

# Cartographie des sols dans la zone méridional de la plaine de Tafrata (Maroc) et évaluation de leur sensibilité à la désertification

A. SEGHIR<sup>1</sup>, L. MAZOZ<sup>1</sup>, A. JANATI IDRISSE<sup>1</sup>

(Reçu le 13/12/2018; Accepté le 05/03/2019)

## Résumé

L'objectif principal de cette étude était d'obtenir d'une carte numérique des sols en exploitant l'information de systèmes de classification des images satellitaires et des bases de données géologiques et des variables environnementales qui expriment les relations sol-paysage. Cette étude a été réalisée dans la zone située entre la plaine de Tafrata et la boutonnière de Debdou dans la zone Centro-oriental du Maroc. Un levé pédologique a été réalisé dans la région d'étude, notamment l'étude d'aménagement de la forêt de Debdou et Lamkam au sein de laquelle cette étude a adopté un échantillonnage stratifié fondé sur un total de 210 profils (0,50 m x 0,50 m de profondeur jusqu'à la roche mère). On a tenu compte du rapport avec les unités cartographiques identifiées avec les variables environnementales; élévation, pente, géologie et surfaces géomorphologiques et une classification supervisée par le SIG a été implémentée. La carte finale est une base fondamentale pour visualiser les indicateurs de désertification attachés à la qualité de sol, selon les critères de la méthodologie de quantification de la désertification MEDALUS (Mediterranean Desertification and Land Use). Le résultat obtenu est une carte thématique comportant des classes et des informations semi détaillées des sols de la région.

**Mots clés:** carte du sol, levé pédologique, SIG, désertification, plaine de Tafrata, Debdou, Maroc Centro-oriental

## Mapping of soils of Tafrata plain (Morocco) and evaluation of their sensitivity to desertification

### Abstract

The main objective of this study was to obtain a digital soil map by exploiting information from satellite image classification systems, geological databases and environmental variables that express soil-landscape relationships. This study was carried out on an area located between the plain of Tafrata and the buttonhole of Debdou in the Centro-oriental zone of Morocco. A soil survey was conducted in the study area, including the Debdou and Lamkam forest management study, in which this study adopted a stratified sampling based on a total of 210 profiles (0.50 m x 0.50 m deep to the bedrock). We took into account the relationship with the map units identified with the environmental variables; elevation, slope, geology and geomorphological surfaces and a supervised classification by GIS has been implemented. The final map provided us with a fundamental basis for visualizing the indicators of desertification attached to soil quality, according to criteria of the desertification quantification methodology of MEDALUS (Mediterranean Desertification and Land Use). The obtained result is a thematic map with classes and semi-detailed information of soils of the region.

**Keywords:** Soil map, Soil survey, GIS, Desertification, Tafrata plain, Debdou, Morocco Centro-oriental

## INTRODUCTION

La mise en œuvre d'une approche analytique et critique pour quantifier et résoudre les problèmes d'environnement soit urbain soit rural nécessite des informations géographiques spatiales et numériques; dont l'approche se traduit par une cartographie des indices respectifs qui permet au décideur de connaître les caractéristiques géographiques de chaque espace et au même temps d'identifier rapidement les degrés de détérioration et de gérer les principaux indicateurs qui sont le moteur du processus.

Au fil du temps, le sol est un facteur dominant des écosystèmes terrestres dans les zones sub-humides arides et sèches. Dans ces milieux, la terre devient irréversiblement désertifiée, en particulier par le biais des effets sur la production de biomasse. La désertification procédera, dans un certain paysage, lorsque le sol n'est pas capable de soutenir un minimum de couvert végétal.

Dans ce contexte, notre domaine d'étude choisi est indissociable des zones semi-arides, qui souffrent aujourd'hui du problème de la désertification. Aussi, il souffre du manque d'une carte de sol permettant de connaître la qualité du sol et sa résistance à l'érosion. C'est pour cela que l'objectif du travail présenté dans cet article, est la création de la carte pédologique, en exploitant l'information des images satellitaires et des bases de données géologiques. Il vise aussi d'identifier les zones vulnérables à la désertification dans la région centro-orientale du Maroc où l'environnement est plus menacé par la désertification en raison du climat sec et des changements d'utilisation des terres.

## DESCRIPTION DE LA ZONE D'ÉTUDE

La zone étudiée est liée spatialement au Moyen Moulouya qui se rattache géographiquement à la région Centro-orientale du Maroc (Figure 1).

<sup>1</sup> Faculté des lettres et des sciences humaines Sais, Université Sidi Mohammed Ben Abdellah, Fès, Maroc

La région objet de cette étude présente des caractères paléogéographies bien distingués. Elle est située entre deux formations géologiques qui sont le bassin de Guercif au N-NO et la chaîne de Debdou au S-SE culminant à 1670m d'altitude. Cette chaîne perchée dans une zone enclavée et escarpée, comprend une structure géologique composée d'un socle rigide remontant au primaire, représenté par des schistes violacés ou saumâtres et des bancs de quartzite affectés d'accidents WNW-ESE.

Le bassin de Guercif est situé dans le couloir Taza-Oujda. Il est représenté comme une vaste dépression dont la superficie est de 6230 km<sup>2</sup>, remblayé par d'épaisses séries néogènes atteignant jusqu'à 1800 m d'épaisseur (Wernli, 1988), masquées le plus souvent par des formations continentales plio-quadernaires. Il est constitué de sédiments du Trias, du Jurassique du Néogène et du Quaternaire.

