



## Évaluation de la Qualité du Sol face à la Dégradation : Cas du Bassin Versant d'Oum Er-rbia Amont Ouled Sidi Driss - Maroc

OURABIT Souad<sup>1</sup>, ETTAQY Abderrahim<sup>2</sup>, HAMID Meriem<sup>3</sup>, EL GHACHI Mohamed<sup>4</sup>

<sup>1,3,4</sup>Laboratoire Dynamique des Paysages, Risques et Patrimoine, Université Sultan Moulay Slimane Faculté des Lettres et des Sciences Humaine Beni Mellal-Maroc

<sup>2</sup>Laboratoire de Génie Environnemental, Écologique et Agro-industriel, Faculté des Sciences et Techniques, Université Sultan Moulay Slimane, Béni Mellal, Maroc

*This is an open access article under the [CC BY-NC-ND](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/) license.*



**Résumé :** Le sol est une ressource cruciale pour la vie humaine, car il fournit 95 % de ce que nous consommons. Sa formation nécessite un laps de temps considérable, cependant, il est extrêmement vulnérable à la dégradation, ce qui rend sa protection absolument essentielle.

Le bassin versant de l'Oum Er-rbia (amont Ouled Sidi Driss) illustre l'impact des activités humaines et du changement climatique sur la qualité du sol. Ce bassin couvre une superficie de 11 152 km<sup>2</sup> et englobe divers types de sols tels que le Rendziniforme, les Régosols et les Lithosols. Malheureusement, ces sols sont devenus moins résistants face aux processus d'érosion et de dégradation résultant des activités humaines et du changement climatique.

Dans cet article, nous visons à étudier la résistance du sol à la dégradation en évaluant sa qualité grâce à une analyse de données relatives à la lithologie, à la profondeur du sol, à la texture du sol, à la pente du terrain et à la densité du drainage. Le traitement de ces données à l'aide d'un système d'information géographique nous a permis de cartographier la qualité du sol dans le bassin versant. Nous avons constaté que les sols de qualité moyenne à élevée couvrent une superficie de 6 837 km<sup>2</sup>, soit 61 % de la superficie totale du bassin versant.

**Mots clés :** sol, dégradation, qualité du sol, Bassin versant Oum Er-rbia, Changement climatique

**Abstract:** Soil is a crucial resource for human life as it provides 95% of what we consume. Its formation requires a considerable amount of time; however, it is extremely vulnerable to degradation, making its protection absolutely essential.

The Oum Er-rbia watershed (upstream of Ouled Sidi Driss) exemplifies the impact of human activities and climate change on soil quality. This watershed covers an area of 11,152 km<sup>2</sup> and encompasses various soil types such as Rendziniforme, Régosols, and Lithosols. Unfortunately, these soils have become less resistant to erosion and degradation processes resulting from human activities and climate change.

In this article, our aim is to study soil resistance to degradation by assessing its quality through an analysis of data related to lithology, soil depth, soil texture, terrain slope, and drainage density. The processing of this data using geographic information systems allowed us to map soil quality in the watershed. We found that soils of moderate to high quality cover an area of 6,837 km<sup>2</sup>, representing 61% of the total watershed area.

**Keywords:** soil, degradation, soil quality, Oum Er-rbia watershed, climate change.

Digital Object Identifier (DOI): <https://doi.org/10.5281/zenodo.8417114>

## 1 Introduction

Le sol est constitué le support physique des cultures et intervient dans la nutrition hydrique et minérale des plantes (P. Coll et al. 2015). La surexploitation de cette ressource par l'humanité est à gravé surtout devant l'évolution démographique et l'utilisation intensive des terres agricoles. Dans ce sens Badraoui et al., 2000 a dit que La dégradation de la qualité des sols et des eaux suite à l'irrigation constitue un danger sérieux pour la durabilité de ce système d'exploitation des terres.

