



République Algérienne Démocratique et Populaire



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا للفلاحة

Ecole Nationale Supérieure Agronomique

École Nationale Supérieure Agronomique

Département : Génie rural

Spécialité: Science de l'eau

المدرسة الوطنية العليا للفلاحة

القسم: الهندسة الريفية

التخصص: علم المياه

Thèse

En vue de l'obtention du diplôme de Doctorat-LMD

Thème

Impact des techniques d'irrigation sous pression sur les phénomènes de salinisation des sols : cas des zones arides

Présenté par: **M. BIOUS Islem**

Soutenu publiquement le: **20/12/2023**

Directeur de thèse : CHABACA M. Nacer (Professeurs, ENSA)

Co-directeur de thèse : LARIBI Abdelkader (MCA, ENSA)

Devant le jury :

Président du jury: Hartani Tarik (Professeur, ENSA)

Examineurs :

- **DOUAOUI Abdelkader** (Professeur, Centre Universitaire de Tipaza)
- **MOUHOUCHE Brahim** (Professeur, ENSA)

Table des matières

Remerciements	ii
Résumé	iii
Liste des figures	v
Liste des tableaux :	vii
Liste des abréviations :	viii
Introduction	1
Chapitre 1 :	4
Synthèse Bibliographique	4
I. Les enjeux de la salinisation des sols dans le monde et en Algérie	5
I.1. Historique	5
I.2. Salinisation du sol dans le monde	5
I.3. Salinisation des sols en Algérie.....	7
I.3.1. Principales régions agricoles affectées par la salinité	8
I.3.1.1. Les périmètres irrigués de l'ouest	8
I.3.1.2. Le bassin Saharien	9
II. Relation entre l'irrigation et la salinisation des sols	12
II.1. Définition de la salinité.....	12
II.2. Origines de la salinité du sol.....	12
II.2.1. Salinité associée à l'eau souterraine	13
II.2.2. Salinité non-associée à l'eau souterraine	13
II.2.3. Salinité due à l'irrigation	14
II.3. Sols salins.....	15
II.4. Sols sodiques	16
III. Evaluation de la qualité de l'eau pour l'irrigation	17
III.1. Paramètres utilisés pour déterminer la qualité de l'eau pour l'irrigation.....	17
III.1.1. La CE	17
III.1.2. Le SAR.....	18
III.1.3. Le Résiduel Sodium Carbonates (RSC)	19
III.1.4. Toxicité spécifique des ions	19
III.2. Classification des eaux d'irrigation	20
III.2.1. Diagramme de Riverside	20
III.2.2. Standards et normes FAO	22
IV. Impacts de la salinité sur les cultures	23
IV.1. Notion du stress salin	23
IV.2. Effet de la salinité sur les activités physiologiques de la plante	24
IV.2.1. Effet hyper-osmotique (Effet non spécifique).....	24
IV.2.2. Toxicité des ions Cl ⁻ et Na ⁺ (Effet spécifique).....	25
IV.3. Effet de la salinité sur le rendement	26
IV.4. Effet de la salinité sur la qualité de la production.....	27

V.	Gestion et amélioration des sols salins	28
V.1.	Diagnostic	28
V.2.	Méthodes hydrotechniques	29
V.2.1.	Lessivage	29
V.2.1.1.	Définition	29
V.2.1.2.	Les besoins de lessivage	29
V.2.1.3.	Rôle de la technique d'irrigation dans le lessivage	29
V.2.2.	Le dessalement et la déminéralisation de l'eau d'irrigation	30
V.2.2.1.	Osmose inverse	30
V.2.2.2.	Nano filtration	31
V.3.	Méthodes chimiques	31
V.4.	Méthodes physiques	31
V.5.	Phytoremédiation des sols	31
Chapitre 2 :	.....	33
Présentation de la région d'étude	.....	33
I.	Situation géographique	34
II.	Topographie	34
III.	Hydrogéologie	35
IV.	Climat	36
IV.1.	Précipitations	37
IV.2.	Températures	37
IV.3.	Humidité relative	38
IV.4.	Le vent	38
IV.5.	Evapotranspiration potentielle	38
IV.6.	Insolation	38
IV.7.	Synthèse climatique	38
IV.7.1.	Diagramme ombro-thermique de Gaussen	38
IV.7.2.	Diagramme d'Emberger	39
V.	Etat des lieux de l'Agriculture dans la Vallée du Souf	40
V.1.	Systèmes agraires de la Vallée du Souf	40
V.	.....	40
V.1.1.	Agriculture oasienne	40
V.1.2.	Agriculture conventionnelle	41
V.1.2.1.	Phoeniculture moderne	41
V.1.2.2.	Cultures maraichères	41
V.2.	Techniques d'irrigation dans la vallée du Souf	42
Chapitre 3 :	.....	43
Matériels et méthodes	.....	43
I.	Démarche générale de l'étude	44
II.	Méthodologie de l'enquête	45