Les études géologiques montrent que le bassin de Guercif correspond à une dépression, développée durant le Jurassique et le Tertiaire. Il correspond à la continuité vers le Nord-Est du sillon moyen-atlasique avec un épaissement important de sédiments (calcaires, dolomites, marnes et grès) dans sa partie occidentale au moment où sa partie orientale correspondait à une plate-forme soumise à d'importants dépôts de calcaires. (Bernini M *et al.*, 1999).

De point de vue litho-stratigraphique on trouve:

- Le Paléozoïque forme le socle rigide de la Gada de Debdou. Il est représenté par des schistes violacés ou brunâtres et des bancs de quartzites, affectés d'accidents WNW-ESE. Il affleure au sud de la plaine de Tafrata et à l'Est de la plaine de Mahrouf; un petit batholite de granite hercynien est venu se mettre en place dans ce massif primaire. Par ailleurs, le Sud du Jbel Mazgout, à l'W de la plaine de Sangal, est formé également de schistes primaires injectés de granites.
- Les dépôts Triasiques sont constitués de conglomérats, de grès et d'argiles, recouverts par le sel et les basaltes.
- Les formations jurassiques sont recouvertes, en discordance angulaire, par des faciès du Tertiaire, composés de conglomérats, de grès, de marnes, de gypse, de lignite et de calcaires lacustres. (Michard, 1976).

Pendant le Trias et le Jurassique inférieur, les sillons intra-cratoniques des Hauts et du Moyen Atlas ont été individualisés entraînant la formation d'un système de horsts et de grabens et/ou de demi-grabens dans ces zones. Les dépôts mésozoïques et cénozoïques ont été assujettis à deux événements compressifs consécutifs: un événement atlasique (Eocène-Crétacé) qui était à l'origine de la formation des rides et des dépo-centres et un événement alpin, post-miocène, responsable des plissements affectant les séries mésozoïques et cénozoïques (Michard, 1976).

Les conditions climatiques sont celles du climat méditerranéen, étage bioclimatique semi-aride à variante tempérée avec une tendance continentale et sèche en s'avancant vers l'intérieur du pays.

Les précipitations moyennes annuelles de l'ordre de 300 mm/an sur le massif de Debdou, et 240 mm dans la plaine de Tafrata. Le régime pluviométrique est du type AHPE avec une période sèche s'étalant sur 6 mois, du mois de mai à celui d'octobre. La végétation naturelle se caractérise par une faible densité presque dans toute la plaine et un recouvrement moyen dans le massif de Debdou, qui est dominée par le Steppe d'Alfa et Romarin et le chêne vert aussi le Thuya et Genévrier oxycède.

## MATÉRIEL ET MÉTHODE

À l'exception de quelques travaux localisés et assez sommaires; la région ne connaît pas d'études pédologiques abondantes; sauf les études de Beudet (1971); Ruellan (1970) et Laouina (1990) qui ont donné un aperçu sur les principales caractéristiques des sols dans la zone de Debdou.

Les caractéristiques géologiques et géomorphologiques de la zone étudiée ont permis aussi de distinguer des zones assez bien déterminées sur le plan pédologique. Les sols en zone à déficit hydrique, sont les zones qui bénéficient d'un relief marqué par une vaste pénéplaine reposée sur une cuvette, dont les sédiments sont formés par les couches Néogène et Plio-quadernaire, notamment la plaine de Tafrata. Les sols situés en zone ayant un profit hydrique se reposent sur des reliefs tabulaires (Gaâda), surtout sur les bordures et le piedmont de la Gaâda dont les sédiments sont formés par des couches schisteuses du paléozoïque.

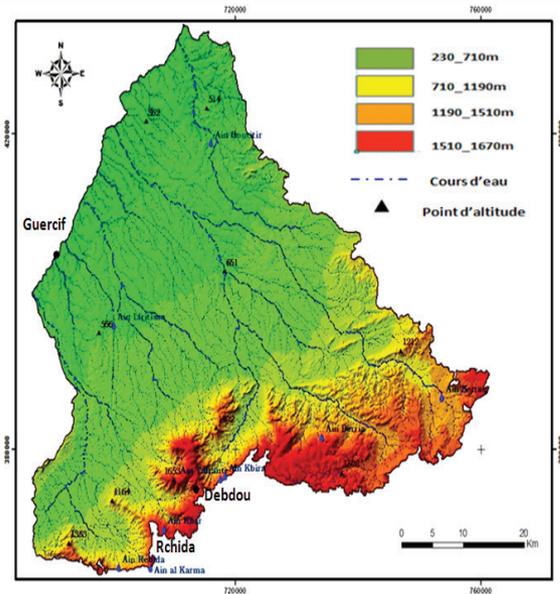
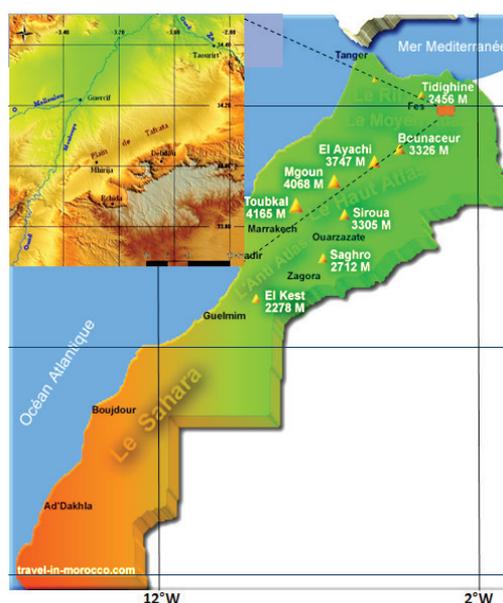


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude

La couverture pédologique du bassin a été étudiée à diverses échelles en se basant premièrement sur l'utilisation des données de la télédétection pour une connaissance spatialisée de certains facteurs liés à la propriété de l'état de surface, la topographie, la brillance du sol et la couverture végétale. Ensuite, sur l'utilisation du système d'information géographique (SIG) pour des opérations d'analyse d'autres facteurs liés à la classification et la détermination des types pédologiques basée sur la lithologie, la carte d'occupation du sol et la carte des pentes.