Au Maroc, le sol se forme à partir de roches d'origine calcaire qui sont difficilement altérables, surtout compte tenu des conditions climatiques actuelles, ce qui rend généralement les sols peu profonds. D'un point de vue climatique, il existe une relation géographique générale entre la répartition des sols et la répartition des climats actuels ; aux régions marocaines les plus humides correspondent souvent des sols rouges méditerranéens (parfois même lessivés) tandis que dans les régions plus sèches on trouve généralement des sols isohumiqlnes d'autant moins évolués que la pluviosité est plus faible (Beaudet et al., 1967). D'autre part, le sol est un ressource naturelle qui varie dans l'espace selon plusieurs facteur mais Le relief est, avec les types de roches, un des facteurs qui a la plus forte influence sur les variations et la répartition des sols du Maroc (Billaux & Bryssine, 1967).

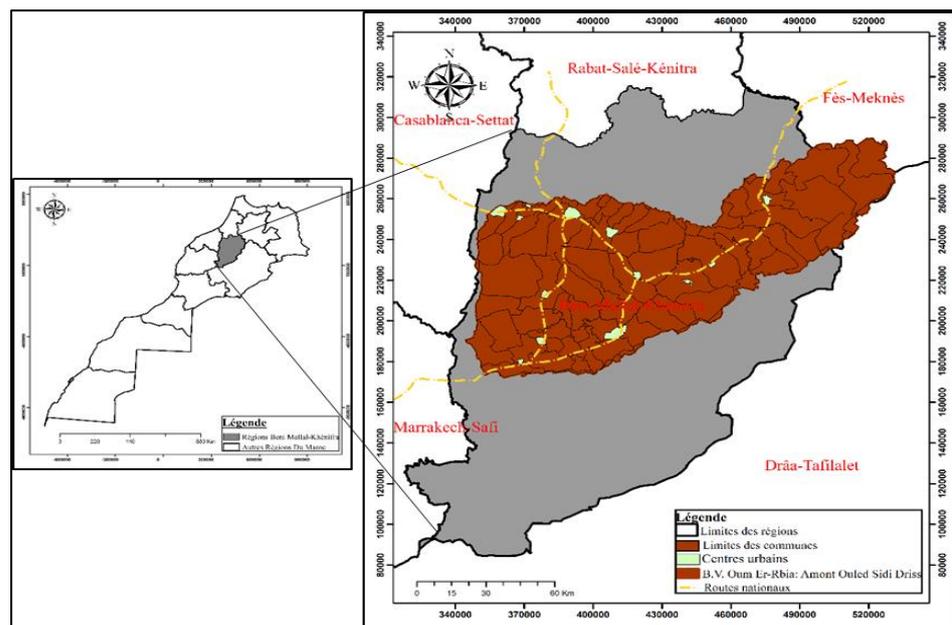
Le problème réside dans le fait que la formation de cette ressource prend des milliers d'années, tandis qu'elle est très facile à détériorer en raison des facteurs de dégradation, notamment l'érosion, en particulier en l'absence d'une protection adéquate. Par conséquent, des études sur le sol visant à caractériser cette ressource sont nécessaires afin de mettre en lumière sa fragilité et de définir des mesures de protection appropriées.

Dans le cadre de ce travail, nous avons ciblé le bassin versant de l'Oum Er-rbia (amont d'Ouled Sidi Driss), un bassin largement reconnu pour sa richesse naturelle, qu'elle soit d'ordre économique, touristique ou hydraulique. Notre objectif était d'évaluer la qualité du sol face aux facteurs de dégradation en utilisant un indice appelé l'indice de Qualité du Sol (IQS) ; C'est un indice fait partie de l'approche MEDALUS (Mediterranen Desertification and Land Use). La détermination de cet indice est basée sur cinq sous-indices qui ont une forte relation avec la qualité de cette ressource est se sont l'indice de matériau parental (lithologie) (MP), l'indice de la profondeur du sol (Pe), l'indice de la texture du sol (T), de la pente du terrain (P) et la densité du drainage(D).

## 2 Présentation de la zone d'étude

### 2.1 Localisation géographique du bassin versant

Le bassin versant de l'Oum Er-rbia (amont Ouled Sidi Driss). Couvre une superficie de 11 152 km<sup>2</sup>, présente une grande diversité géographique. Il englobe sept provinces appartenant aux régions de Beni Mellal-Khenifra et de Fès-Meknès.



