



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE

SCIENTIFIQUE

Ecole Nationale Supérieure Agronomique

المدرسة الوطنية العليا للفلاحة

Département : science du sol

القسم : علم التربة

Spécialité : Sol, protection et la mise en valeur des terres

التخصص : التربة حماية وتحسين الأراضي

Mémoire De Fin D'études

Pour L'obtention Du Diplôme Du Master

THEME

Cartographie de la salinité des sols du lac Fetzara

(Annaba)

Présenté Par : MAAMAR Khouloud

Soutenu Publiquement le : 18/12/2022

Devant le jury composé de :

Présidente : M^{elle}. BOUREGHDA N

Maître de conférences A (ENSA).

Promoteur : Mr. SEMAR A.

Professeur (ENSA).

Examinatrice : M^{me}. BELKHELFA- FARES L

Maître assistante A (ENSA).

Examineur : Mr. OUAMER-ALI

Maître assistant A (ENSA).

Promotion : 2019/2022

Table des matières

Liste des tableaux	V
Liste des figures	Vi
Liste des abréviations	Vii
Introduction générale	Viii

Chapitre I: Synthèse bibliographique

1. Généralité sur la salinité	4
1.1 Salinité et salinisation.....	4
1.2 Facteurs intervenant dans le processus de la salinisation.....	4
1.3 Type de salinisation.....	5
1.3.1 Salinisation primaire	5
1.3.2 Salinisation secondaire	5
1.4 Alcalinisation et Sodisation.....	5
1.5 Processus de salinisation des zones humides.....	6
1.6 Les sols salés	6
1.7 Classification des sols salés.....	6
1.7.1 Classification française	7
1.8 Normes d'interprétation des sols salés	8
1.9 La salinité dans le monde	8
1.10 La salinité en Algérie.....	9
1.11 La dynamique des sels	10
1.11.1 Profil descendant	10
1.11.2 Profil ascendant	10
1.11.3 Profil convexe	11
1.12 Effet de la salinité	11
1.12.1 Sur la plante.....	11
1.12.1.1 Tolérance des plantes aux sels	12
1.12.2 Sur le sol.....	12
1.12.2.1 Effets sur les propriétés physiques.....	13
1.12.2.2 Effets sur les propriétés chimiques	13
1.12.2.3 Sur les propriétés biologiques	13
1.13 Mise en valeur des sols salés	13
1.13.1 Les méthodes de réhabilitation.....	14
1.13.1.1 Le drainage.....	14

1.13.1.2	Le lessivage.....	14
1.13.1.3	L'ajout d'amendement chimique	14
2	Cartographie de la salinité.....	15
2.1	Approche géostatistique	15
2.1.1	La structure spatiale de la variable salinité	16
2.1.1.1	Propriétés du variogramme	16
2.1.2	Interpolation par krigeage	17
2.2	Interpolation par inverse à la distance.....	18

Chapitre II: Matériel et méthodes

1	Caractéristiques du paysage.....	20
1.1	Situation géographique.....	20
1.2	Aperçu géologique et géomorphologique	21
1.3	Aperçu hydrologique et hydrogéologique.....	22
1.4	Occupation des sols.....	23
1.5	Pédologie.....	23
1.5.1	Différentes classes de sols.....	23
1.5.1.1	Les sols peu évolués.....	24
1.5.1.2	Les sols vertisols	24
1.5.1.3	Les sols hydromorphes	24
1.5.1.4	Les sols halomorphes.....	24
1.6	Les principales caractéristiques physico-chimiques du lac Fetzara.....	25
1.7	Climat.....	26
1.7.1	Précipitation	26
1.7.2	Température	26
1.7.3	Humidité de l'air	26
1.7.4	Insolation.....	26
1.7.5	Synthèse climatique.....	27
1.7.5.1	Diagramme ombrothermique de Gaussen.....	27
2	Matériel d'étude	28
2.1	Choix des points de prélèvement	29
2.2	Echantillonnage des sols	29
2.3	Préparation des échantillons.....	30

3	Méthodes d'analyses au laboratoire.....	30
3.1	Conductivité électrique	31
3.1.1	Extrait dilué 1/5.....	31
3.1.2	Extrait de pâte saturée	31
4	Analyse de la variabilité spatiale du sol et prédiction de la salinité	32
4.1	Statistiques descriptives.....	32
4.1.1	La moyenne	32
4.1.2	Le minimum et le maximum	33
4.1.3	Ecart type.....	33
4.1.4	Le coefficient de variation.....	33
4.2	Régression linéaire et corrélation.....	34
4.3	Analyse géostatistique.....	34
4.3.1	Analyse variographique.....	34
4.3.2	La cartographie par krigeage ordinaire	35
4.4	Pondération par l'inverse de la distance.....	35

