

---

Soumis le : 14-07-2023

Forme révisée acceptée le : 19-10-2023

Correspondant : mohamedkarimi001@gmail.com

---



---

Revue territoires environnement et développement (TED)

<https://revues.imist.ma/index.php/TED>

---

Vol2 NO2 (2023) ISSN: 2820-7173



## Estimation du risque d'érosion du sol dans le bas d'oued du Kert (Rif oriental, Maroc), en intégrant le modèle Gavrilovic "EPM" dans un SIG

## Estimation of soil erosion risk in the lower oued el Kart (Eastern Rif, Morocco), integrating the Gavrilovic model "epm" in a GIS

Mohamed MAKHCHANE<sup>1</sup> Ibrahim DARKIK<sup>2</sup> Abderahim WATFAE<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Université Mohamed V, Rabat, Faculté des Lettres et des Sciences Humaines Maroc ;  
Laboratoire Equilibre des Terres et Aménagement de l'espace.

<sup>2</sup> Université Mohamed V – Rabat- Faculté des Lettres et des Sciences Humaines Maroc ;  
Laboratoire Gestion de l'Environnement et Développement Durable).

<sup>3</sup> Université Mohamed V – Rabat ·Faculté des Lettres et des Sciences Humaines Maroc ;

**Auteur correspondant :** mohamed.makhchane@um5s.net.ma

---

### Résumé

Bas bassin versant d'Oued Kert, situé au Nord du Maroc, sur le versant méditerranéen du Rif oriental, est marqué par les stigmates de l'érosion hydrique. Celle-ci affecte gravement les terres agricoles et les infrastructures. Cette situation est due principalement, comme pour le reste du nord du Maroc (Rif central), à la combinaison de plusieurs facteurs (naturels et anthropiques). Les résultats obtenus montrent que les pertes moyennes des sols par érosion hydrique sont estimées à 14,7 t/ha/an. Pour évaluer cette dynamique et les pertes en sols qu'elle engendre, nous avons procédé à l'intégration du modèle EPM (Erosion Potentiel Method) de GAVRILOVIC dans un SIG. Les pertes maximales sont 138,8 t/ha/an et minimales sont 0,01 t/ha/an par parcelle. Les pertes totales annuelles du bas du bassin sont de 205 800 t/an (Erosion à la parcelle). L'analyse des résultats de ce modèle a permis, également à l'aide du SIG, de déterminer les facteurs qui contrôlent l'érosion hydrique et qui sont par ordre d'importance : la protection des sols, types d'érosion, sensibilité des sols à l'érosion, précipitation, pentes et la température. Il importe de signaler que la méthodologie utilisée (modèle EPM) s'applique à divers types d'érosion et de ce fait elle est adaptée aux zones de montagnes.

**Mots clés :** Bas bassin versant d'Oued Kert, dégradation, sol, modèle EPM, SIG

---

### Abstract

The watershed of the Oued Kert low, situated in the north of Morocco, on the Mediterranean side of the eastern Rif, is marked by the traces of hydric erosion. This seriously affects agricultural land and infrastructure. This situation is mainly due, as for the rest of northern Morocco (eastern Rif), to the combination of several factors (natural and anthropogenic). The obtained result shows that the watershed loses an average of 14,7 t/ha/year. To evaluate this dynamic and the losses of soil it engenders, we have preceded the integration of the EPM model (Erosion Potential Method) of GAVRILOVIC in a GIS. The maximum loses are 138,8 t/ha/year and minimum are 0,01 t/ha/year. Total annual loses of the watershed of the Oued El Kart low an average of 205 800 t/year (Erosion in the plot). The results analysis of this model has permitted, also using a GIS, to determine the factors that control the water erosion and which are in order of importance: the soil protection (vegetation), erosion types, soil resistance, the precipitations, the slope and temperature. It should be noted that the used methodology of EPM model applies to various types of erosion and is therefore suitable for mountain areas

**Keywords:** Watershed of the Oued Kert Low, degradation, soil, EPM model, GIS

---

## 1. Introduction

Le processus géomorphologique dominant dans la majeure partie du globe terrestre est dû en particulier à l'érosion hydrique (Toy et al. 2002). C'est un problème environnemental dans le monde entier, plusieurs

facteurs physiques (prédominance de pentes fortes et des formations lithologiques vulnérables, faible couverture végétale naturelle et pluies irrégulières) et anthropiques (l'utilisation des terres, la forte densité démographique

et la déforestation) favorisant le développement et l'accélération des processus de ce phénomène.

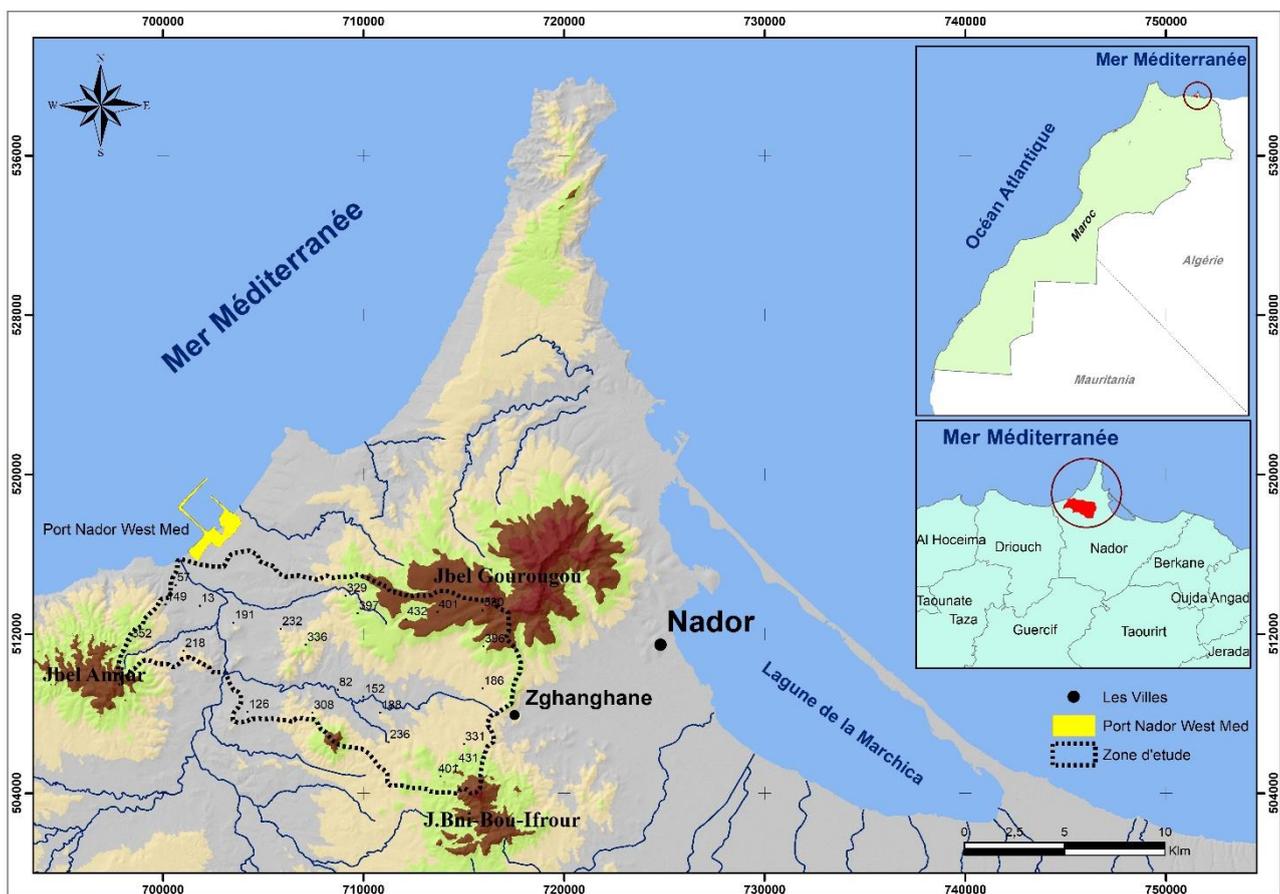
En effet, l'érosion hydrique est plus accentuée sur la chaîne du Rif par rapport au reste du Maroc. Ces zones sont caractérisées par la prédominance de formations géologiques friables (marnes, marno-calcaire...). La quantification des risques d'érosion hydrique, à l'aide d'un Système d'Informations Géographiques (SIG), fournit une meilleure approche quantitative et cohérente pour estimer l'érosion des sols par l'application des équations mathématiques ;