L'utilisation des images satellitaires constitue une aide précieuse, en raison de la masse d'informations qu'elles apportent dans le travail d'interprétation des types des sols. Trois méthodes de traitement ont été appliquées à l'image, il s'agit notamment de la méthode de:

- Correction géométrique de l'image satellitaire Landsat ETM 2000 en composition colorée 3.2.7 avec une résolution de 28,5 m à l'aide d'une carte topographique.
- Correction radiométrique pour régler les valeurs des pixels.
- Classification supervisée à partir d'une composition colorée, on l'appelle aussi une segmentation en télédétection, qui se fait selon des paramètres clés: la forme, la texture et finalement le calcul des indices comme celui d'indice de luminosité et l'indice de végétation.

Le système de classification utilisé est le système français (CPCS: Commission de Pédologie et de Cartographie du Sol, 1967) et celui de l'école américaine (Soil Survey Staff, 1975).

Troisièmement, nous nous sommes appuyés sur les résultats de l'analyse des caractéristiques physico-chimiques des sols qui a été réalisé dans la région d'étude, notamment l'étude d'aménagement de la forêt de Debdou et Lamkam, au sein de laquelle cette étude a adopté un échantillonnage stratifié fondé sur un total de 210 profils (0,50 m x 0,50 m de profondeur jusqu'à la roche mère).

En ce qui concerne l'évaluation de la qualité des sols, nous avons basé notre approche sur la méthodologie de MEDALUS comme une référence de base adoptée pour identifier les zones sujettes à la désertification. Les régions sensibles à désertification sont identifiées par la combinaison de 4 index de qualité (Sol; climat; végétation; aménagements existants). Les trois premiers indices de qualité fournissent une image de la situation de l'environnement tandis que le dernier exprime une évaluation de la pression résultant d'activités anthropiques.

La méthodologie est basée sur la classification de chaque indice de la qualité obtenue à partir de la moyenne géométrique des cinq indices de qualité des facteurs environnementaux et anthropiques disponibles retenus.

Les paramètres disponibles sont quantifiés par rapport à leur influence sur le processus de désertification. Cependant, ce modèle ne précise pas le nombre et le type de classes, laissant la flexibilité nécessaire pour s'adapter à la disponibilité des données.

Les notes attribuées aux différents paramètres varient entre 1 (meilleure valeur) et 2 (plus faible valeur).

Les indices de qualité ont été estimés en utilisant les paramètres et les formules suivantes:

$$IQS \text{ (Indice de la qualité des sols)} = (\text{matériaux Parentaux} * \text{Texture} * \text{Profondeur du sol} * \text{Pente de terrain})^{1/4}$$

$$IQC \text{ (Indice de Qualité du Climat)} = (\text{précipitations annuelles} * \text{orientation du terrain} * \text{indice d'aridité bioclimatique})^{1/3}$$

$$IQV \text{ (Indice de qualité de la végétation)} (\text{risque d'incendie} * \text{Résistance à la sécheresse} * \text{protection de l'érosion} * \text{couvert végétal})^{1/4}$$

