



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTRE 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 mise en valeur des terres التخصص : التربة، حماية واستصلاح الأراضي

Mémoire De Fin D'études

Pour l'obtention du Diplôme de Master

## ***THEME***

Prédiction spatiale du carbone organique des sols dans  
la Région de Rechaïgua, Wilaya de Tiaret.

Présenté Par : **Mouache Abdelkader**

Soutenu Publiquement le 21/12/2025

Devant le jury compose de :

**Présidente du jury :**

Mme. ZERROUK Fadila.

Maître Assistante A (ENSA, ALGER)

**Promoteur :**

M. LARIBI Abdelkader.

Maître Conférence A (ENSA, ALGER)

**Examinatrice :**

Mme. BELKHELFA-FARES Lila.

Maître Assistante A (ENSA, ALGER)

**Promotion : 2019/ 2025**

## Tables des matières

Liste des figures .....	I
Liste des tableaux .....	II
Liste des abréviations.....	III
Introduction générale.....	1

### CHAPITRE I: Synthèse bibliographique

Introduction .....	3
1. Carbone organique du sol.....	3
1.1 Définition du carbone organique du sol .....	3
1.2 Cycle du carbone organique du sol .....	3
1.3 Types de carbone dans les sols.....	4
1.4 Relation entre le carbone organique et Matière Organique du sol.....	5
1.5 Dynamique et Séquestration du COS .....	6
1.6 Importance agronomique du carbone organique du sol.....	7
1.7 Distribution spatiale du carbone organique du sol.....	7
2. La Télédétection appliquée à l'étude des sols.....	7
2.1 Définition et principes généraux de la télédétection.....	7
2.2 Type de systèmes de télédétection .....	9
2.2.1 La Télédétection passive .....	9
2.2.2 La Télédétection active .....	9
2.3 Le rayonnement électromagnétique.....	10
2.4 Spectre électromagnétique.....	10
2.5 Réflexion spéculaire et réflexion diffuse .....	11
2.6 La signature spectrale du carbone organique du sol (COS).....	11
2.7 Types d'orbites.....	11
2.7.1 Orbite géostationnaire .....	12
2.7.2 Orbite héliosynchrone.....	12
2.7.3 Orbite quasi-polaire .....	12
2.8 La fauchée .....	12
3. Données Sentinel-2A et caractéristiques spectrales .....	12
4. Les indices spectraux dérivés des images satellitaires .....	13
4.1 Indice de végétation par différence normalisée (NDVI) ou indice de Tucker ...	14
4.2 Indice des sols nus (BSI).....	14

4.3	Indice de végétation ajusté au sol (SAVI).....	14
4.4	Indice du carbone organique du sol (SOC) .....	15
5.	Intégration des données de Télédétection dans les SIG.....	15
	Conclusion.....	15

## CHAPITRE II: Matériels et méthodes

	Introduction .....	16
1.	Présentation de la zone d'étude (la commune de Rechaiga) .....	17
1.1	Synthèse climatique .....	17
1.1.1	Etages bioclimatiques .....	17
1.1.2	Diagramme ombrothermique.....	18
1.2	Relief .....	19
1.3	Pédologie.....	19
1.4	Hydrologie .....	20
2.	Approche méthodologique .....	21
2.1	Echantillonnage des sols.....	21
3.	Analyse au laboratoire.....	23
3.1	Analyse du carbone par voie colorimétrique .....	23
3.2	Dosage du calcaire total .....	24
3.3	Détermination du pH-eau .....	25
4.	Les sources des données et traitement.....	25
4.1	Extraction des paramètres topographiques .....	26
5.	Le modèle de prédiction .....	28
5.1	Le modèle de régression linéaire pas à pas.....	28
5.2	Validation du modèle et évaluation.....	28
6.	Spatialisation du carbone organique par krigeage .....	29
7.	Les méthodes statistiques .....	30

## CHAPITRE III: Résultats et discussions

	Introduction .....	31
1.	La distribution spatiale des teneurs en carbone organique du sol .....	31
2.	La distribution spatiale du pH et du calcaire dans le sol .....	33
3.	Matrice de corrélation entre les différentes bandes spectrales dérivées de l'image sentinel-2A et le carbone organique du sol .....	38
4.	Recherche des facteurs de distributions du carbone organique du sol.....	39
4.1	Relation entre le carbone organique du sol et le calcaire .....	39

4.2	Relation entre le carbone organique du sol et le pH .....	40
4.3	Relation entre le carbone organique du sol et les paramètres topographiques .	41
5.	Relation entre les paramètres topographiques et les bandes spectrales .....	41
6.	Relation entre les paramètres topographiques et les indices spectraux.....	42
7.	Développement d'un modèle de régression pour la prédiction du carbone organique du sol.....	44
8.	Validation de la prédiction des teneurs en carbone organique du sol.....	46
	Conclusion générale .....	47