à savoir l'équation du modèle d'EPM de Gavrilovic qui couvre divers types et formes d'érosion et compte tenu de leur adaptabilité à la zone d'étude.

**- La zone d'étude :**

Le bas bassin versant de l'oued kert se situe à l'ouest de la région orientale, plus précisément à 15 km à l'ouest de la ville de Nador, entre les latitudes 34° 17' N et 34° 37' N, et les longitudes 2° 36' O et 2° 25' O. Il s'agit d'une superficie d'environ 140 km<sup>2</sup> qui est délimitée à Ouest par le massif d'Amjar et à Est par le massif de Gourogou.

La zone d'étude présente une grande variation altitudinale de 0 m au débouché et de plus de 500 m au sommet le plus élevé (jbel Gourogou) nord-est de la zone d'étude. Ce bassin versant est drainé par l'oued kert formé par la confluence des oueds saisonniers, comme oued Ouachane et Oued Omassine, elles sont considérées comme les vallées les plus importantes de la zone d'étude (Figure 1).



**Figure 1 : Présentation de la zone d'étude (Bas bassin versant de l'oued kert)**

## 2. Méthodologie

### 2.1 Approche

Le modèle EPM "Erosion Potential Method" (Gavrilovic, S., 1972), a été développé dans les années 50 dans bassins versants de la rivière Morava en Serbie (d'Ex-Yougoslavie) (Dragičević, N., et al 2016) La méthode a pour objectif de quantifier les risques d'érosion hydrique et de développer des pratiques adaptées pour la réduction des pertes des sols.

Le modèle EPM prévoit à combiner les facteurs de l'érosion hydrique qui dépendent des volumes des précipitations et de température, de sensibilité des sols, de protection des sols, des types d'érosion et des pentes en sol.

L'application du modèle de Gavrilović nécessite la cartographie et l'intégration des différents paramètres qui rentrent en ligne dans le phénomène de l'érosion hydrique et qui sont nécessaires au fonctionnement du modèle EPM dans le Système d'Information Géographique (SIG). L'équation exprime l'érosion comme étant le produit de six facteurs représentant : les pentes, les précipitations, les températures, la sensibilité des sols à l'érosion, les types d'érosion et la protection des sols :

$$EPM = \pi * T * H * \sqrt{Z^3} \quad (1)$$

Où EPM : érosion spécifique dans le bassin versant ( $m^3/km^2/an$ ).

T : coefficient de température.

$$T = (0,1 * t_o) + 0,1 \quad (2)$$

Avec :  $t_o$  : température moyenne annuelle en  $^{\circ}C$ .

H : précipitation annuelle en (mm).

Z : coefficient d'érosion.

Avec :

$$Z = y * X_a * (\delta + \sqrt{J_a}) \quad (3)$$

Où

$y$  : Coefficient de sensibilité du sol à l'érosion. Il dépend de la roche mère, le type du sol et du climat et varie entre 0,05 et 1.

$X_a$  : Coefficient de protection des sols vis à vis des influences relatives aux phénomènes atmosphériques.

$\delta$  : Coefficient qui exprime le type et degré d'évolution des processus visibles d'érosion dans le bassin versant.

$J_a$  : Indice de pente moyenne de la zone d'étude (en %).

En convertissant les résultats de ce modèle du  $m^3/km^2/an$  vers  $t/ha/an$  par l'application de l'équation de la masse volumique ( $\rho$ ) :

$$\rho = m / V \quad (4)$$

Où

$m$  : la masse de la substance homogène occupant un volume  $V$ .

### 2.2. Méthode :

Le travail a été réalisé suivant les étapes consignées dans l'organigramme suivant (figure 2).