Chapitre III: Résultats et discussion

1	Résultats de la salinité à partir des mesures au laboratoire.....	37
1.1	Conductivité électrique de l'extrait dilué	37
1.2	Conductivité électrique de l'extrait de la pâte saturée	37
2	Synthèse des données selon le profil.....	39
2.1	Distribution globale de la salinité.....	39
2.2	Distribution de la salinité selon les sondages.....	40
2.2.1	Le type ascendant	40
2.2.2	Le type descendant	42
2.2.3	Le type convexe-concave	43
3	Distribution spatiale de la CE	45
3.1	Distribution spatiale de la CE de la première couche (0-25 cm).....	46
3.1.1	Analyse statistique.....	46
3.1.2	Analyse variographique et cartographie par krigeage.....	46
3.1.2.1	Variographie	46
3.1.2.2	Cartographie par krigeage.....	47
3.1.3	Cartographie par l'inverse de la distance	48
3.2	Distribution spatiale de la CE de la deuxième couche	49
3.2.1	Analyse statistique.....	49

3.2.2	Analyse variographique et cartographie par krigeage.....	50
3.2.2.1	Variographie	50
3.2.2.2	Cartographie par krigeage.....	51
3.2.3	Cartographie par l'inverse de la distance	52
3.3	Distribution spatiale de la CE de la troisième couche.....	53
3.3.1	Analyse statistique.....	53
3.3.2	Analyse variographique et cartographie par krigeage.....	53
3.3.2.1	Variographie	53
3.3.2.2	Cartographie par krigeage.....	54
3.3.3	Cartographie par l'inverse de la distance	55
4	Comparaison entre les deux méthodes d'interpolation.....	56
5	Discussion.....	59
	Conclusion	61
	Conclusion générale	63
	Références bibliographiques	64
	Annexes.....	72
	Résumé	77

RÉSUMÉ

Le lac Fetzara (site RAMSAR du Nord de l'Algérie) a des eaux de salinité très variable. Les eaux salées de ce lac engendrent une dégradation des sols qui l'entourent par le biais de la salinisation. Cette thèse a pour objectif de faire une analyse cartographique par le biais de la géostatistique et IDW afin d'évaluer l'état actuel de la salinité des sols de ce lac. Pour cela, des mesures de la conductivité électrique de l'extrait dilué ($CE_{1/5}$) et d'extrait de la pâte saturée du sol (CE_{ps}) ont été effectuées sur trois niveaux de profondeur en prélevant et analysant 135 échantillons du sol.

Les résultats obtenus ont mis en évidence des types de profils salins à prédominance descendants où nous observons un maximum de salinité en profondeur. Les valeurs les plus élevées de la conductivité électrique ont été trouvées au centre de la zone cartographiée à la limite du lac, et les faibles valeurs à la périphérie du site d'étude. La salinité est amplifiée en profondeur, cette évolution de la salinité s'explique probablement par le rôle des saisons.

Mots clés : salinité du sol ; Conductivité électrique ; Variogramme ; krigeage ; IDW, Lac Fetzara.

ABSTRACT

The Fetzara Lake (RAMSAR site in northern Algeria) has waters of highly variable salinity. This is generated by several factors such as: geology, because the different formations at the outcrop have a different influence on the chemical composition of the water, climatic factors, and proximity to the sea through sea spray. The salty waters of this lake cause degradation of the surrounding soils through salinization. This thesis aims to make a cartographic analysis through geostatistics and IDW in order to assess the current state of the salinity of the soils of this label. For this, a measurement of the electrical conductivity of the diluted extract ($CE_{1/5}$) and of the saturated soil paste extract (CE_{ps}) was carried out at three depth levels by examining 135 soil samples.

The results obtained highlighted types of predominantly descending saline profiles where we observe a maximum of salinity at depth. The highest values of electrical conductivity were found in the center of the mapped area at the edge of the lake, and the lowest values at the periphery of the study site. The salinity is amplified in depth, this evolution of the salinity is explained by the role of the seasons.

Keywords: Soil salinity; Electrical conductivity ; Variogram; Kriging; IDW, Lake Fetzara.

ملخص

تتمتع بحيرة فنزارا (موقع رامسار في شمال الجزائر) بمياه متغيرة بدرجة عالية من الملوحة. ينتج هذا عن عدة عوامل مثل: الجيولوجيا، لأن التكوينات المختلفة في النوات لها تأثير مختلف على التركيب الكيميائي للماء، والعوامل المناخية، والقرب من البحر من خلال رذاذ البحر. تسبب المياه المالحة لهذه البحيرة تدهور التربة المحيطة من خلال التملح. تهدف من أجل تقييم الحالة الحالية هذه الأطروحة إلى إجراء تحليل خرائطي من خلال الإحصاء الجغرافي ومعكوس المسافة ومستخلص ($CE_{1/5}$) لملوحة التربة لهذا الملصق. لهذا الغرض، تم إجراء قياس التوصيل الكهربائي للمستخلص المخفف على ثلاثة مستويات أعماق من خلال فحص 135 عينة تربة (CE_{ps}) معجون التربة المشبع النتائج التي تم الحصول عليها من الأنواع المظلمة من القطاعات الملحية المتناقصة في الغالب حيث نلاحظ أقصى درجة من الملوحة في العمق. تم العثور على أعلى قيم للتوصيل الكهربائي في وسط المنطقة المعينة على حافة البحيرة، وأقل القيم في محيط موقع الدراسة. يتم تضخيم الملوحة في العمق، وهذا التطور في الملوحة يفسر من خلال دور الفصول

الكلمات المفتاحية: IDW ملوحة التربة؛ التوصيل الكهربائي؛ فاريوجرام؛ كريجينج؛ بحيرة فنزارا