## Références bibliographiques

Annexes

Résumé

## Résumé

Le carbone organique du sol (COS) joue un rôle fondamental dans la fertilité des sols et dans la régulation du cycle du carbone à l'échelle mondiale. Le présent travail de recherche a pour objectif général la prédiction spatiale des teneurs en carbone organique des sols dans la région de Rechaïga (wilaya de Tiaret), à partir de l'imagerie Sentinel-2A couplée aux systèmes d'information géographique (SIG). Les sols étudiés présentent des teneurs en carbone organique variant entre 0,2 g/kg et 18,3 g/kg, avec une valeur moyenne de 8,35 g/kg, ce qui suggère que les sols de Rechaïga sont faiblement à modérément riches en matière organique. L'analyse statistique des relations entre le carbone organique et les données spectrales a permis le développement d'un modèle de régression linéaire multiple basé sur les bandes spectrales (B4, B7, B8, B9 et B12), les indices spectraux (NDVI, SAVI et SOCI) ainsi que la variable topographique d'élévation. Le modèle de prédiction a présenté des performances statistiques acceptables avec un pouvoir de prédiction de 39 % ( $r = 0,62$  ;  $p < 0,01$ ) et une RMSE de 19,61 g/kg, indiquant une capacité de prédiction modérée. Ce modèle constitue la première tentative de modélisation spatiale du carbone organique du sol dans la région de Rechaïga. Ces résultats suggèrent qu'il est possible de cartographier et prédire le carbone organique du sol à l'échelle régionale sur la base de la modélisation statistique. Par ailleurs, la carte de répartition spatiale du carbone organique obtenue à partir du modèle de prédiction pourra servir comme outil d'aide à la décision dans la planification et la gestion durable des terres.

**Mots clés :** Carbone organique du sol, télédétection, modèle de régression, Rechaïga.

## Abstract

Soil organic carbon (SOC) plays a fundamental role in soil fertility and in regulating the global carbon cycle. The main objective of this research is to predict the spatial distribution of soil organic carbon contents in the Rechaïga region (Tiaret Province), using Sentinel-2A imagery combined with Geographic Information Systems (GIS). The studied soils show SOC values ranging from 0.2 g/kg to 18.3 g/kg, with an average of 8.35 g/kg, indicating that the soils of Rechaïga are generally low to moderately rich in organic matter. Statistical analysis of the relationships between SOC and spectral data enabled the development of a multiple linear regression model based on spectral bands (B4, B7, B8, B9, and B12), spectral indices (NDVI, SAVI, and SOCI), and the topographic variable of elevation. The predictive model showed acceptable statistical performance, with a predictive power of 39% ( $r = 0.62$ ;  $p < 0.01$ ) and an RMSE of 19.61 g/kg, indicating a moderate prediction capacity. This model represents a first attempt at spatial modelling of soil organic carbon in the Rechaïga region. These findings suggest that mapping and predicting soil organic carbon at a regional scale is feasible through statistical modelling. Moreover, the spatial distribution map generated from the prediction model can serve as a valuable decision-support tool for land-use planning and sustainable land management.

**Keywords:** Soil organic carbon, remote sensing, regression model, Rechaïga.

## خلاصة البحث

يلعب الكربون العضوي في التربة دورًا محوريًا في خصوبة التربة وتنظيم الدورة العالمية للكربون. يهدف هذا البحث بشكل أساسي إلى التنبؤ بالتوزيع المكاني لمحتوى الكربون العضوي في تربة منطقة رشيقة (ولاية تيارت)، اعتمادًا على صور القمر الصناعي Sentinel-2A مقترنة بنظم المعلومات الجغرافية (SIG). تتراوح قيم الكربون العضوي في التربة المدروسة بين 0,2 و 18,3 غ/كغ، بمتوسط قدره 8,35 غ/كغ، مما يشير إلى أنّ تربة رشيقة فقيرة إلى متوسطة المحتوى من المادة العضوية. وقد سمحت الدراسة الإحصائية للعلاقات بين الكربون العضوي والبيانات الطيفية بتطوير نموذج انحدار خطي متعدد يعتمد على الحزم الطيفية (B4، B7، B8، B9، B12) وعلى المؤشرات الطيفية (NDVI، SAVI، SOCI) بالإضافة إلى متغير الارتفاع الطبوغرافي. أظهر نموذج التنبؤ أداءً إحصائيًا مقبولًا بقوة تفسير بلغت 39% ( $r = 0,62$ ؛  $p < 0,01$ ) وجذر متوسط مربعات الخطأ (RMSE) يساوي 19,61 غ/كغ، مما يعكس قدرة تنبؤية متوسطة. ويُعدّ هذا النموذج أول محاولة لنمذجة التوزيع المكاني للكربون العضوي في تربة منطقة رشيقة. تشير هذه النتائج إلى إمكانية إعداد خرائط وتنبؤات لمحتوى الكربون العضوي في التربة على المستوى الإقليمي بالاعتماد على النمذجة الإحصائية. كما يمكن أن تُستخدم خريطة التوزيع المكاني الناتجة عن هذا النموذج كأداة مساعدة في اتخاذ القرار فيما يخص تخطيط استخدام الأراضي والإدارة المستدامة لها.

**مفاتيح البحث:** الكربون العضوي في التربة، الاستشعار عن بعد، نموذج الانحدار، رشيقة.