**Figure 1.** Localisation géographique du bassin versant de l'Oum Er-rbia (amont Ouled Sidi Driss)

Il est caractérisé par un climat semi-aride et souffre de sécheresses lors de périodes climatiques défavorables, ce qui impacte le développement de la végétation, un élément essentiel pour la protection du sol contre l'érosion. Par ailleurs, le bassin présente une diversité lithologique avec des formations de différents âges, le calcaire étant dominant dans les montagnes du Moyen Atlas, tandis que la Plaine du Tadla est couverte de limon et de marne. En raison de la prédominance des roches calcaires, le sol au Maroc est peu profond, ces roches résistant à l'érosion. De plus, la région se divise en trois unités topographiques distinctes - montagne, plaine et plateau - engendrant une variation spatiale de la pente, allant des zones de haute altitude aux zones de basse altitude.

## 2.2 Cartographie du sol dans le bassin versant de l'Oum Er-rbia (amont Ouled Driss)

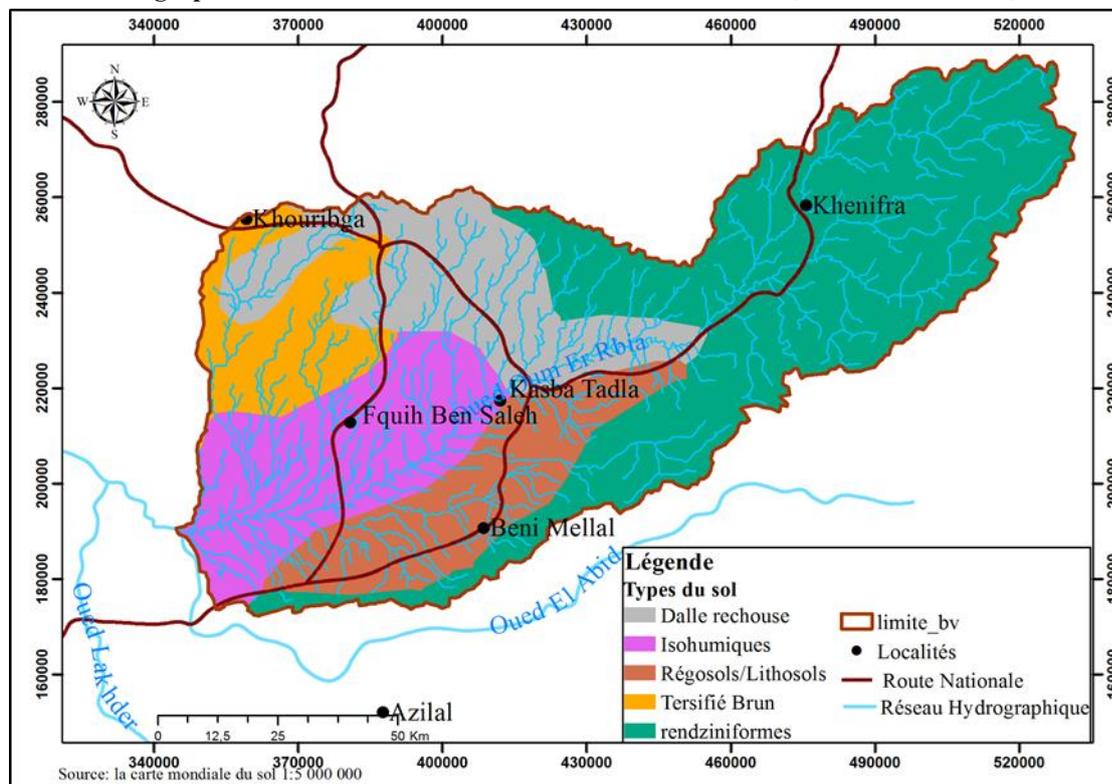


Figure 2. Répartition du sol dans le bassin versant de l'Oum Er-rbia (amont Ouled Sidi Driss)

A cause des caractéristiques climatiques de la région, la grande majorité des sols du Tadla est de type isohumique. Les sols isohumiques présentent, à une profondeur généralement faible, un horizon d'accumulation calcaire qui peut apparaître sous formes d'amas. (C.Massouni et al., 1967).

