Fortement salée	Risque de salinisation	moyenne
2.25<CE<	1.5-3	T. fortement salée		Forte salinité
5<CE<20	3-7	Salinité excessive	Ne peut être utilisée sans lessivage	Très forte salinité
				Salinité excessive

Annexe : Conductivité et eau d'irrigation

Le tableau ci-dessous présente des classes d'aptitude de l'eau à l'irrigation, modifié d'après *US SALINITY LABORATORY, 1955*.

Classe	conductivité µS/cm à 25°C	Remarques
C1	0 < C < 250	- faible minéralisation de l'eau - utilisation sur la plupart des cultures et des sols.
C2	250 < C < 750	- minéralisation moyenne - utilisation sur sol modérément lessivé et plantes moyennement tolérantes au sel
C3	750 < C < 2250	- eau salée - utilisation sur sol bien drainé et plantes tolérantes au sel - contrôle de l'évolution de la salinité obligatoire
C4	2250 < C < 5000	- minéralisation forte - utilisation non souhaitable en agriculture

Classification du sol selon la salinité

$CE_{e1:5}$ à 25 °C	Classe de salinité
$CE_{e1:5} \leq 0,6$	Non salé
$0,6 < CE_{e1:5} \leq 1$	Légèrement salé
$1 < CE_{e1:5} \leq 2$	Salé
$2 < CE_{e1:5} \leq 4$	Très salé
$CE_{e1:5} > 4$	Extrêmement salé

Annexe :Type de profils salins :

La distribution quantitative de la salinité peut dans tous les cas revêtir plusieurs modalités et conduit indépendamment à des types de sol (servant, 1973 ; 1975).Selon servant (1976), il est possible de distinguer quatre formes principales figure (3).

- La forme A est une salinisation.
- La forme B est une désalinisation temporaire.
- La forme D est une désalinisation permanente
- La forme C est une résalinisation

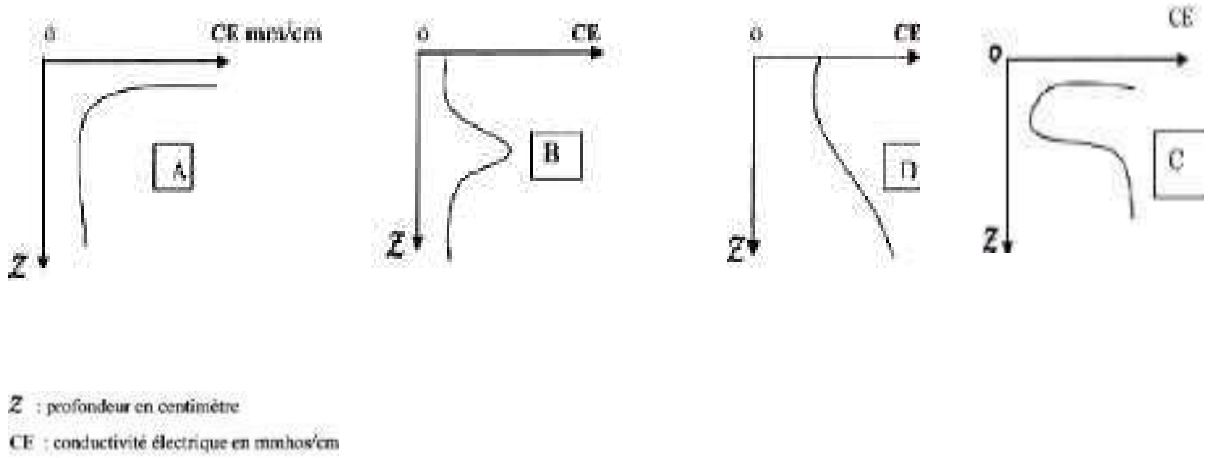


Figure .. : Type de profils salins (Servant, 1976)