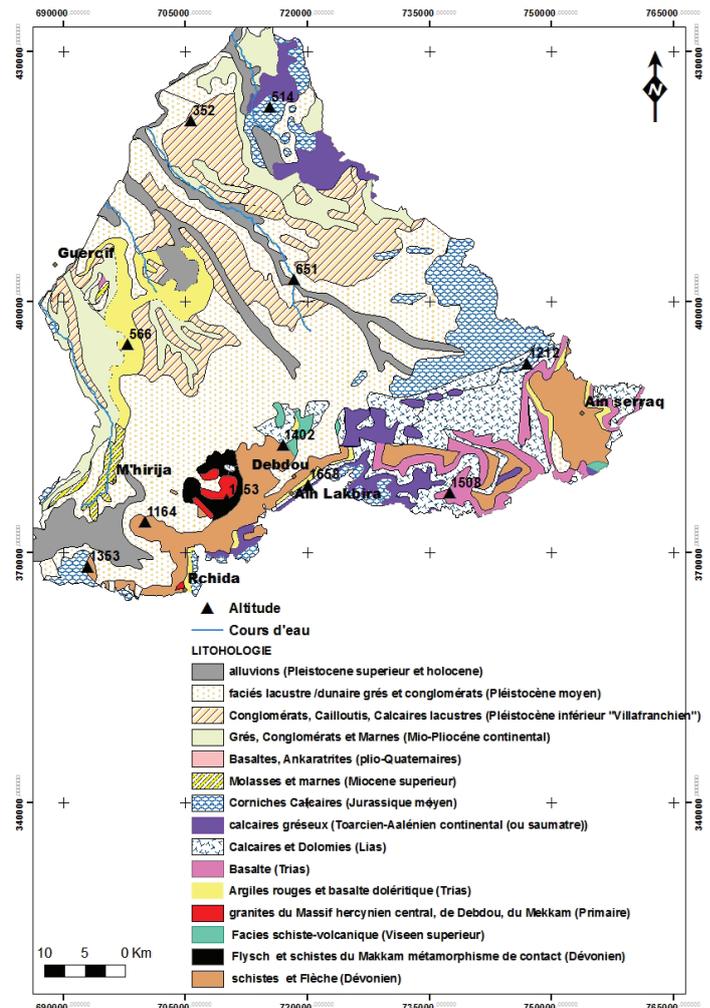


Figure 2: Carte des formations géologiques du bassin étudié

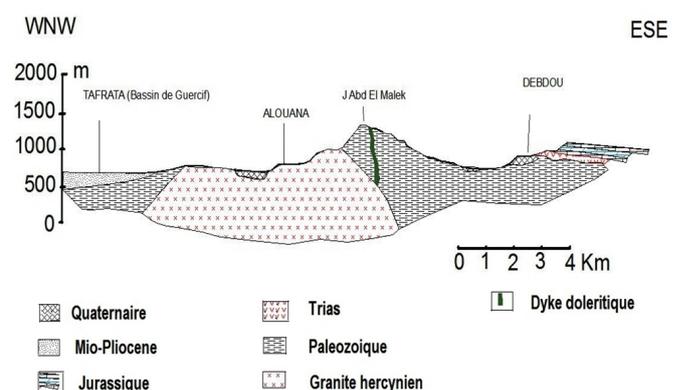


Figure 3: Coupe géologique traversant la partie Sud du bassin de Tafrata-Guercif de direction WNW-ESE (Medioni R. 1997)

**IQG** (Indice de la qualité de gestion) (intensité d'utilisation des terres \* qualité d'aménagement des zones)  $\frac{1}{2}$

La moyenne géométrique de ces paramètres, se référant à chacune des quatre indices mentionnés ci-dessus, et classifiée selon des intervalles réguliers (c'est-à-dire la même gamme) présentés au tableau 1, qui montre les classes de qualité sur une échelle vers le bas.

**Tableau 1: Classe de qualité**

Classe	Rang
Fort	1,00 - 1,33
Moyen	1,34 - 1,66
Faible	1,67 - 2,00

L'indice global final de l'ESA est obtenu comme une moyenne géométrique des indices de qualité.

$$ESA = (IQS * IQC * IQV * IQM)^{1/4}$$

Mais en termes de notre étude, nous allons concentrer uniquement sur l'extraction des indicateurs les plus importants de la qualité des sols.

## RÉSULTAT ET DISCUSSION

Suite à ces constats et conformément à ce qui procède, les différents types de sols qui existent relèvent des classes de sols peu évolués, des sols minéraux bruts, des rendzines et des sols calcimagnésiques (Figure 4).

### Classe des sols peu évolués

Il s'agit des sols développés sur les cônes de déjection et sur des substrats dégradés suite au défrichement ou à relief très pentu, ils apparaissent dans des positions où les roches sont difficilement altérables sur les pentes ou le long des vallées présentant une texture hétérogène. Leurs horizons plus évolués avec une texture argileuse à limono-argileuse ont une structure particulière à grumeleuse. Ils s'étendent sur les vallées de plaine de Tafrata et les dépressions de Debdou. On distingue alors plusieurs classes des sols:

#### Classe des sols calcimagnésiques

Ce sont des sols caractéristiques des affleurements rocheux riches en couches marneuses tendres. Ils s'étendent sur une grande partie de la région de Debdou (Lala mimouna, Ain Serrag, Al Ateuf). Ils résultent de la nature de la roche mère qui est principalement calcaire.

#### Des sols minéraux bruts (lithosols)

Ces sols couvrent les zones à substrat schisteux ou gréseux de la zone. Ils se trouvent surtout au niveau des sommets des collines, des endroits qui ont subi un fort impact érosif.

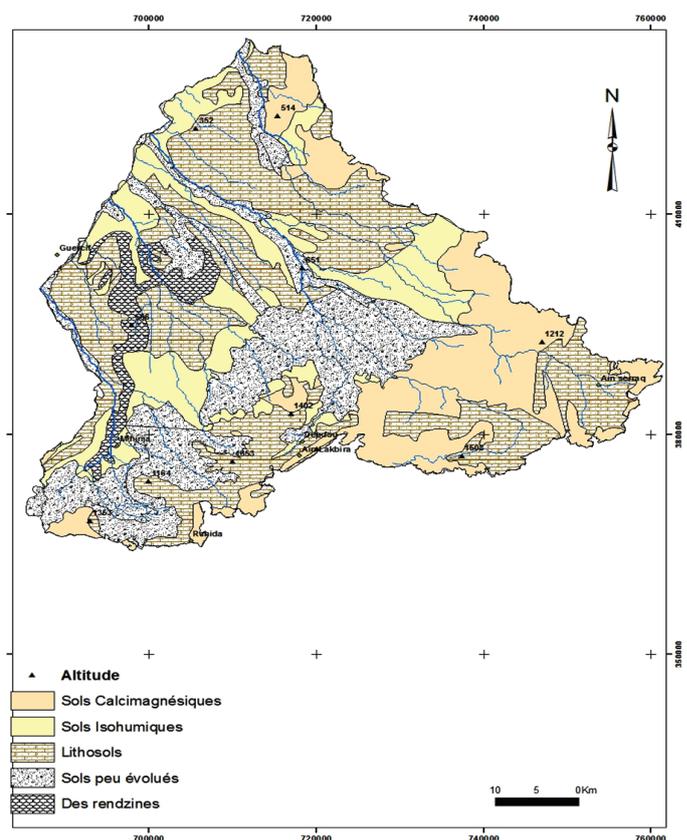
#### Des rendzines (groupe de la classe des calcimagnésiques)

Les rendzines correspondent à des sols calcimagnésiques peu développés qui reposent directement sur les Mollasses et les substrats calcaires. Ces formations, essentiellement rencontrées sur des pentes sont dotées d'une faible capacité d'infiltration.