Au nord du plateau, autour de la route d'Oued- Zem - Rabat, la topographie néogène est dans une situation plus sèche, elle est sous le vent, à "l'abri pluviométrique" du massif du Khatouat qui arrête les masses d'air humide ; les sols issus d'argiles rouges de décalcarisation qui couvrent cette région sont du type brun steppique encroûté. (M. ICOLE, 1964)

Les sols rouges et bruns méditerranéens sont des sols formés sur des roches en place. On les trouve en majorité dans les régions montagneuses, sous une végétation climacique forestière. Lorsque la forêt est dégradée, ils sont érodés et ne subsistent que par tâches, associés à des lithosols, à des sols rendziniformes, à des sols peu évolués de pente qui conservent une couleur rouge. (P. BILLAUX et al., 1970)

le Rendzine occupe les pentes fortes et non cultivées situées sur calcaire ou dolomie surtout jurassiques. Le climat dans cette région est subhumide, parfois semi-aride.

## 3 Méthodologie et données

L'indice de Qualité du Sol (IQS) est un élément intégré dans l'approche MEDALUS (Mediterranean desertification and land use), visant à évaluer la sensibilité à la désertification. La construction de l'indice IQS repose sur la détermination de quatre sous-indices, à savoir : l'indice le Matériau Parental (MP), l'Indice de

Profondeur du Sol (P), l'Indice de Texture du Sol (T), l'Indice de Pente du Terrain (PT), et l'Indice de Densité du Drainage (DD). La création de ces quatre sous-indices s'appuie sur diverses données, comme indiqué dans le tableau suivant :

**Tableau 1.** ensemble des données utilisées pour évaluer (IQS)

Indice	Sous-indice	Unité de mesure	Temps	Source
Sol	Matériau parental	Classe de sensibilité	1985	Carte géologique du Maroc 1/1000000
	Profondeur	Cm	1963 -1967	(Billaux & Bryssine, 1967; Missante, 1963)
	Texture	Classe de sensibilité	1995	FAO/UNESCO
	Pente	%	2021	Modèle numérique du terrain (MNT)
	Densité de drainage	km/km <sup>2</sup>	2021	Modèle numérique du terrain (MNT)

### 3.1.1 Elaboration de la carte des matériaux parentaux (MP)

L'élaboration de la carte des matériaux parentaux a été mise au point en se fondant sur la carte géologique du Maroc 1/1 000000, à partir la transformation du type des faciès en carte lithologique selon leur résistance à l'érosion.

**Tableau 2.** Normes des matériaux parentaux (MP)

Classes	Description	valeur
Matériaux Cohérents	Calcaire, Basalte, Calcaire beige à silex	1
Matériaux Moyennement Cohérents	Marno-calcaire	1,5
Matériaux Tendres	Faciès détritique, Marne, Grès, Limon, Schiste noir	2

### 3.1.2 Elaboration de la carte de profondeur (Pe)

Vue la rareté des cartes des sols dans notre région, l'élaboration de cet indice est passée par l'extraction des unités du sol à partir de la carte du sol mondiale 1 :5000000 de la FAO/UNESCO. Puis, Chaque unité correspond à une zone dans le bassin, nous avons établi sa profondeur à partir des études faites sur la zone (G. Beaudet et al. 1967)(C. Massoni et al. 1966)(M. Icole et al. 1967).

**Tableau 3.** Normes de profondeur du sol (Pe)

Classes	Description	valeur
>80cm	Très épais	1
20 à80cm	Moyen épais	1,33
10 à 20cm	Peu épais	1,66
<10cm	Très peu épais	2

### 3.1.3 Elaboration de la carte de texture (T)

La création de la carte de texture a été basée sur un fichier lié à la carte du sol mondiale, qui contient toutes les informations sur la texture de chaque type de sol.

**Tableau 4.** Normes de la texture du sol (T)

Classes	Description	valeur
1	sablo-limoneuse, Limono-sableuse	1
2	sablo-argileuse	1,33

### 3.1.4 Elaboration de la carte de pente (P)

La création de la carte de pente est basée sur le modèle numérique du terrain (MNT) que nous avons transformé en carte des pentes en utilisant l'outil SLOPE à l'aide du système d'information géographique (SIG).