II.1.	Première enquête	45
II.2.1.	Volet hydrotechnique.....	46
II.2.1.	Volet agricole.....	47
III.	L'analyse de l'eau	47
III.1.	L'échantillonnage	47
III.3.	L'interprétation	49
IV.	Evolution des paramètres physico-chimiques du sol.....	49
IV.1.	Présentation de l'exploitation.....	49
V.2.	Mise en place du protocole expérimental	51
V.2.1.	Etude hydrotechnique des parcelles.....	51
V.2.1.1.	Indicateurs techniques	51
V.2.1.2.	Indicateurs hydrauliques	51
V.2.2.	Echantillonnage et analyse du sol.....	52
V.2.3.	Méthodes d'analyses	53
V.2.3.1.	Paramètres chimiques	53
V.2.3.2.	Paramètres physiques	53
V.2.4.	Méthodes d'interprétation	54
V.2.4.1.	Lecture des résultats.....	54
Chapitre 4 ;Résultats et Discussion.....		55
I.	Etat des lieux de l'irrigation et de la salinisation des sols dans la vallée du Souf.....	56
I.1.	Introduction	56
I.2.	Etat des lieux de l'irrigation dans la vallée du Souf.....	56
I.2.1.	Les terres irriguées	56
I.2.4.	Composition des systèmes d'irrigation par aspersion dans la vallée du Souf	63
I.2.4.1.	Ouvrage de prise d'eau.....	63
IV.1.1.1.	Station de tête	65
IV.1.1.2.	Technique d'irrigation.....	66
I.2.4.	Relation entre le milieu biophysique, la qualité et la technique d'irrigation	67
I.4.	Etat des lieux de la salinisation des sols dans la vallée du Souf.....	68
I.4.1.	Symptômes.....	68
I.4.2.	Impact sur l'agriculture	69
I.5.	Pratiques culturales pour la lutte contre la salinisation des sols	71
I.5.1.	Travail du sol.....	71
I.5.2.	La jachère	71
I.6.	Conclusion	72
II.	Evaluation de la qualité de l'eau d'irrigation et son impact sur le sol et les cultures ...	73
II.1.	Introduction	73
II.2.	Caractéristiques piézométriques et hydrochimiques des eaux de l'aquifère	73
II.2.1.	Piézométrie	73
II.2.2.	Description sommaire des paramètres hydro-chimiques des échantillons.....	75
II.2.3.	Faciès chimique	76
II.2.4.	Le diagramme de Gibbs.....	77

II.2.5. Indice de Saturation	78
II.2.6. Indices Chloro-Alcalins	80
II.3. Evaluation de la qualité de l'eau pour l'irrigation	80
II.3.1. Pourcentage du sodium (Na%)	81
II.3.2. Magnesium Hazard.....	82
II.3.3. La salinité potentielle	82
II.3.4. Conductivité Electrique	82
II.3.5. La dureté.....	84
II.3.6. Toxicité chlorique	84
II.4. Impacte de l'eau d'irrigation sur les cultures	85
II.4.1. Effets sur les feuilles.....	85
II.4.2. Effets sur le rendement.....	85
II.5. Conclusion	86
III. Evolution des paramètres physico-chimiques des sols irrigués	88
III.1. Introduction	88
III.2. Caractérisation physico-chimique du site expérimental.....	88
III.2.1. Propriétés physico-chimiques de l'eau d'irrigation.....	88
III.2.2. Etat initial du Sol.....	89
III.2.2.1. Paramètres physiques	89
III.2.2.2. Paramètres chimiques.....	90
III.2.3. Paramètres hydrotechniques des parcelles	90
III.2.3.1. Performances des systèmes d'irrigation	90
III.2.3.2. Calendrier d'irrigation	92
III.3. Evolution des paramètres physico-chimiques et chimiques du sol	92
III.3.1. Conductivité électrique	92
III.3.1.1. Evolution de la conductivité électrique du sol dans le temps	92
III.3.1.2. Evolution de la conductivité dans la zone racinaire	94
III.3.2. Le chlore	97
IV. Conclusion générale	100
Références	103
Annexes	