Ces divers types des sols de la zone étudiée en général et dans la forêt de Debdou en particulier sont soumis à une forte dégradation sous l'effet des facteurs divers (naturels et anthropiques); en raison des conditions climatiques défavorables, la nature du relief, les facteurs géomorphologiques et l'état de la végétation ainsi que la pression exercée sur les terres par le système d'exploitation, le taux de matière organique contenue dans le sol, a notablement baissé en produisant un tassement superficiel. Cette forme de dégradation facilite l'action des facteurs physiques tels que l'érosion.

Dans la région étudiée, l'érosion agit de manière beaucoup plus rapide et efficace sur les terres dénudées, particulièrement celles qui ont connu un manque de couverture végétale, surtout dans la plaine de Tafrata. En effet, La présence de roches plus ou moins dures avec un relief relativement plat dans son ensemble a bien atténué l'érosion différentielle, laquelle commence à agir, par contre, sur les versants au-dessus de 1000 m et sur des pentes dépassant 25°, soumis à des processus de reptation et de décapage des sols par ruissellement diffus au cours des périodes pluviales.

L'érosion éolienne aussi est un facteur non négligeable eu égard à l'importance de la succession des années sèches. Cependant, comme il a été déjà expliqué il faut considérer l'impact du vent Chergui qui souffle le long de l'année avec des vitesses dramatiques sur des terres dépourvues de l'essentiel de la protection végétale. Cette érosion est responsable de l'emportement des particules fines et des substances nutritives nécessaires à la bonne fertilité des sols. Cette forme d'érosion, due à ce processus de vannage, est aussi responsable de la couleur blanchâtre des sols au niveau des zones proches des bas-fonds, située sur les terres de Tafrata.



**Figure 4: carte des différents types des sols dans le bassin**

**Les cartes d'indices de particularité des sols**

Les sols du bassin sont caractérisés par une grande variété, allant de types pédologiques pauvres aux plus développés, cela est dû aux différentes formations géo-lithologiques et aux conditions climatiques allant des zones arides aux zones humides. En outre, les caractéristiques naturelles du sol sont probablement influencées par la culture intensive pratiquée par les populations qui habitaient depuis longtemps.

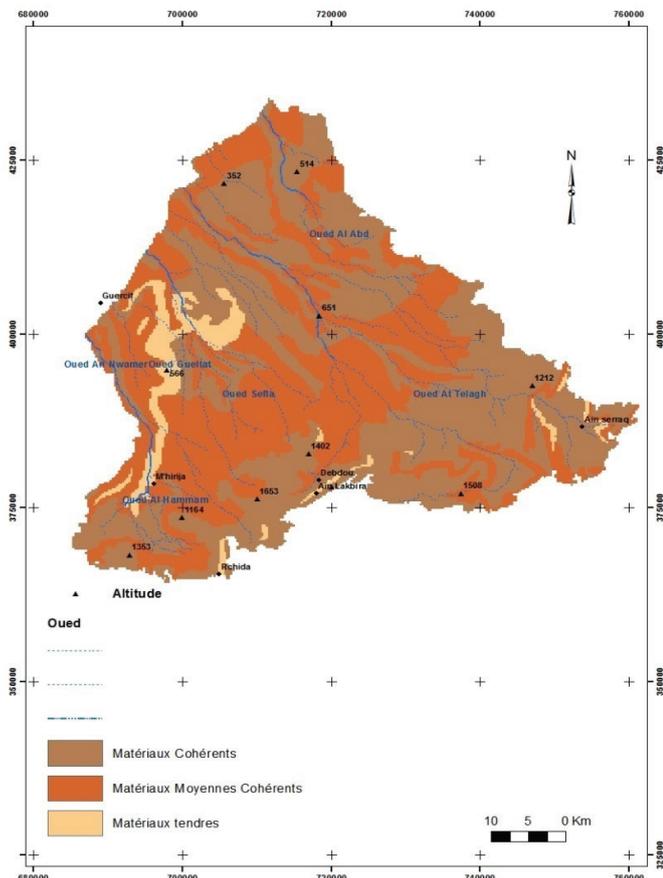
Afin de mettre en place l'indice de qualité des sols (IQS), les paramètres suivants ont été utilisés, en corrélation avec la texture, les matériaux parentaux, la profondeur et la pente du sol.

**Cartes et indice d'homogénéité et de matériaux parentaux**

Les différentes formations utilisées pour classer cet indice sont regroupées dans le tableau 2.

**Tableau 2: Normes des classes de l'indice des matériaux parentaux**

Classe	Description	Valeur indice
<b>Matériaux cohérents</b>	Calcaires, dolomies, grès, dalle calcaire, granite, quartzite, basalte, conglomérats	1
<b>Matériaux Moyennement cohérents</b>	Grès et basalte altérés, flyschs armés, croûte calcaire, calcaires granulaire compact	1,5
<b>Matériaux tendres</b>	Argile, marne, sable, formation superficielle, non ou peu encroutées, flysch, gypse, schistes	2



**Figure 5: carte d'indice des matériaux parentaux**

L'étude géologique et lithologique de la zone permet de dégager les principaux faciès des formations lithologiques du bassin selon les trois classes.