**Tableau 5.** Normes de la pente (P)

Classes	Description	valeur
< 5 %	Faible	1
5 à 15%	Moyenne	1,33
15 à 30 %	Forte	1,66
>30%	Très forte	2

### 3.1.5 Elaboration de la carte de densité du drainage (DD)

Cet indice aussi est élaboré à partir du modèle numérique du terrain (MNT) utilisé pour déterminer le réseau hydrographique du bassin versant et nous avons eu à le transformer en carte de densité de drainage à l'aide de l'outil LINE DENSITY et ce en le reclassant selon les normes de la densité.

**Tableau 6.** Norme de la densité du drainage (DD)

Classes	Description	valeur
1	bien drainé	1
2	imparfaitement	1,2
3	mal drainé	2

L'IQS est obtenu par croisement des cinq indices MP, Pe, P, T et DD selon l'équation suivante :  $IQS = (MP \times Pe \times P \times T \times DD)^{1/5}$

**Tableau 7.** Normes de l'indice de qualité du sol (IQS)

Classes	Description	valeur
1	Bonne qualité	<1,13
2	Qualité moyenne	1,13 - 1,45
3	Faible qualité	>1,45

## 4 Résultats

### 4.1 Élaboration de cinq sous indices

Les cinq sous-indices ont été réalisés pour élaborer la carte de la qualité du sol. Chaque indice est réparti selon ses normes dans la plage, avec un intervalle de 1 à 2 pour l'indice des matériaux parentaux, l'indice de profondeur et l'indice du drainage. En ce qui concerne l'indice de la texture, il est classé en seulement deux classes, de 1 à 1,33, car notre zone d'étude ne présente pas les types de texture qui correspondent aux deux autres valeurs, de 1,6 à 2.

L'indice de matériaux parentaux (MP) appliqué dans le cadre de l'approche MEDALUS joue un rôle essentiel dans la compréhension des caractéristiques des sols de la zone étudiée. Nos observations révèlent que les montagnes du Moyen Atlas sont principalement constituées de roches calcaires, des formations géologiques robustes qui résistent fortement à l'altération. En contraste, la plaine du Tadla repose sur des matériaux plus friables, tels que le marne et le limon.

Cet indice de matériaux parentaux exerce une influence significative sur d'autres sous-indices, notamment l'indice de profondeur (Pe) et l'indice de texture (T). Dans les zones calcaires, la profondeur du sol est généralement limitée. De plus, en raison de l'altitude élevée de cette partie de la région, des pentes abruptes sont courantes, ce qui accélère le drainage et augmente le risque d'érosion du sol.

En revanche, dans les basses altitudes où les matériaux sont plus friables, les sols sont plus profonds et présentent une texture sablo-argileuse.