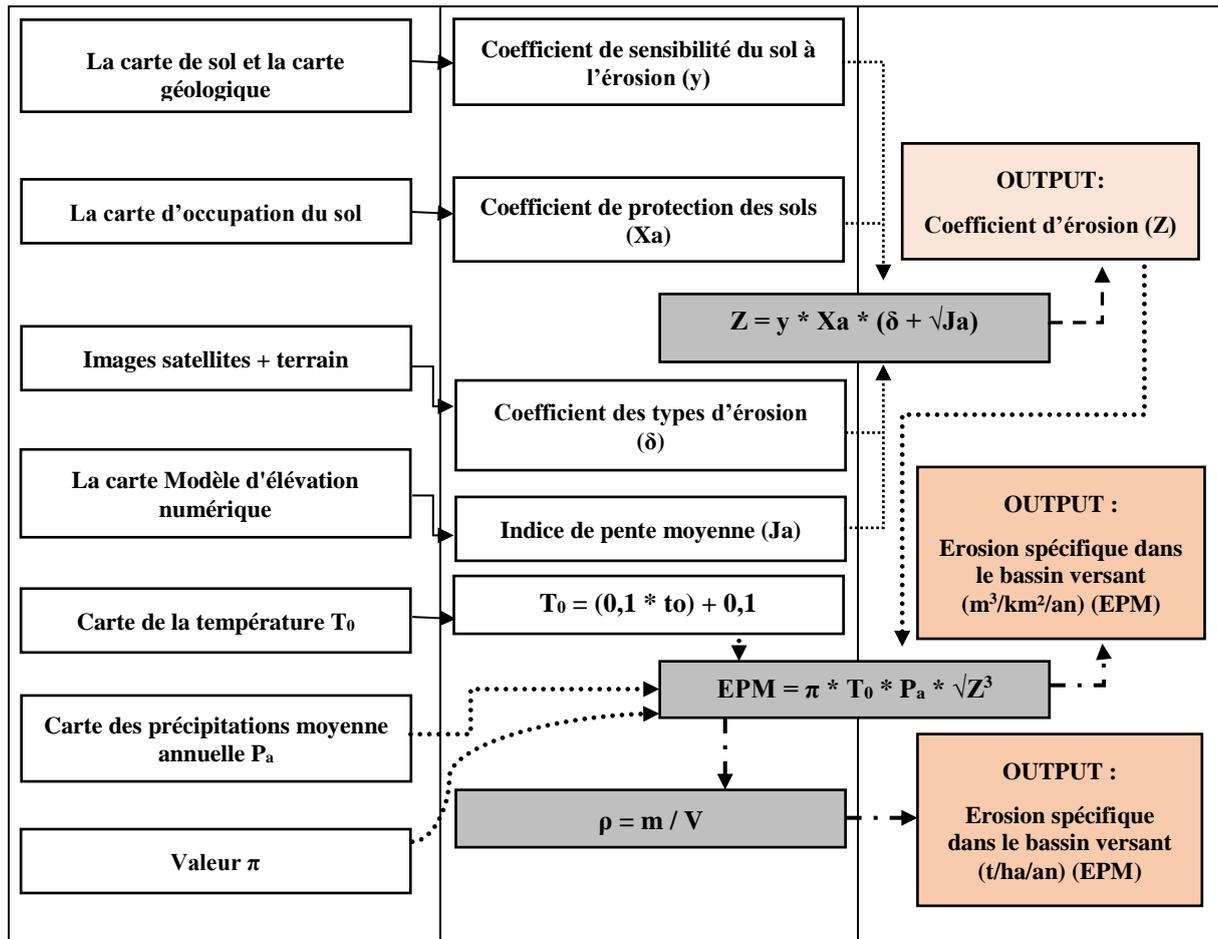


Figure 2 : Organigramme de la méthodologie adoptée

### 3. Résultats

#### 3.1. Caractéristiques des facteurs régissant l'érosion dans le bas bassin versant de l'oued kert

L'intensité de la dégradation des sols dans la zone d'étude est le résultat de la combinaison de plusieurs facteurs (naturels et anthropiques). Leur ampleur et leur classification selon les matrices définies par Gavrilovic. S (1957), sont exposées dans les paragraphes suivants.

- Les pentes de la zone d'étude en pourcentage (Ja) :

Les pentes constituent l'un des facteurs primordiaux dans le modèle EPM. L'augmentation de la vitesse d'écoulement sous l'effet des pentes provoque fortement l'érosion. La distribution spatiale des pentes dans le Bas bassin versant de l'oued kert dépend en général de la nature lithologique des substrats.

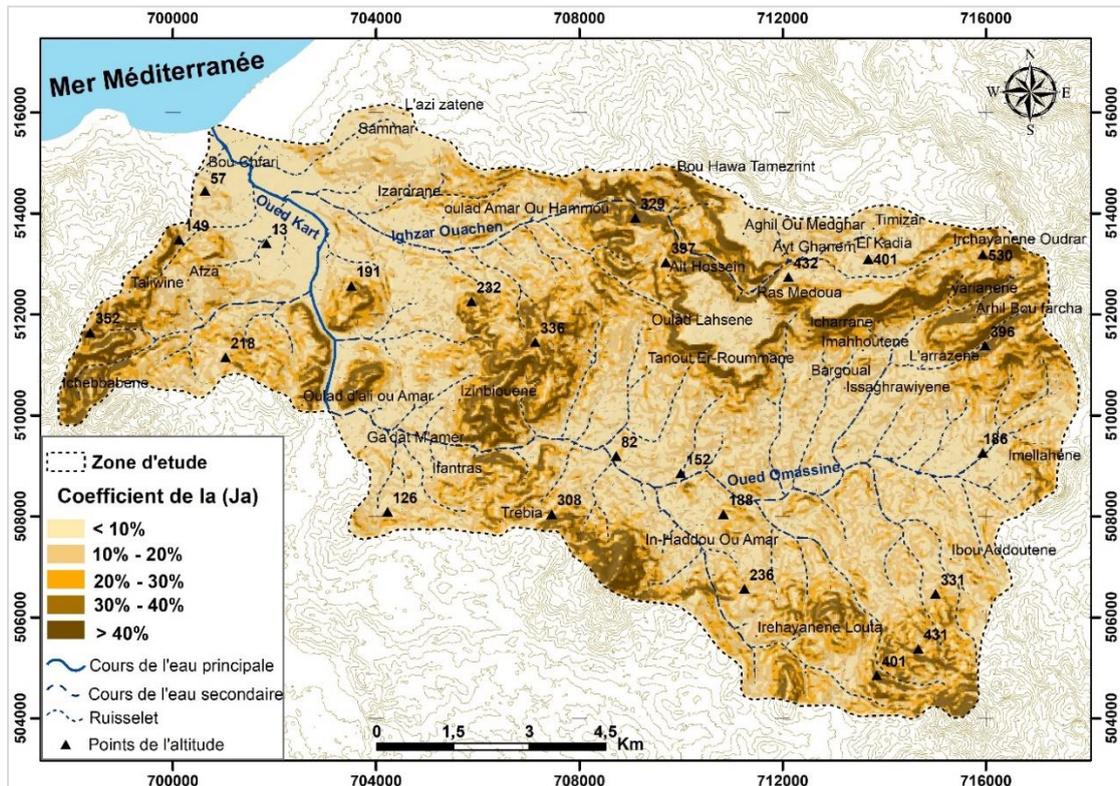


Figure 3 : Carte de l'indice de la pente moyenne

Cette carte montre que les pentes très faibles à faibles, se concentrent dans la partie aval du bassin. Les pentes modérées, fortes à très fortes, se concentrent dans les parties sud-ouest, intermédiaire, nord-est et sud-est du bassin. Les pentes sont l'un des facteurs d'érosion les plus importants dans le modèle EPM. L'impact de la pente se manifeste dans la morphodynamique actuelle et dans l'énergie acquise par les eaux de ruissellement, ce qui permet le transport et l'arrachement des sols (Roose, 1994).