Les résultats de la classification montrent une dominance de la classe des matériaux cohérents qui couvre presque la partie Est et Sud-est du bassin (Figure 5).

Les classes des matériaux moyennement cohérents et tendres se localisent dans la majeure partie de la plaine de Tafrata.

**Indice de la texture des sols**

La texture des sols est définie par la taille des particules qui le composent (graviers, sable, limons, argiles) ayant des effets sur la rétention de l'eau. En effet, la dissociation est élevée dans les sols sableux que dans les sols argileux et ce d'autant plus qu'ils sont moins humifères. La stabilité structurale des argiles et les sols riches en humus leur confèrent une bonne résistance à l'érosion. L'aptitude au transport dépend essentiellement de la densité du matériau (Latrille, 1979).

Dans ce sens, les classes de texture utilisées selon l'approche préconisée par MEDALUS sont montrés dans le tableau 3.

**Tableau 3: les normes de classification de l'indice de texture**

Classe	Description	Valeur de l'indice
<b>Texture équilibrée</b>	Bonne	1,00
<b>Texture fine</b>	Moyenne	1,33
<b>Texture très fine</b>	Faible	1,66
<b>Grossière à très grossière</b>	Très faible	2,00

Cependant, en plus de la carte géologique, nous disposons aussi des travaux d'aménagement de la forêt de Debdou sur la texture pédologique du terroir; la représentation cartographique de cet indice, selon la carte de la figure 6 a fait ressortir une dominance des sols à texture argileuse à limono-argileuse avec des cailloux et graviers moyennement abondants à abondants; ces sol ont en général une structure particulière à grumeleuse fine, à très fine.

**Indice de la pente du terrain**

L'indice de pente a été calculé à partir d'un modèle numérique d'élévation (DEM) des grilles de 10 m. La carte de la pente du bassin versant représentée sur la figure 6, donne la topographie générale du bassin. La classification adoptée suit les normes du modèle décrit par dans le tableau 4. La lecture de la carte nous renseigne que 67,1 % du bassin versant est occupé par des faibles pentes, ce qui présente pour cette partie des risques quasi nuls en termes de perte en sol par ravinement. Les pentes les plus raides (>30%)

**Tableau 4: Normes des classes de l'indice de pente**

Classe	Pente	Description	Valeur
1	< 5 %	Pente faible	1,00
2	5_15 %	Pente moyenne	1,33
3	15_30 %	Pente forte	1,66
4	> 30 %	Pente très forte	2,00

représentent 3 % de la superficie totale du bassin et sont toutes localisées dans la partie Sud du bassin versant.

Les pentes les plus raides sont essentiellement localisées au niveau du massif de Debdou qui constitue l'about des réseaux hydrographiques du bassin versant étudié.

### Indice de profondeur du sol

La profondeur des sols assure une bonne capacité de stockage et d'infiltration de l'eau.

Ce paramètre est également distingué selon les quatre classes dictées par le modèle de MEDALUS (Tableau 5).

**Tableau 5: Normes de classification de l'indice de profondeur**

Classe	Description	Valeur
Très profond > 80 cm	Bonne	1,00
Profond 50-80 cm	Moyenne	1,33
Peu profond 20-50 cm	Faible	1,66
Squelettique < 20 cm	Très faible (superficiels)	2,00

Les profondeurs moyennes de chaque type de sol sont prises de l'étude des ressources en sol de la région étudiée.

La lecture de la carte (figure 8) nous informe que la zone est dominée par les classes peu profondes et superficielles, ces dernières se localisent dans le milieu du bassin et dans une petite zone au sud-ouest.

Quant à la classe indicelle peu profonde, elle couvre toute la partie Est de la zone d'étude.

### Carte d'indice de la qualité du sol

La qualité du sol est un facteur très important, surtout en ce qui concerne la capacité de soutenir la croissance et l'entretien de la végétation. Les paramètres utilisés dans la présente évaluation, matériau originel, profondeur, Texture, pente, sont abouti à la carte de l'indice qualité de sol (Figure 8); cette indice a été estimée à l'aide de du moyenne géométrique des paramètres décrits:

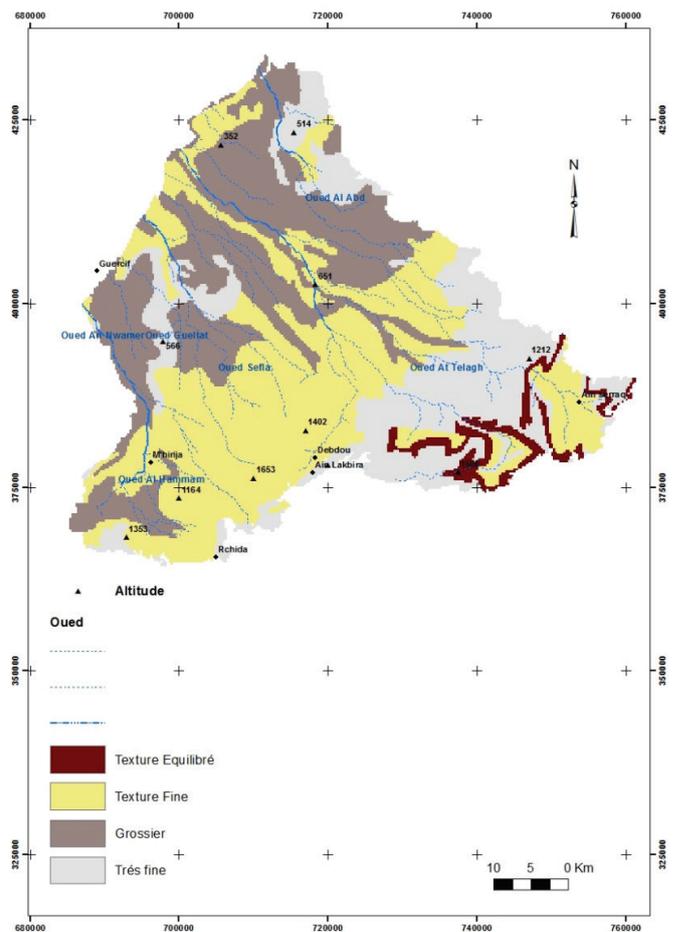
$$IQS = (\text{matériaux Parentaux} * \text{Texture} * \text{Profondeur du sol} * \text{Pente de terrain})^{1/4}$$