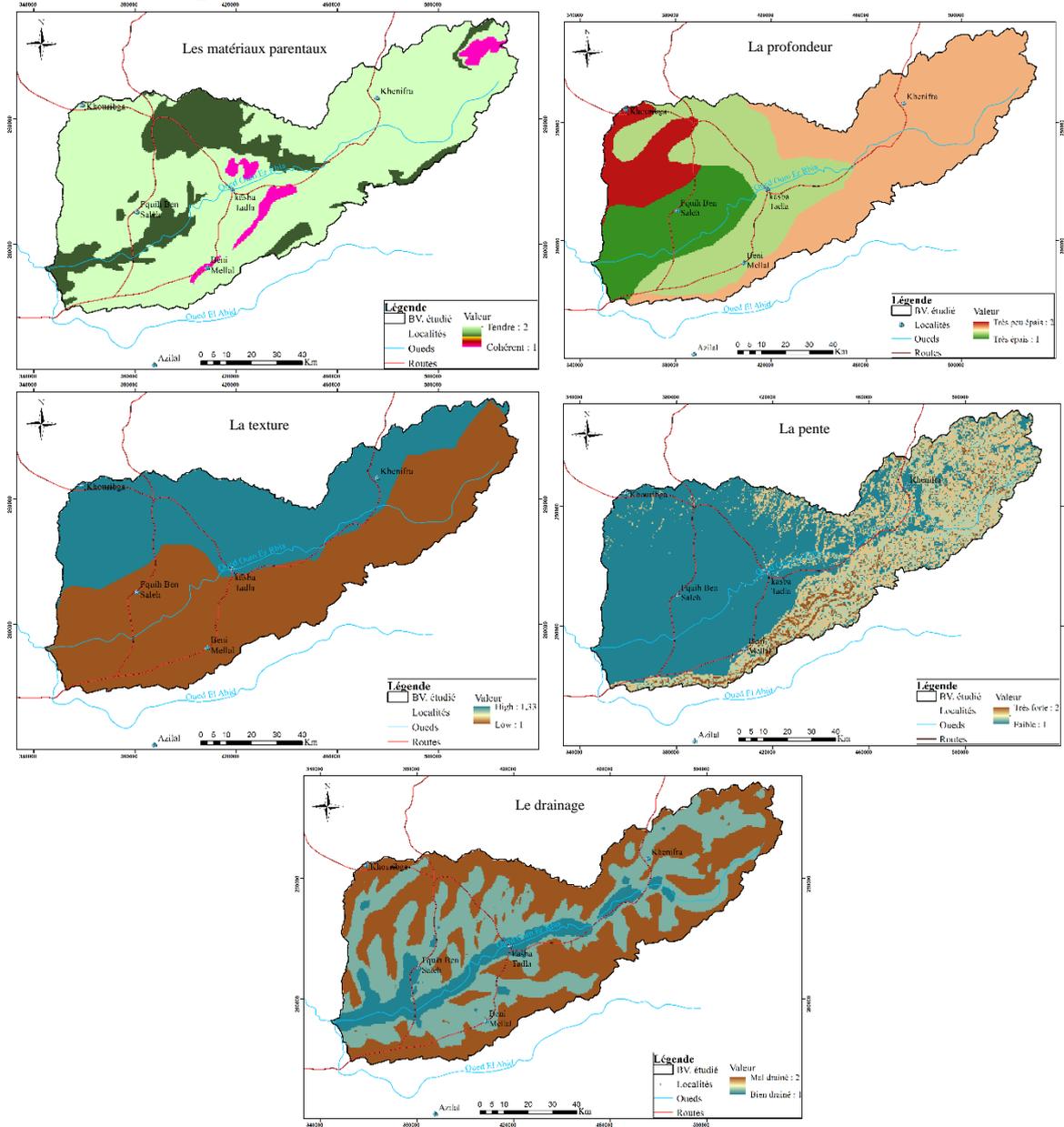


Figure 3. Répartition spatiale des cinq sous indices nécessaires pour évaluer la qualité du sol

#### 4.2 Elaboration de l'indice de la qualité du sol

L'indice de l'état de la qualité du sol est obtenu par la combinaison des indices indiqués. L'analyse de la figure N° 36 montre que les sols de moyenne à forte qualité couvrent une superficie de 6837km<sup>2</sup>, soit 61% de la superficie totale du bassin versant.

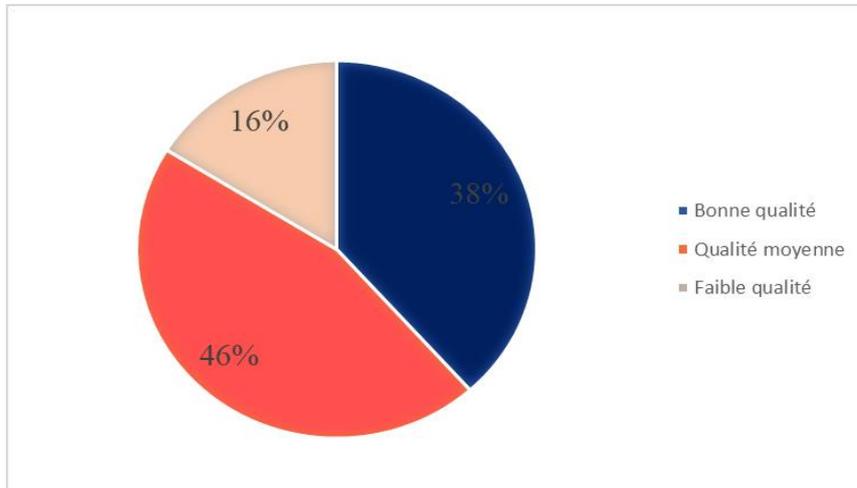


Figure 4. Répartition de la qualité du sol en % dans le bassin versant de l'Oum Er-rbia (amont Ouled Sidi Driss)

