



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 : Sciences des sols

القسم: علم التربة

Spécialité : Sol, protection et mise en valeur des terres

التخصص: التربة، حماية وتحسين الاراض

Mémoire De Fin D'études

Pour L'obtention Du Diplôme De Master

THEME

**Prédiction spatiale du calcaire par imagerie
satellitale Landsat-8**

Présenté Par : M^{lle}. MELLAL Sabrina

Soutenu le : 21/12/2022

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

Examineurs :

M. DJILI K.

Professeur à l'ENSA

M^{me}. SAFTA- ZERROUK F.

Maitre assistante A à l'ENSA

Promotion : 2017 – 2022

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. Morphologie et répartition du calcaire.....	3
1.1 Généralités	3
1.2. Les origines du calcaire dans le sol.....	4
1.2.1. La roche mère.....	5
1.2.2. Résultat de phénomène de dissolution ou de précipitation.....	5
1.3. Les formes du calcaire dans les sols.....	5
1.3.1. Distribution diffuse.....	5
1.3.2. Concentration discontinue.....	5
1.3.2.1. Les pseudo-mycéliums.....	6
1.3.2.2. Les amas friables.....	6
1.3.2.3. Granules et nodules.....	6
1.3.3. Concentration continue.....	6
1.3.3.1. Les encroûtements non feuilleté.....	6
1.3.3.1.1. L'encroûtement massif d'aspect crayeux ou tufeux.....	6
1.3.3.1.2. L'encroûtement nodulaire.....	6
1.3.3.2. Les encroûtements feuilletés.....	7
1.3.3.2.1. Les croûtes	7
1.3.3.2.2. Les dalles compactes.....	7

1.3.3.3. Les encroutements lamellaires ou pellicules rubanées	7
1.4. Classification des sols calcaire.....	7
1.5. Distribution des sols calcaire en Algérie et dans le monde.....	8
2. Apport de la télédétection dans l'étude de la prédiction du calcaire dans les sols.....	10
2.1. Généralité sur la télédétection.....	10
2.2. Le spectre électromagnétique.....	10
2.3. Le rayonnement réfléchi.....	11
2.3.1. La réflexion spéculaire.....	11
2.3.2. La réflexion diffuse.....	11
2.4. La signature spectrale du calcaire.....	11
2.5. Les satellites et leurs caractéristiques.....	12
2.5.1. Orbite.....	12
2.5.1.1. Orbites géostationnaire.....	12
2.5.1.2. Orbite héliosynchrone.....	13
2.5.1.3. Orbite quasipolaire.....	13
2.5.2. La fauchée.....	13
2.5.3. Les capteurs.....	13
2.5.3.1. Les capteurs actifs.....	13
2.5.3.2. Les capteurs passifs.....	13
2.5.4. Résolution des capteurs.....	14
2.5.4.1. La résolution spatiale.....	14
2.5.4.2. La résolution radiométrique.....	14
2.5.4.3. La résolution spectrale.....	14
2.5.4.4. La résolution temporelle.....	14
3. Les principaux indices spectraux utilisés pour la prédiction du calcaire dans les sols...	14

3.1. Indice de végétation brut ou indice différentiel de végétation (DVI).....	14
3.2. Indice de végétation par différence normalisée ou indice de Tucker (NDVI).....	15
3.3. Indice de végétation ajusté pour le sol (SAVI).....	15
3.4. Indice de réponse spectrale combiné (COSRI).....	15
3.5. Indice de carbonate (IC).....	16
4. Programme Landsat.....	16
4.1. Mission Landsat	16
4.2. Capteurs Landsat 8.....	16
4.3. Les bandes Landsat 8.....	17
Conclusion.....	17

CHAPITRE II : Matériels et méthodes

Introduction.....	18
1. Présentation de la zone d'étude (la commune de ksar-Chellala).....	19
1.1. Synthèse climatique.....	19
1.1.1. Les précipitations.....	19
1.1.2. Les températures.....	19
1.1.3. Le diagramme Ombrothermique de Gaussen.....	20
1.2. La géologie.....	21
1.3. La géomorphologie.....	21
1.4. L'hydrogéologie et l'hydrologie.....	21
1.5. Typologie des sols de la zone d'étude.....	22
1.6. Occupation du sol.....	23
2. Approche méthodologique.....	24
2.1. Echantillonnage des sols.....	24
2.2. Analyses au laboratoire.....	26
2.2.1. Dosage du calcaire total par méthode du calcimètre.....	26

2.2.2. Mesure du pH-eau par le pH mètre.....	27
2.3. Les sources de données et traitement.....	27
2.4. Analyse des images satellitaires.....	28
2.5. Extraction des paramètres topographiques	28
2.6. Le modèle de prédiction.....	29
2.7. Le modèle de régression linéaire pas à pas ou Stepwise (SLR).....	29
2.8. Validation du modèle et évaluation.....	32
2.9. Spatialisation du calcaire par krigeage.....	32
2.10. Les méthodes statistiques.....	33