Résumé

Etude de la variabilité spatiale de la salinité des sols sous pivots à Ouargla

L'Algérie soufre des problèmes de salinité ,notamment que la cuvette de Ouargla , qui a des effets néfastes sur l'environnement agraire. Notre travail se base sur la caractérisation de la variabilité spatiale de la salinité du sol sous pivot. L'exploitation de l'AGRODIV a été sélectionnée comme site d'étude. On a choisi Deux pivots de 32 ha ont été sélectionnés comme parcelle d'étude, Chaque parcelle est subdivisée en 7 zones circulaires selon la longueur de la travée. Le sol est échantillonné par l'utilisation de la terrière sur une profondeur de 100 cm, avec 5 couches de 20 cm (0.20 cm, 20-40 cm, 40-60 cm, 60-80 cm et de 80 à 100 cm).
Les résultats obtenus ont fait l'objet d'un traitement statistique et cartographique par l'utilisation des logiciels tels que l'EXCEL, le SURFER et le DIAGRAMME ;on montré que
La composition chimique de deux forages est presque identique. de pH est faible alcalinité (7.8 en moyenne). D'une fasciés chlorurés et sulfatées calciques et magnésiennes. Ils présentent une conductivité élevée, variant de 4.8 à 4.96 mS/cm.
La zone d'étude se caractérise par un sol de type reg riche en éléments grossiers. Le pH du sol de deux pivot sont varie du neutre, à légèrement et à moyennement alcalin ;
Par rapport aux valeurs moyennes enregistrées, les deux pivots sont des sols salés, mais non classés comme des sols salins puisque la conductivité globale ne dépasse pas la norme de 4mS/cm.

Mots clés : variabilité spatiale , salinité , sous pivots , Ouargla

Abstract

Study of the spatial variability of the salinity of the soils under pivots at Ouargla

Algeria suffers from salinity problems, notably the Ouargla basin, which has adverse effects on the agrarian environment. Our work is based on the characterization of the spatial variability of the soil salinity under pivot. The exploitation of AGRODIV was selected as a study site. Two 32-hectare pivots were selected as a study plot. Each plot is subdivided into 7 circular zones according to the length of the span. The soil is sampled by the use of the burrow to a depth of 100 cm, with 5 layers of 20 cm (0.20 cm, 20-40 cm, 40-60 cm, 60-80 cm and 80-100 cm).
The results obtained were the subject of a statistical and cartographic treatment using software such as EXCEL, SURFER and DIAGRAM.
The chemical composition of two boreholes is almost identical. pH is low alkalinity (7.8 on average). From a chlorinated and sulphated calcium and magnesian fasciae. They have a high conductivity, ranging from 4.8 to 4.96 mS / cm.
The study area is characterized by a soil type reg rich in coarse elements the soil pH of two pivot are varies from neutral to slightly and moderately alkaline;
Compared to the average values recorded, the two pivots are salty soils, but not classified as saline soils since the overall conductivity does not exceed the standard of 4mS / cm.

Keywords : spatial variability, salinity, under pivots, Ouargla

ملخص

دراسة التباين المكاني لملوحة التربة تحت المحور في ورقلة

.تعاني الجزائر من مشاكل الملوحة ، ولا سيما حوض ورقلة ، الذي له آثار ضارة على البيئة الزراعية.
، يعتمد عملنا على وصف التغير المكاني لملوحة التربة تحت المحور. تم اختيار AGRODIVكموقع للدراسة
تم تعيين محورين تبلغ مساحتهما 32 هكتارًا كمخطط دراسة ، حيث يتم تقسيم كل قطعة إلى 7 مناطق دائرية وفقًا لطول العارضة
. يتم أخذ عينات من التربة عن طريق استخدام الحفار اليدوي على عمق 100 سم ، مع 5 طبقات من 20 سم (0.20 سم ، 20-40 سم ، 40-60 سم ، 60-80 سم و 80-100 سم).
النتائج التي تم الحصول عليها بنظام المعالجة الإحصائية ورسم الخرائط باستخدام البرامج مثل
(EXCEL و SURFER و DIAGRAM).
التركيب الكيميائي لاثنين من الآبار متطابقة تقريبا. الرقم الهيدروجيني قاعدي منخفض (7.8 في المتوسط).. لديهم الموصلية العالية ، تتراوح من 4.8 إلى 4.96. مللي / سم من الكالسيوم المكلور والكبريت ولفافة المغنيسيوم
تتميز منطقة الدراسة بنوعية تربة غنية بالعناصر الخشنة " رق" وتتراوح درجة الحموضة في التربة ذات المحورين من محايد إلى قاعدي قليلاً ومعتدل بالمقارنة مع متوسط القيم المسجلة ، فإن المحورين ذو تربة مالحة ، لكن لا تصنف على أنها تربة ملحية لأن الموصلية الكلية لا تتجاوز مستوى 4 م / سم.

المفتاحية : التغير المكاني الملوحة ، تحت محاور, ورقلةالكلمات