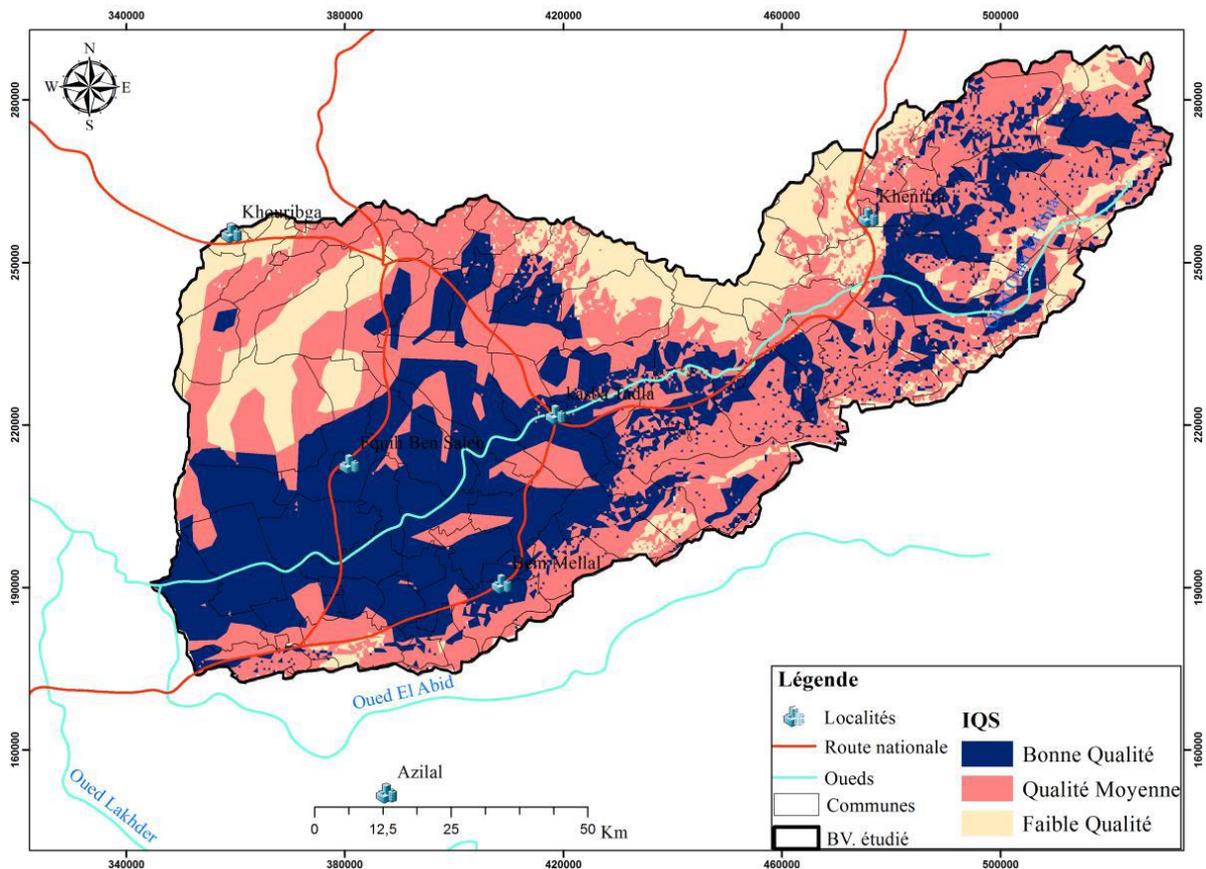


Figure 5. Répartition spatiale de l'indice de la qualité du sol (IQS)

La qualité du sol dans le bassin versant varie d'une zone à l'autre. Le sol présentant une bonne qualité occupe la majorité de la plaine du Tadla et couvre 38% de la superficie totale du bassin versant. Les sols dans cette zone sont, en effet, de moyennement épais à très épais avec une texture limono-sableuse et sablo-limoneuse. Pour le sol

de moyenne qualité, il occupe la plus grande proportion dans le bassin soit 45% avec une concentration tout au long du Moyen Atlas et des zones se caractérisant par une densité de drainage imparfaite. Par contre, le sol avec une faible qualité, il couvre les zones se situant au nord d'El Ksiba et Zaouiat Cheikh et une partie du plateau des phosphates et représente 16% de la superficie totale du bassin versant.