En raison de la nature morpho-structurale de la zone d'étude, la plupart des pentes sont modérées à fortes, entourent le bassin de toutes parts, à l'exception du côté nord-ouest le long de la côte méditerranéenne. Elles forment des zones de transition entre les massifs montagneux et la zone d'étude plus basse, faisant du Bas bassin versant d'Oued Kert un domaine d'accumulation des ressources hydriques et sédimentaires.

Tableau 1 : Calcul de la superficie des classes de pentes dans le module EPM (Bas bassin versant d'Oued Kert)

Classes	Type des pentes	Superficie en (ha)	Superficie en (%)
1	Très faible (< 10%)	5044,4	36,2
2	Faible (10% - 20%)	4568,5	32,8
3	Modérée (20% - 30%)	2122,2	15,2
4	Forte (30% - 40%)	1107,5	7,9
5	Très forte (> 40%)	1120,4	7,9

La distribution des classes des pentes montre que celles en général très faible à modérées (<30%) sont dominantes, elles représentent plus de 85% de la surface totale. Les pentes fortes à très forte représentent un pourcentage de 15% pour les classes de plus de (>30%).

- Coefficient de la température ( $T_0$ ) :

Le modèle (EPM) intègre la température comme facteur dans l'évaluation quantitative de l'érosion

hydrique. Il n'existe pas de valeurs relatives, à cet élément du climat, issues des observations ou des mesures instrumentales sur le bassin versant. La caractérisation de la température a été menée à partir des données de l'imagerie satellitaire, à l'aide des calculs des différentes données des saisons des 3 années (2015, 2016 et 2017), vu le manque de données. La carte de la température a été obtenue à l'aide de l'indice suivant :

$$\text{Land surface temperature} = \frac{BT}{1 + w * (BT / p) * \ln(e)} \quad (3)$$

Avec :

BT : température du satellite.

w : longueur d'onde de rayonnement exprimé (11.5µm).

p :  $h * c / s$  ( $1.438 * 10^{-2}$  m k).

h : la constante de Planck ( $6.626 * 10^{-34}$  Js).

s : la constante de Boltzmann ( $1.38 * 10^{-23}$  J/K).

c : la vitesse de la lumière ( $2.998 * 10^8$  m/s).

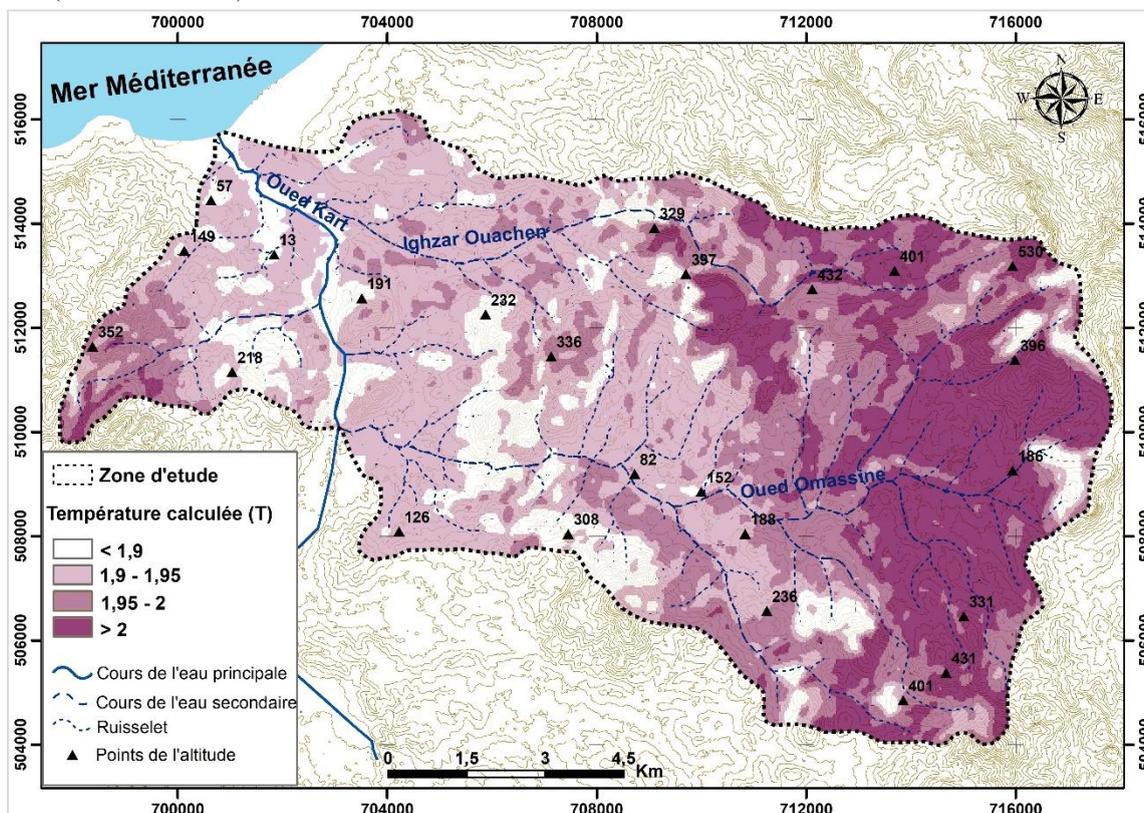


Figure 4 : Carte de coefficient de la température

Les moyennes annuelles des températures spatialisées au niveau du Bas bassin versant après le calcul selon l'équation suivante ((0,1 \* Température) + 0,1) est varié entre 1,7°C et 2,1 °C, elles se distribuent selon un gradient Nord-Sud. Les domaines Nord-Est et Sud-Est ont enregistré des températures élevées. Ceci concorde parfaitement avec les sites caractérisés par l'absence et la minceur du sol au-dessus de la roche volcanique.

- **Précipitation moyenne annuelle (P<sub>a</sub>) :**

La précipitation joue le premier rôle dans la provocation de l'érosion hydrique. Elle dépend surtout de l'intensité de la pluie (Le Bissonais et Papy, 1997). Sur la période qui s'étale de 1970 à 2010, la répartition des moyennes de précipitations se fait selon un gradient pluviométrique d'Est à Ouest et plus localement Nord-Est au niveau du bas bassin versant d'Oued kert.