Résumé

Dans les régions arides, telle la vallée du Souf, la salinisation des sols représente un enjeu majeur pour une agriculture durable. Nos investigations dans la zone d'études ont montré que ce phénomène est lié à l'irrigation avec une eau de mauvaise qualité, utilisant des systèmes d'irrigation sous pression sans application de la dose de lessivage ni aucune autre gestion particulière de l'irrigation. L'évaluation de la qualité de l'aquifère phréatique de la vallée du Souf pour l'irrigation est étudiée dans 36 forages dans deux zones agricoles de cette vallée, en utilisant les paramètres communs pour l'eau d'irrigation. Selon les paramètres de qualité de l'eau pour l'irrigation (Na%, MH, PS, CE) en plus des diagrammes de Riverside et de Wilcox, cet aquifère est de mauvaise qualité pour l'irrigation. La majorité des échantillons analysés montre un faible danger d'alcalinisation du sol et un faible pourcentage de magnésium. Cependant, leur salinité est très élevée pour tous les échantillons, ce qui entraîne un risque élevé de salinisation des sols. Ce niveau de salinité menace la durabilité de l'agriculture dans cette zone. L'analyse des parcelles irriguées avec l'irrigation par pivot et goutte à goutte a montré que le pivot central causait plus de dégâts, la salinité du sol augmentait jusqu'à 24,6% dans les parcelles pivot et 19% dans les parcelles goutte à goutte après trois ans de culture de la pomme de terre. Dans les parcelles pivots, les sels sont principalement concentrés dans un horizon profond de 30 à 50 cm près de la zone racinaire, en raison du débit d'infiltration élevé. Bien que les sels soient concentrés à la surface du sol dans les parcelles goutte à goutte. Ces résultats ont montré que la salinité des sols augmente rapidement dans les terres irriguées, et les autorités doivent intervenir pour éviter l'extension du phénomène aux régions voisines.

Mots clés : Salinité, Irrigation, Agriculture durable , Régions arides , Vallée du Souf

Abstract

In arid regions, such as the Souf Valley, soil salinization is a major issue for sustainable agriculture. Our investigations showed that this phenomenon is related to irrigation with poor quality water, using pressurized irrigation systems without carrying of leaching requirement or any special management of irrigation. Assessment of the quality of the Souf Valley phreatic aquifer for irrigation done in 36 boreholes in two agricultural areas in this valley, using the common parameters for irrigation water. According to water quality for irrigation parameters (Na%, MH, PS, CE) in addition to Riverside and Wilcox diagrams, this aquifer is of poor water quality for irrigation. The majority of analyzed samples shows a weak danger of soil alkalization and a low percentage of magnesium. However, their salinity is very high for all samples which results in a high risk of soil salinization, this level of salinity may threaten the sustainability of agriculture in this area. Analysis of irrigated plots with both pivot and drip irrigation showed that central pivot caused more damage, soil salinity increases up to 24,6% in pivot plots and 19% in drip plots after three years of potato cultivation. In pivot plots, salts are mostly concentrated in deep horizon 30-50 cm near to the root zone, because of high infiltration flow. Although salts are concentrated in soil surface in drip plots. These results showed that soil salinity is increasing quickly in irrigated lands, and authorities must intervene to avoid the extension of the phenomenon such as neighboring regions.

Keywords : Salinity, Irrigation , Sustainable Agriculture , Arid regions , Souf Valley

ملخص

في المناطق الجافة مثل وادي سوف, يعتبر تملح التربة قضية رئيسية للزراعة المستدامة. أظهرت تحقيقاتنا أن هذه الظاهرة مرتبطة بالري بمياه ذات نوعية رديئة , باستخدام أنظمة الري بالضغط دون استخدام لترشيح التربة أو أي إدارة خاصة للري. تم تقييم جودة الخزان الجوفي في وادي سوف للري في 36 بئراً في منطقتين زراعتين في هذا الوادي , باستخدام المعايير العالمية المشتركة لمياه الري. وفقاً لجودة المياه لمعايير الري: Na%, MH, PS, CE بالإضافة إلى مخططات ريفرسايد وويلكوكس , فإن هذا الخزان الجوفي ذو نوعية مياه رديئة للري. تظهر غالبية العينات التي تم تحليلها ضعف خطر قلونة التربة وانخفاض نسبة المغنيسيوم. ومع ذلك , فإن ملوحتها عالية جداً لجميع العينات مما يؤدي إلى ارتفاع مخاطر تملح التربة , وقد يهدد هذا المستوى من الملوحة استدامة الزراعة في هذه المنطقة. أظهر تحليل قطع الأراضي المروية بالري المحوري والري بالتنقيط أن نظام الري المحوري تسبب في مزيد من الضرر , حيث زادت ملوحة التربة ب 24,6% في الأراضي المسقية بالرش المحوري 19% في قطع الأراضي بالتنقيط بعد ثلاث سنوات من زراعة البطاطس. في التربة المروية بالمحاور , تتركز الأملاح في الغالب في الأفق العميق 30-50 سم بالقرب من الجذو , بسبب التدفق المرتفع للمياه. اما في التربة المروية بالتنقيط فتتركز الأملاح تتركز سطح التربة. أظهرت هذه النتائج أن ملوحة التربة تزداد بسرعة في الأراضي المروية , ويجب على السلطات التدخل لتجنب اتساع نطاق الظاهرة مثل المناطق المجاورة.

الكلمات المفتاحية: الملوحة , الري , الزراعة المستدامة , المناطق الجافة , الوادي