



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLICUE 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 des sols

القسم : علم التربة

Spécialité : Sol, protection et mise en valeur des terres / التخصص : التربة، حماية و تحسين الاراضي

Mémoire De Fin D'études

Pour L'obtention Du Diplôme De Master

THEME

**Prédiction spatiale du carbone organique du sol par
imagerie satellitale Sentinel-2A.**

Présenté Par : Mlle. ACHELI Lylia

Mlle. BELKEBIR Sabrina

Soutenu Publiquement le 28 /12/2020

Devant le jury composé de :

Mémoire dirigé par :

M. LARIBI A.

Maitre de conférences A à l'ENSA

Président :

M. DAOUD Y.

Professeur à l'ENSA

Examinatrices :

Mme. SAFTA- ZERROUK F.

Maitre assistante A à l'ENSA

Mme. BELKHELFA-FARES L.

Maitre assistante A à l'ENSA

Promotion 2015-2020

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 et matière organique.....	3
1.1. Généralités.....	3
1.2. Cycle du carbone organique	3
1.2.1 Le cycle court du carbone	3
1.2.2. Le cycle long du carbone organique	4
1.3. La matière organique du sol	5
1.4. Importance de la matière organique du sol	6
2. Apport de la télédétection dans l'étude de la distribution spatiale du carbone organique du sol.....	7
2.1. Généralités sur la télédétection	7
2.2. Réflectance de la matière organique du sol	8
3. Les principaux indices utilisés pour la prédiction du carbone organique des sols	9
3.1. L'indice de végétation par quotient (SR).....	9
3.2. L'Indice de végétation par différence normalisée ou indice de Tucker (NDVI).....	9
3.3. L'indice de végétation par différence normalisée dans la bande du vert (NDVI vert)	10
3.4. L'indice de végétation sénescence par différence normalisée (NDSVI).....	10
3.5. L'indice de végétation transformé (TVI).....	10

3.6. L'indice de végétation amélioré (EVI)	10
3.7. L'indice de stress hydrique (MSI)	11
3.8. L'indice d'eau par différence normalisée (NDWI)	11
3.9. L'indice du sol nu (BSI).....	11
4. Statut du carbone organique des sols en Algérie et dans le monde	11
Conclusion	13

Chapitre II : Matériel et méthodes

Introduction.....	14
1. Présentation de la zone d'étude (la commune d'Oued El Alleug)	15
1.1. Synthèse climatique	15
1.1.1. Les précipitations	15
1.1.2. Les températures	16
1.1.3. L'évapotranspiration	16
1.1.4. Le diagramme Ombrothermique de Gaussen	16
1.2. La géologie	17
2. Approche méthodologique	17
2.1. Échantillonnage des sols	17
2.2. Analyses au laboratoire	18
- Analyse du carbone par voie colorimétrique	18
2.3. Les sources de données et traitement.....	20
- Caractéristiques des images Sentinel-2A	20
2.4. Analyse des images satellitaires.....	21
2.5. Le modèle de prédiction	22
- Le modèle de régression linéaire pas à pas ou stepwise (SLR).....	22
2.6. Validation du modèle et évaluation	23
2.7. Spatialisation du COS par krigeage.....	24

2.8. Les méthodes statistiques	24
Conclusion	25

Chapitre III : RESULTATS ET DISCUSSIONS

Introduction.....	26
1. Distribution spatiale du carbone organique	26
2. Evaluation du carbone organique à partir des données de l'imagerie satellitaire Sentinel-2A	29
2.1. Matrice de corrélation entre le carbone organique du sol et les différentes bandes spectrales.....	29
2.2. Matrice de corrélation entre le carbone organique du sol et les indices dérivés de l'image Sentinel-2A	30
2.3. Développement d'un modèle de régression pour la prédiction du carbone organique du sol.....	34
2.4. Validation de la prédiction de la quantité de carbone organique du sol prédite	35
Conclusion générale.....	38