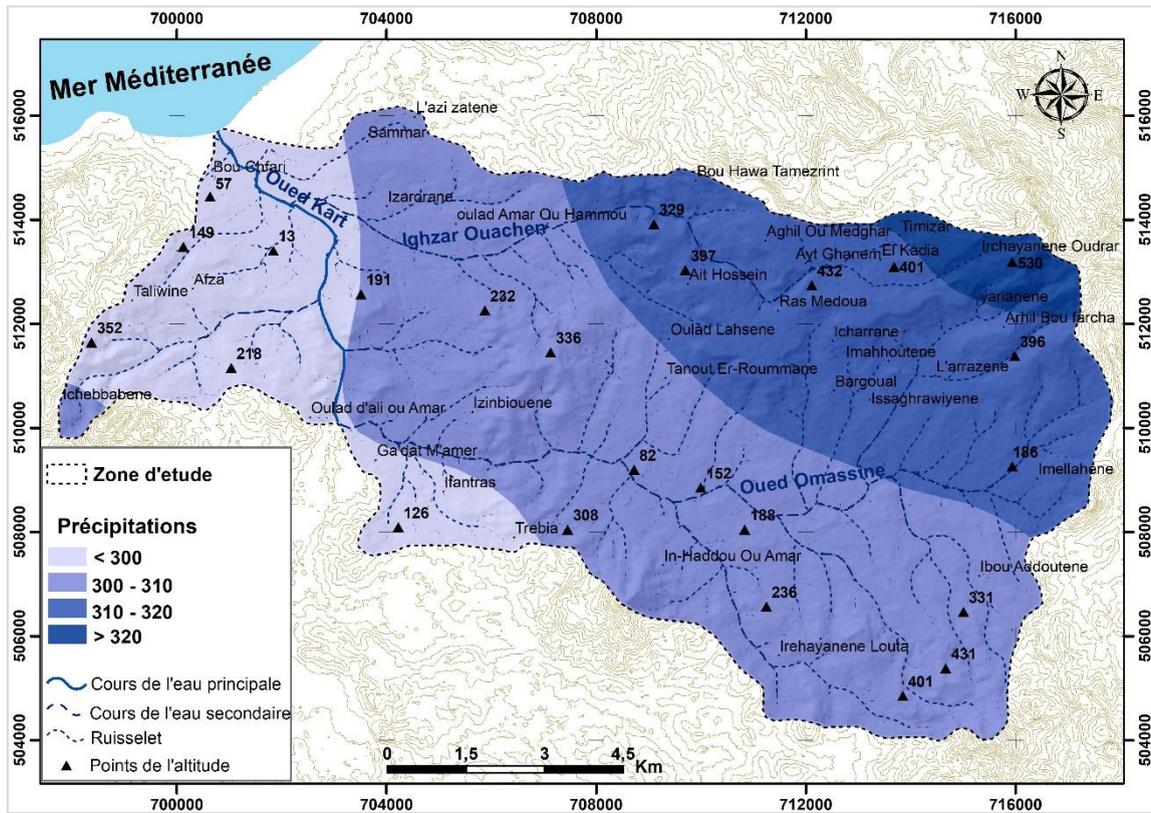


Figure 5 : Carte des précipitations de la zone d'étude

Dans l'ouest, les pluies annuelles moyennes dépassent 300. Elle s'élève vers l'est 320 mm sous l'effet des altitudes et des pentes qui forment des barrières contre les influences méditerranéennes.

Malgré le faible taux annuel moyen de précipitations, la région se caractérise par son irrégularité et son extrême agressivité, de sorte que la région peut recevoir plus de 700 mm de précipitations par an. Cela entraîne la plupart des vallées et des cours d'eau à connaître de graves inondations, transportant avec elles de grandes quantités de sol vers la mer

- **Coefficient de sensibilité des sols à l'érosion (Y) :**

Le facteur de sensibilité des sols à l'érosion (Y) est défini par Renard et al, (1997) exprime de l'influence des propriétés des sols sur les pertes en sol pendant les événements pluvieux, et établie sa sensibilité à l'érosion hydrique :

$$Y = 2,1 * M^{1,14} * 10^{-4} (12 - MO) + 3,25 (B - 2) + 2,5 (C - 3) / 100 \quad (4)$$

Avec :

**M** = (% Sable fin + limon) \* (100 - % Argile) ;

**MO** : pourcentage de la matière organique ;

**B** : le code de perméabilité du sol (1 à 6) ;

**C** : classe de perméabilité du profil ;

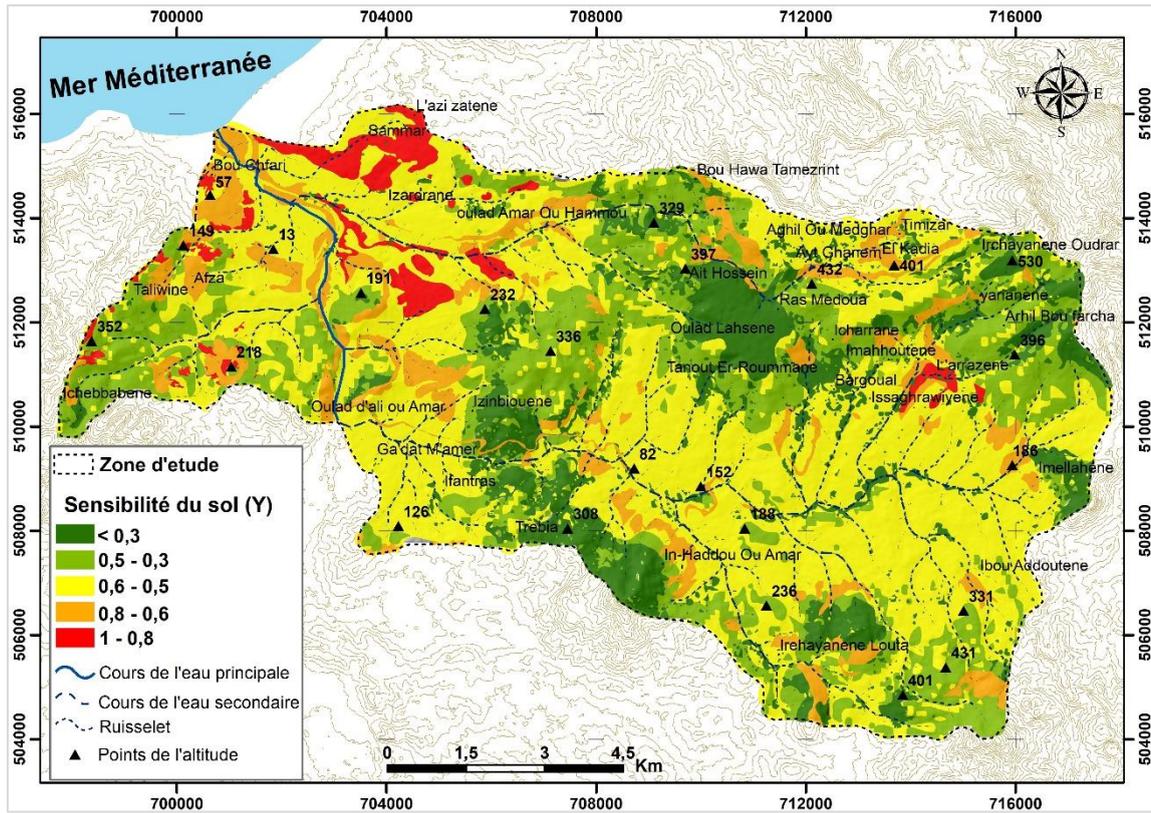


Figure 6 : Carte de sensibilité du sol

La figure 6 et le tableau 2 montrent la répartition de sensibilité du sol en fonction de l'équation d'érodibilité des sols (Wischmeier W. H. et Smith D. D. (1978)). Le coefficient le plus dominant dans le bas bassin versant est

de faible résistance représente une superficie de 6920,89 ha (50%), et sols modérément sensibles à l'érosion 23,5% (3237,91 ha).