Les valeurs obtenues ont été classées selon des intervalles réguliers comme il est indiqué précédemment, La carte présentée dans la figure 3 montre qu'il y a une prévalence (environ 81 %) des sols de qualité Faible, dans la partie Centro-occidentale de la plain de Tafrata et notamment Mhirija et la plaine de Mahrouf (Figure 10).

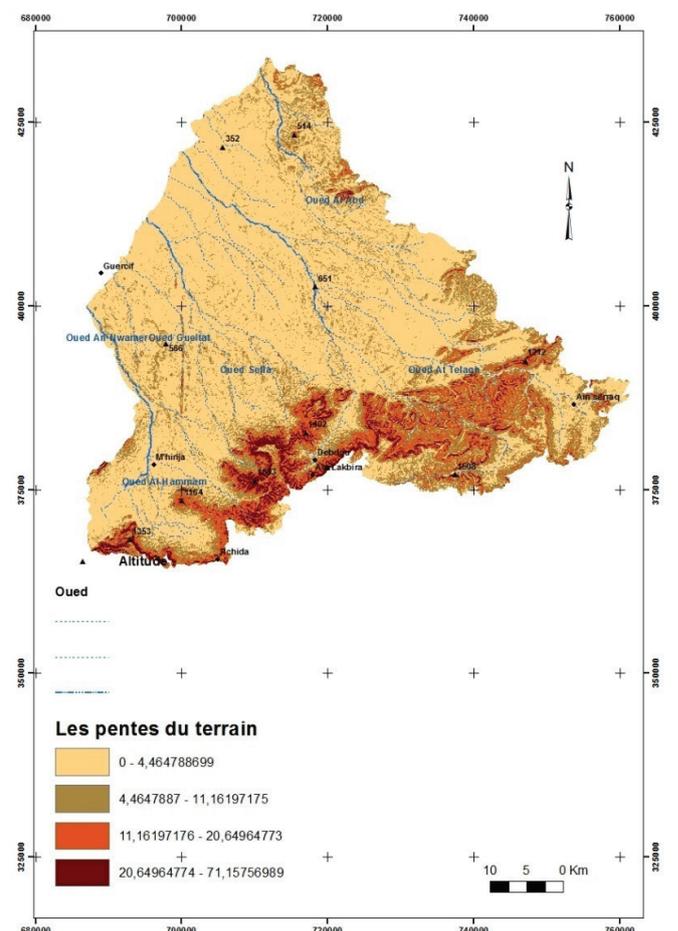
**Tableau 6 : répartition des classes de l'indice de qualité de sol dans la zone**

Classe	Qualité du sol	Valeur indice	Superficie totale %
1	Bonne	< 1,13	04,0
2	Modérée	1,13 - 1,45	13,8
3	Faible	> 1,45	81,8

En outre, la classe des sols de qualité Modérée ont une distribution plus fragmentée et sont principalement situées dans les bordures du massif de Debdou et le Gâada.



**Figure 6 : carte d'indice de texture du sol**



**Figure 7: Carte des pentes de la zone d'étude**

Ces résultats suggèrent que l'indice de qualité de sol est principalement influencée par le paramètre de pente, en effet les zones marquées par l'indice de qualité de sol moyenne correspondent avec les grandes plaines alluviales et les vallées et plateaux morphologiques structurales; alors que, c'est de même pour les zones marquées par l'indice de qualité pire; ces zones correspondent aux pentes plus raides des régions montagneuses.

**CONCLUSION**

D'après ce qui procède et suite à cette brève analyse, nous pouvons distinguer dans notre zone d'étude cinq classes ou types de sols (sols peu évolués, des sols minéraux bruts, des rendzines et des sols calcimagnésiques), mais une différence significative dans l'une des propriétés étudiées peut être la base pour identifier les différentes classes de sensibilité à la désertification.

Les informations contenues dans ces cartes semi-détaillées du sol peuvent être utilisées dans tous les domaines où la composante du sol joue un rôle important dans la quantification de l'érosion, la pollution du sol, la vocation pour les cultures spécifiques, la vulnérabilité des aquifères, etc de sorte qu'ils puissent être reconnus, protégés et promus.

Cependant, malgré la variété lithologique du territoire, les sols dominants ont des caractéristiques clés assez similaires en ce qui concerne la qualité et la capacité de soutenir la croissance et l'entretien de la végétation, cela est dû à l'absence de pluie persistante et l'ondulation du terrain qui laissant un horizon de sol en particulier pauvre et d'autre part à l'absence séculaire d'une tapée végétale capable de stocker une quantité en matière organique.

Dans l'ensemble, et après l'observation des cartes réalisées, on peut dire que la dégradation physique et biologique dans cette zone aride provoque des impacts très importants sur la société et sur la situation économique des populations, ce qui nécessite l'intensification des efforts pour s'adapter à ces conditions environnementales des plus difficiles.