La variabilité de la qualité des sols au sein du bassin versant met en lumière l'importance de prendre des mesures de gestion différenciées pour préserver cette ressource cruciale. Les sols de haute qualité dans la plaine du Tadla nécessitent une protection renforcée, tandis que les zones de qualité moyenne requièrent une attention particulière pour maintenir leur fertilité. Les sols de faible qualité, bien que moins répandus, doivent également faire l'objet de stratégies de réhabilitation afin de garantir une utilisation durable des terres dans la région. Une approche globale de gestion des sols s'impose pour répondre aux besoins spécifiques de chaque zone du bassin versant.

## 5 Conclusion

Le sol, en tant que précieux patrimoine naturel, se révèle extrêmement vulnérable, il est facile à détériorer mais c'est très difficile à reconstituer de ce fait il faut le préserver. Notre étude a permis une caractérisation approfondie des éléments ayant une relation soit direct ou indirect avec la formation du sol et son évolution en se basant sur la détermination de l'indice de la qualité du sol (IQS) qui repose tout d'abord sur l'élaboration de cinq sous-indices. Les résultats obtenus sont confus et cohérents avec le terrain ce qui valide la performance de méthode utilisée. Nous avons trouvé que la majorité du bassin versant soit 46% s'étend sur des sols de moyenne qualité. Ces constatations soulignent la nécessité de continuer à surveiller et à protéger nos sols pour garantir leur pérennité et leur utilisation durable dans le futur.

## REFERENCES

- [1] Badraoui, M., Agbani, M., & Soudi, B. (2000). Evolution de la qualité des sols sous mise en valeur intensive au Maroc. Séminaire 'Intensification agricole et qualité des sols et des eaux', Rabat, Maroc, 2-3.
- [2] Beudet, G., Massoni, C., Missante, G., Combes, M., Etienne, H. P., & Ionesco, T. (1967). La plaine du Tadla. Congrès de Pédologie Méditerranéenne, Excursion au Maroc. Publ. Inst. Nat. Rech. Agron., INRA, Rabat, (24), 163-194.
- [3] Beudet, G., G. M., & a, R. (1967). Le Quaternaire marocain. Observations et hypothèses nouvelles. Rev. Geogr. Physique et Geol. Dynam, 9(2), 269-310.
- [4] Billaux, P., & Bryssine, E. (1967). Les sols du Maroc. Cahiers de La Recherche Agronomique. Chapitre 3, 24, 59-101.
- [5] Coll, P., Le Velly, R., Le Cadre-Barthélemy, E., & Villenave, C. (2012). La qualité des sols: associer perceptions et analyses des scientifiques et des viticulteurs. Etude et Gestion des Sols, 19(2), 79-88.
- [6] Ech-Chahdi, K. E. O., Abdelaziz, E. B., & Amyay, M. (2022). La Cartographie Et La Caracterisation De La Sensibilite A La Desertification Dans Le Bassin Versant Du Haut Ouergha (Rif Central-Maroc) Par L'approche Medalus. Geomaghreb, (16).
- [7] Icole, M. (1964). Pedogenese A Vertisols En I {Aute Chaouia. Al Awamia, 11, 71-82. Tessier, T., Coquet, Y., Lefevre, Y., & Bréda, N. (2007). Rôle de la végétation dans les processus de propagation de la sécheresse dans les sols argileux. Revue française de Géotechnique, (120-121), 35-43.
- [8] Massoni, C., Missante, G., Inonesco, T., Billaux, P., & Billaux, D. (1966). Profils des sols présentés dans la plaine du Tadla.