Tableau 2 : Coefficient de sensibilité du sol

Coefficient de sensibilité à l'érosion	Degré de sensibilité (Y)	Superficie en (ha)	Superficie en (%)
Sols peu sensibles à l'érosion	< 0,3	1936,55	14,1
Sols modérément sensibles à l'érosion	0,3 – 0,5	3237,91	23,5
Faible résistance	0,5 – 0,6	6920,89	50,1
Débris d'agrégats et dépôts des sédiments grossiers	0,6 – 0,8	1426,35	10,1
Sols très sensibles à l'érosion	0,8 – 1	441,32	2,2

- Coefficient de protection du sol (Xa) :

Le coefficient de protection du sol (Xa) lié directement à la couverture végétation qui joue un rôle important dans la réduction de l'érosion en protégeant le sol pendant les pluies et l'augmentation de la perméabilité du sol. L'état de surface varie selon les

saisons et les travaux agricoles. Les classes de Coefficient de protection du sol (Xa) sont variées en fonction d'occupation des sols entre « Xa » de 0,1 (pour les forêts denses) à 1 (pour les occupants par les badlands).

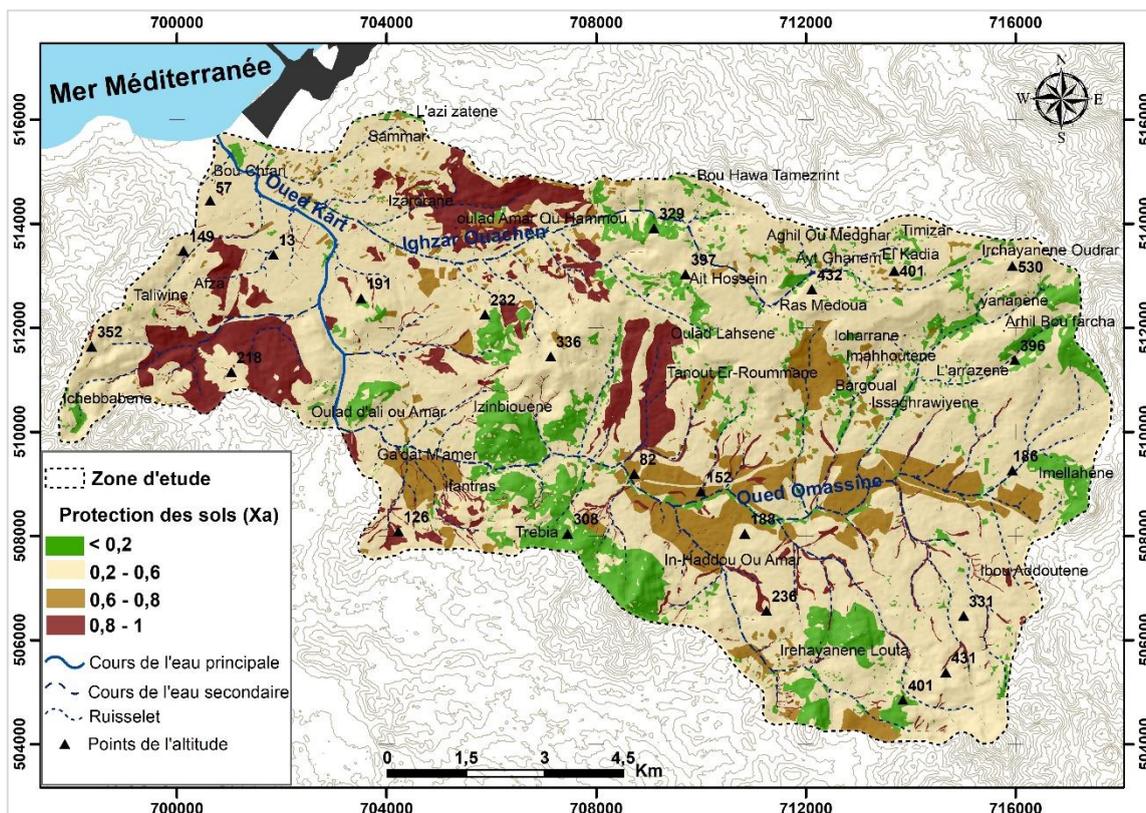


Figure 7 : Carte du coefficient de protection des sols

Selon la figure 7 et le tableau 3, on remarque que les valeurs de  $Xa < 0,6$  occupent la moitié de la zone

d'étude plus que 80%. Tandis que les valeurs de  $Xa > 0,6$  occupent 18,2% soit 2578,4 ha (tableau 3).

Tableau 3 : Occupation des sols et le degré de la protection des sols

Occupation des sols	Degré de protection ( $Xa$ )	Superficie en (ha)	Superficie en (%)
Matorral dense et reboisement	$< 0,2$	1597,6	11,4
Matorral clair et très clair, parcours	$0,2 - 0,6$	9787	70,4
Culture et arboriculture	$0,6 - 0,8$	1284,6	9
Roches nues	$0,8 - 1$	1293,8	9,2

Source des classes : Stefanidis et Kalinderis, 2008 ; Zorn et Komac, 2008

Le tableau permet de dégager plusieurs informations concernant les pourcentages des superficies. On remarque que la classe la plus rencontrée est celle de matorral clair et très clair, parcours avec 9787 ha ce qui veut dire 70,4 % de la superficie total.

- Coefficient des types d'érosion ( $\delta$ ) :

La carte des types d'érosion est obtenue à travers la superposition de la carte de sensibilité du sol à l'érosion et la carte des degrés de protection des sols avec des observations du terrain. Les coefficients de processus d'érosion sont classés en 5 catégories, allant du 0,1 à 1 (Tableau 4).