Références bibliographique

Annexes

Résumé

Résumé

Le carbone organique du sol est un indicateur clé de la fertilité du sol et de sa qualité. Il est un composant indissociable du cycle global du carbone. La présente étude a pour objet d'élaborer un modèle de prédiction du carbone organique du sol (COS) par imagerie satellitale Sentinel-2A de la commune d'Oued el Alleug. La modélisation a été appréhendée en utilisant le modèle de regression linéaire pas à pas (SLR). Au total, 55 échantillons composites de sol ont été prélevés d'une manière aléatoire au niveau de la zone d'étude. L'estimation du stock en COS pour l'ensemble des échantillons montre que les teneurs varient d'un minimum de 1,8 t C ha⁻¹ à un maximum de 72,7 t C ha⁻¹, avec une moyenne de 28,8 t C ha⁻¹. Les résultats ont montré qu'il est possible d'utiliser la bande B2 pour cartographier la distribution spatiale du COS ($R^2 = 0,35$; $p < 0,05$). Le modèle de prédiction obtenu a présenté des performances acceptables, avec un coefficient de détermination $R^2 = 0,5$ et une RMSE = 6,73 g/kg en validation. Bien que le modèle soit satisfaisant, néanmoins, l'erreur du modèle de prédiction reste légèrement élevée, qu'il serait possible d'améliorer en augmentant le nombre d'échantillons en calibration. Il a été également mis en évidence une corrélation statistique négative hautement significative entre le COS et le NDSVI ($p < 0,05$). Les résultats obtenus à l'issue de ce travail de recherche ont permis de mieux comprendre le déterminisme du COS dans la région d'étude et seraient très utiles pour une meilleure gestion et/ou une planification de l'utilisation des sols.

Mots clés : carbone organique du sol, Sentinel 2-A, bandes spectrales, modèle de prédiction ; SIG.

Abstract

Soil organic carbon is a key indicator of soil fertility and soil quality. It is an inseparable component of the global carbon cycle. The purpose of this study is to develop a model for predicting soil organic carbon (SOC) by Sentinel-2A satellite imagery of the municipality of Oued el Alleug. The modeling was performed using the stepwise linear regression (SLR) model. A total of 55 composite soil samples were taken at random from the study area. The estimate of the SOC stock for all the samples shows that the contents vary from a minimum of 1.8 t C ha⁻¹ to a maximum of 72.7 t C ha⁻¹, with a mean value of 28,8 t C ha⁻¹. The results showed that it is possible to use the band B2 to map the spatial distribution of COS ($R^2 = 0.35$; $p < 0.05$). The prediction model presented acceptable performances, with a coefficient of determination $R^2 = 0.5$ and an RMSE = 6.73 g / kg in validation. Although the model is satisfactory, nevertheless, the error of the prediction model remains slightly high, which could be improved by increasing the number of samples in calibration. A highly statistically significant negative correlation was also observed between COS and NDSVI ($p < 0.05$). The results obtained from this research have provided a better understanding of the determinism of SOC in the study area and would be very useful for better management and / or land use planning.

Keywords: soil organic carbon, Sentinel 2-A, spectral bands, prediction model, GIS.

خلاصة البحث

يعتبر الكربون العضوي للتربة مؤشرا رئيسيا على خصوبة التربة وجودة التربة. إنه مكون لا يفصل عن دورة الكربون العالمية. الغرض من هذه الدراسة هو تطوير نموذج للتنبؤ بالكربون العضوي في التربة (COS) بواسطة صور الأقمار الصناعية Sentinel-2A لبلدية واد العلابق. تم الاقتراب من النمذجة باستخدام نموذج الانحدار الخطي التدريجي (SLR). تم أخذ 55 عينة من التربة المركبة بشكل عشوائي من منطقة الدراسة. يُظهر تقدير مخزون COS لجميع العينات أن المحتويات تختلف من 1.8 طن كربون هكتار كحد أدنى إلى 72.7 طن كربون هكتار⁻¹، بمتوسط 28.8 طن هكتار⁻¹. أظهرت النتائج أنه من الممكن استخدام النطاق B2 لتعيين التوزيع المكاني لـ COS ($R^2 = 0.35$; $p > 0.05$). قدم نموذج التنبؤ الذي تم الحصول عليه أداءً مقبولاً، مع معامل تحديد $R^2 = 0.5$ و RMSE = 6.73 غرام / كلغرام في التحقق. على الرغم من أن النموذج مرضٍ، إلا أن خطأ نموذج التنبؤ يظل مرتفعاً بعض الشيء، والذي يمكن تحسينه عن طريق زيادة عدد العينات في المعايرة. تم إظهار ارتباط سلبي ذو دلالة إحصائية عالية أيضاً بين COS و NDSVI ($p > 0.05$). قدمت النتائج التي تم الحصول عليها من هذا العمل البحثي فهماً أفضل لاحتمية COS في منطقة الدراسة وستكون مفيدة جداً لإدارة و / أو تخطيط استخدام الأراضي بشكل أفضل.

مفاتيح البحث: الكربون العضوي للتربة، Sentinel 2-A، النطاقات الطيفية، نموذج التنبؤ، نظام المعلومات الجغرافية.