CHAPITRE III : Résultats et discussions

Introduction.....	34
1. La distribution spatiale des teneurs en calcaire	34
2. La distribution spatiale du pH.....	37
3. La relation entre le pH et la teneur de calcaire dans le sol.....	37
4. Recherche des facteurs de distribution du calcaire.....	39
5. Evaluation du calcaire total à partir des données de l'imagerie satellitaire Landsat-8..	40
6. Relation entre le calcaire total et les paramètres topographiques.....	42
6.1. Le calcaire total-Élévation.....	42
6.2. Le calcaire total-Pente.....	43
7. Relation entre les paramètres topographiques et les bandes spectrales.....	43
8. Relation entre les paramètres topographiques et les indices spectraux.....	44
9. Développement d'un modèle de régression pour la prédiction du calcaire total du sol...	46
10. Validation de la prédiction des teneurs du calcaire du sol.....	47
Conclusion générale.....	49

Références bibliographiques

Résumé

Résumé

Le calcaire occupe une place importante dans les sols du monde ainsi que dans les sols d'Algérie. Le présent travail de recherche avait comme objectif général la prédiction spatiale des teneurs des sols en calcaire de la région de Ksar-Chellala à partir de l'imagerie Landsat-8 couplée aux systèmes d'information géographique. Les sols étudiés présentent des taux de calcaire qui sont compris entre 5,13% et 43,44% avec une valeur moyenne de 15,87%. Ce qui suggère que les sols de Ksar-Chellala sont modérément calcaires. L'analyse des corrélations statistiques entre le calcaire et les données de la télédétection a permis le développement d'un modèle de régression linéaire multiple basé sur la bande Bleue (B2), les bandes infrarouges à ondes courtes (B6 et B7), l'exposition et l'élévation. Le modèle de prédiction a présenté des performances statistiques acceptables avec un pouvoir de prédiction de 69% ($r=0,83$; $p < 0,01$) et une RMSE de 5,8 %. Ce modèle est le premier à être développé au niveau de la zone d'étude. Ce résultat suggère qu'il est possible de cartographier et prédire le calcaire à l'échelle régionale sur la base de la modélisation statistique. Par ailleurs, la carte de répartition spatiale du calcaire réalisée à partir du modèle de prédiction servira comme outil d'aide à la décision dans la planification et la gestion des terres.

Mots clés : Calcaire, Landsat-8, modèle de prédiction, paramètres topographiques, SIG.

Abstract

Calcareous occupies an important place in the soils of the world as well as in the soils of Algeria. The general objective of the present research was the spatial prediction of the calcareous content of the soils of Ksar-Chellala region, using Landsat-8 imagery coupled with geographic information systems. The result showed calcareous contents ranging from 5,13% to 43,44% with a mean value of 15,87%. Based on these results the soils of Ksar-Chellala are moderately calcareous. The analysis of statistical correlations between calcareous and remote sensing data allowed the development of a multiple linear regression model based on the Blue band (B2), shortwave infrared bands (B6 and B7), aspect and elevation. The prediction model showed acceptable statistical performance with a predictive power of 69% ($r=0,83$; $p < 0,01$) and an RMSE of 5,8%. This model is the first to be developed in the studied area. This result suggests that it is possible to map and predict calcareous soil at the regional scale based on statistical modelling. Furthermore, the spatial distribution map of calcareous soil produced from the prediction model will be used as a decision support tool in land planning and management.

Keywords: Calcareous soil, GIS, Landsat-8, prediction model, topographic parameters.

خلاصة البحث

يحتل الكلس مكانة مهمة في تربة العالم وكذلك في تربة الجزائر. الهدف العام لهذا البحث هو التنبؤ المكاني بمحتويات التربة من الكلس في منطقة قصر الشلالة استناداً إلى الصور Landsat-8 المقترنة بنظم المعلومات الجغرافية. بينت النتائج أن التربة لديها معدلات من الكلس بين 5,13% و43,44% بمتوسط قيمة 15,87%. يشير هذا إلى أن تربة قصر الشلالة معتدلة في محتواها من الكلس. أتاح تحليل الارتباطات الإحصائية بين نتائج الكلس وبيانات الاستشعار عن بعد تطوير نموذج انحدار خطي متعدد يعتمد على النطاق الأزرق (B2)، ونطاقات الأشعة تحت الحمراء قصيرة الموجة (B6 و B7)، التعرض والارتفاع. أظهر نموذج التنبؤ أداءً إحصائياً مقبولاً بقوة تنبؤية تبلغ 69% ($r=0,83$; $p < 0,01$) و RMSE=5,8%. هذا النموذج هو أول نموذج يتم تطويره على مستوى منطقة الدراسة. وتشير هذه النتيجة إلى أنه من الممكن رسم خريطة الكلس والتنبؤ به على الصعيد الإقليمي استناداً إلى النمذجة الإحصائية. وبالإضافة إلى ذلك، إن خريطة التوزيع المكاني للكلس المستمدة من نموذج التنبؤ يمكن استخدامها كأداة لدعم اتخاذ القرارات في تخطيط الأراضي وإدارتها.

مفاتيح البحث: الكلس، Landsat-8 OLI/TIRS، إعدادات طوبوغرافية، نموذج التنبؤ، نظام المعلومات الجغرافية.