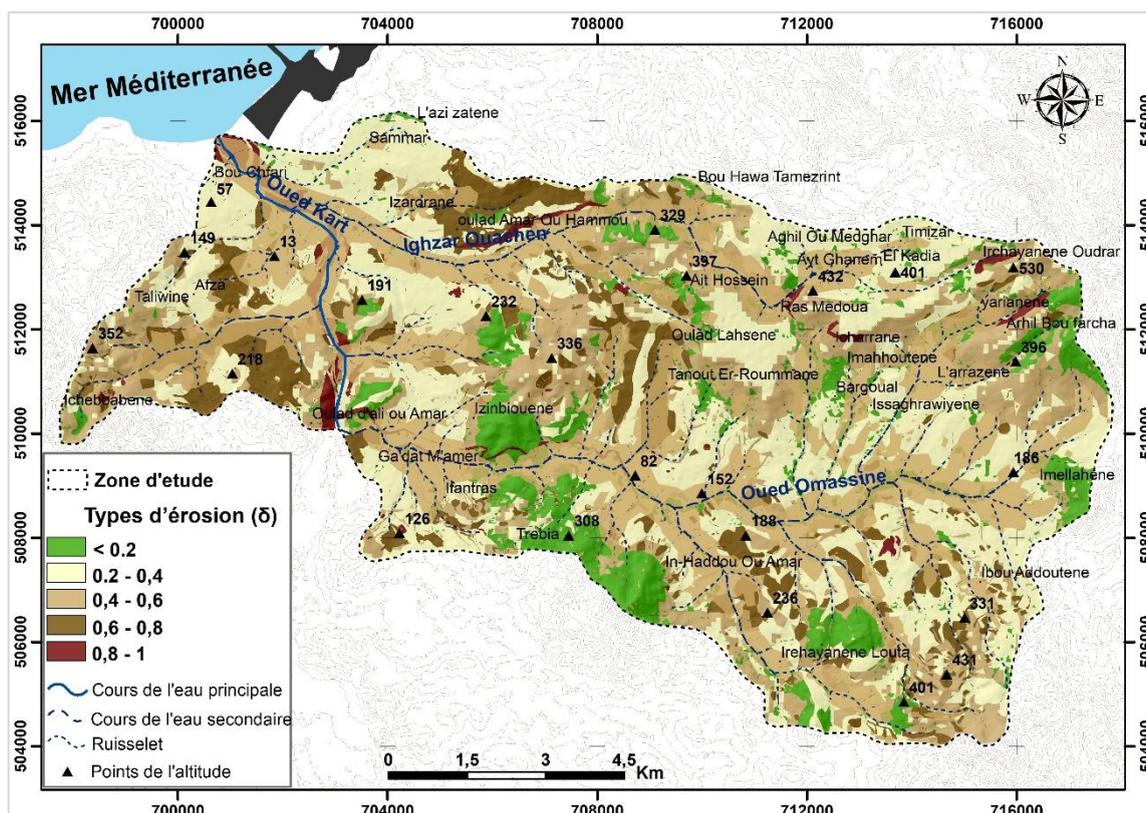


Figure 8 : Carte du coefficient des types d'érosion

D'après la figure 8 et le tableau 4, on constate qu'une grande partie du bas bassin versant occupent par le type d'érosion dans les cours d'eau entre 20-50% du bassin (7562,36 ha soit 54,2%). Suivie par l'érosion dans les rivières, les ravins et les dépôts alluviaux d'une superficie 2960,16 ha (21,2%). En effet les classes de plus de 0,6 occupent 13% de la superficie totale du bas bassin versant.

La domination de l'érosion hydrique s'explique par un réseau étendu de cours d'eau descendant des montagnes vers la mer, ainsi que par la nature friable des formations géologiques qui couvrent une grande partie de la zone d'étude. Ces formations sont constituées de roches argileuses imperméables, ce qui facilite leur érosion par les flux d'eau en provenance des montagnes.

Tableau 4 : codification des types d'érosion

Coefficient de type et étendue de l'érosion	Classes des $\delta$	Superficie en (ha)	Superficie en (%)
Peu d'érosion dans le bassin versant	< 0,2	1619,7	11,6
Érosion dans les cours d'eau entre 20-50% du bassin versant	0,2 – 0,4	7562,36	54,2
Erosion dans les rivières, les ravins et les dépôts alluviaux	0,4 – 0,6	2960,16	21,2
50-80% du bassin concerné par l'érosion de surface et les glissements de terrain	0,6 – 0,8	1528,95	11
Bassin versant entier concerné par l'érosion	0,8 – 1	279,26	2

#### 4. Discussion

##### 4.1. Carte d'érosion potentielle

Le coefficient d'érosion (Z) indique la probabilité d'érosion dans le bas bassin versant d'Oued kert dont la

valeur de (Z) définit la classe d'érosion selon le tableau de Gavrilovic (Tableau 5).

**Tableau 5 :** Coefficient d'érosion potentielle

Coefficient d'érosion potentielle	Degrés d'érosion (Z)	Superficie en (ha)	Superficie en (%)
Très faible	< 0,2	1373,96	9,8
Faible	0,2 – 0,4	505,46	3,7
Modérée	0,4 – 0,7	1348,83	9,7
Elevée	0,7 – 1	2682,29	19,2
Très élevée	> 1	8051,06	57,6

**Source des classes :** Ostric et Horvat, 2008

Les résultats obtenus montrent que la majeure partie occupée par l'érosion potentielle de très élevée (>1) occupe 8051,06 ha de superficie totale soit 57,6%. Elle est suivie par : les coefficients d'érosion potentielle élevée d'une superficie 2682,29 ha soit 19,2%, puis le coefficient d'érosion potentielle très faible (9,8%), puis modérée (9,7%) et faible qui occupe 505,46 ha (3,7%) (Tableau 5).

Ces résultats (Z) exposent le rôle des différents facteurs (pentes, lithologies, pluies, températures, occupations des sols...) dans le déclenchement de l'érosion hydrique dans le bas bassin versant d'Oued kert, Cela signifie que la zone d'étude est très sensible à l'érosion, compte tenu des multiples faiblesses et facteurs qui sous-tendent l'activité du phénomène.

#### 4.2. Estimation des pertes en sol selon le modèle EPM de Gavrilovic

La combinaison des différents facteurs qui composent l'équation EPM de Gavrilovic a permis de produire la carte des pertes moyennes Pertes en sols par érosion hydrique, qui est estimé à 14,7 t/ha/an. Les pertes maximales et minimales par parcelle sont respectivement de 138,8 t/ha/an et de 0,01 t/ha/an. Les pertes totales annuelles du bassin sont de 205 800 t/an (Figure 09).

D'après le tableau ci-dessous, les pertes en terres moins ou égales à 15 t/ha/an proviennent de 57,3% de la superficie du Bas bassin versant. Ceci dénote la faible propagation du phénomène. La classe d'intensité moyenne (pertes en sols entre 15 et 30 t/ha/an).