**BIBLIOGRAPHIE**

Beaudet G. (1971). Le quaternaire marocain: état des études. *Rev. Géogr. Maroc*, 20: 3-55.

Bernini M. Boccaletti M., EL Mokhtari J., Gelati R., Moratig., Papanig. (1999). Tectonics and sedimentation in the Taza-Guercif basin, northern Morocco: implications for the Neogene evolution of the Rif-Middle Atlas orogenic system. *Mar. Petr. Geol.*, 22: 115-128

El Harradji A. (1996). Structuration géologique et évolution géomorphologique du Massif de Debdou (Maroc Oriental). *Rev. Géogr. Maroc*, vol. XVI: 127-148.

Laaouina A. (1990). Le Maroc nord-oriental: reliefs, modelés et dynamique du calcaire. Publ. Rectorat Univ. Mohammed Ier, Oujda, 1. p: 605.

Latrille E. (1979). Cours sur l'érosion et les techniques de lutte anti-érosives, 58 p.

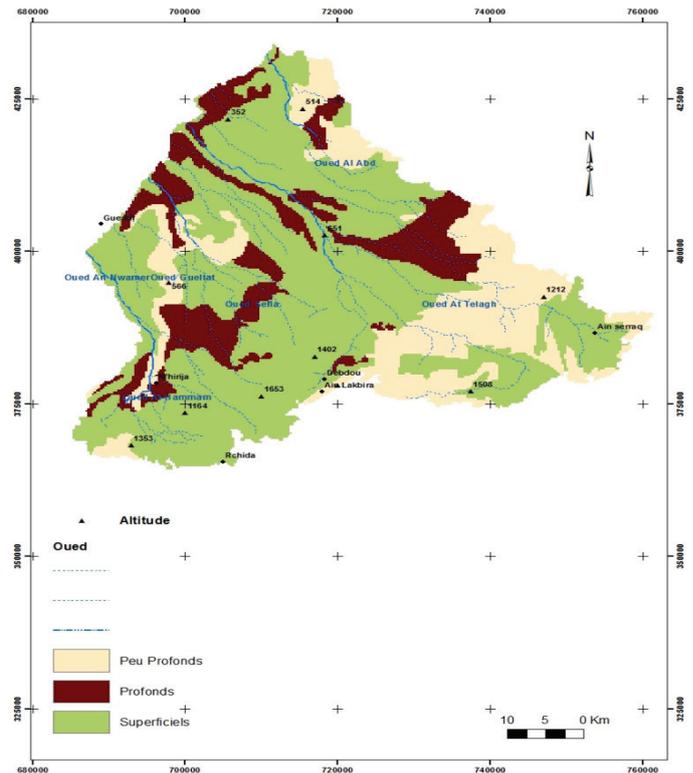


Figure 8 : carte d'indice de profondeur du sol



Figure 9: sol dégradé dans la plaine de Maârouf (4 Mai 2017)

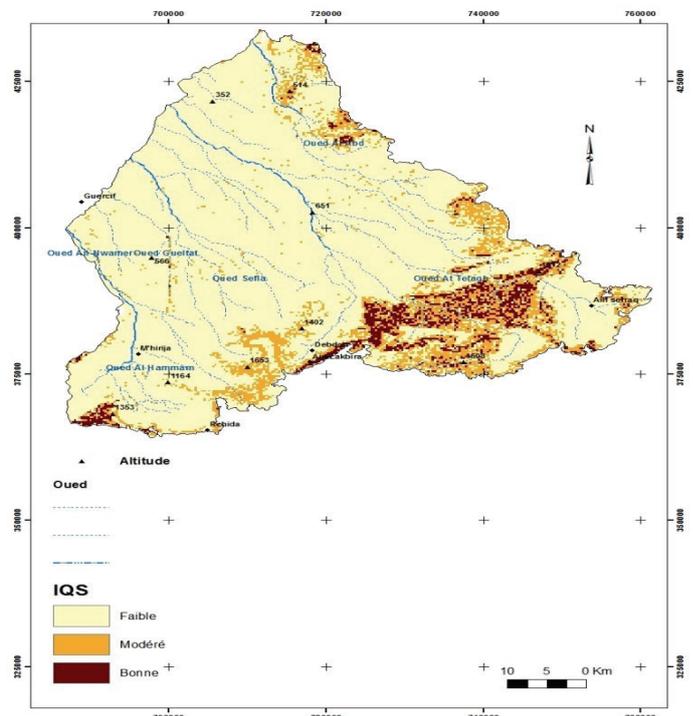


Figure 10: carte d'indice de la qualité du sol

Medioni R. (1997). Carte Géologique du Maroc Au 1/100 000 Feuille de Debdou. Notice explicative par Edition du service Géologique du Maroc Rabat 1977 Notes et Mémoires N° 226 bis. P : 9-10-11

Michard A. (1976). Eléments de Géologie marocaine. *Notes & Mem. Serv. géol. Maroc*, 252, 408 p.

Ruellan A. (1970). Contribution à la connaissance des sols des régions méditerranéennes. Les sols à profil calcaire différencié des plaines de la Basse Moulouya. Thèse de Doctorat d'État Es-Sciences Naturelles. Fac. Sci. Univ. Strasbourg., 482 pp.

Wernli R. (1988). Micropaléontologie du Néogène post-nappes du Maroc septentrional et description systématique des foraminifères planctoniques. – Notes et Mém. Serv. Géol. Maroc, 331, 1-266.