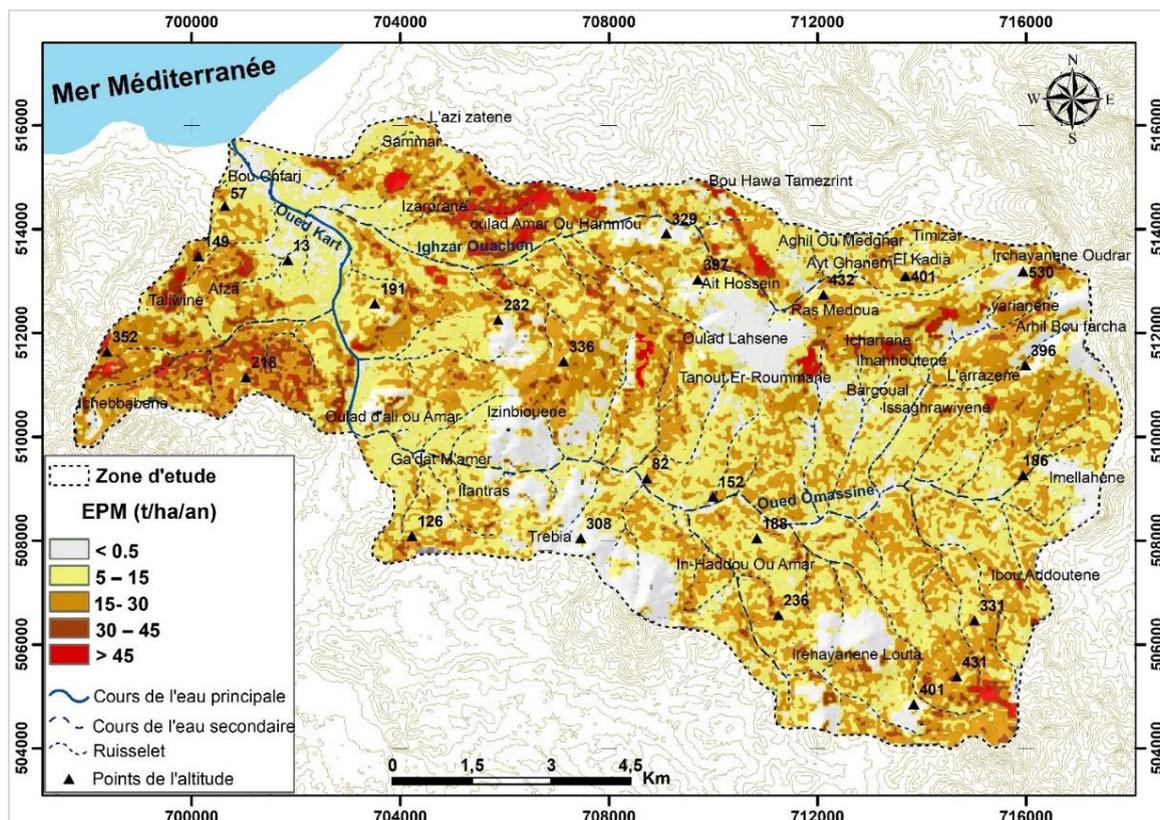


Figure 9 : Estimation des pertes en sol selon le modèle EPM

Tableau 6 : Pertes en sols dans le bas bassin versant d'Oued kert

Intensité	Classes (t/ha/an)	Superficie en (ha)	Superficie en (%)
Très faible	< 5	2485,41	17,8
Faible	5 – 15	5523,76	39,5
Moyenne	15- 30	4702,73	33,7
Forte	30 – 45	957,86	6,9
Très forte	> 45	293,23	2,1

Les chiffres obtenus pour la perte en sol due à l'érosion peuvent sembler petits et ne représentent pas une menace significative pour le terrain. mais en tenant compte des indicateurs de terrain et des formes géomorphologiques dominantes (Image 01), il est clair que la zone d'étude connaît une forte dynamique

d'érosion qui est très active pendant les périodes pluvieuses, d'autant plus que le milieu a connu pendant certaines années de fortes pluies, trois fois plus que la moyenne (300 mm), comme c'était le cas en 2008 (800 mm), cela entraîne des centaines de tonnes des sols et la dégradation d'un grand nombre de terres agricoles.



**Image 01** : Une partie du terrain détériorée à cause de l'activité

L'influence des facteurs d'érosion sur les pertes en sol :

Les modèles empiriques sont fondés sur la base de la relation entre une variable dépendante et un ensemble de variables indépendantes mesurées ou évaluées au moyen d'une analyse de régression (Staut, 2004). La

distribution inégale des pertes en sol dans le bassin versant résulte de la grande variabilité de l'impact de chaque facteur d'érosion. La mise en relation statistique entre les différents facteurs et la dynamique érosive fait ressortir des tendances assez significatives.

**Tableau 7** : Matrice de corrélation entre EPM et les paramètres de l'érosion

	EPM	Z	Y	Ja	$\delta$	Xa	Pa	T <sub>0</sub>
EPM	1	0,81	0,37	0,30	0,46	0,49	0,35	0,07
Erosion Potentielle (Z)	0,81	1	0,45	0,41	0,49	0,49	0,36	0,01
Sensibilité des sols à l'érosion (Y)	0,37	0,45	1	-0,28	-0,02	0,31	-0,27	-0,03
Pentes (Ja)	0,30	0,41	-0,28	1	0,26	-0,16	0,10	-0,03
Types d'érosion ( $\delta$ )	0,46	0,49	-0,02	0,26	1	0,42	0,02	0,08
Protection du sol (Xa)	0,49	0,49	0,31	-0,16	0,42	1	-0,10	0,06
Précipitations (Pa)	0,35	0,36	-0,27	0,10	0,02	-0,10	1	0,52
Températures (T <sub>0</sub> )	0,07	0,01	-0,03	-0,03	0,08	0,06	0,52	1

D'après le tableau 7, il importe de remarquer la forte corrélation entre les données de la carte EPM et la protection du sol contre l'érosion, cette dernière semble être la plus décisive dans la dynamique érosive avec un coefficient de corrélation de l'ordre de 0,49 (24%). Ils sont suivis des paramètres des types d'érosion (22,5%), de la sensibilité du sol à l'érosion (18,1%), des précipitations (17,1%) et du système de pente (14,7%). En revanche, la protection contre l'érosion des sols est elle-même liée aux types d'érosion avec un coefficient de

corrélation de 0,42. Les types d'érosion sont assez fortement liés aux systèmes des pentes (coefficient de corrélation = 0,26). Les températures sont plutôt en bonne corrélation avec les précipitations.

## 5. Conclusion

La mise en œuvre de l'équation EPM de Gavrilovic, en utilisant un système d'information géographique, a permis d'estimer quantitativement les pertes de sol. Cette étude présente les premières cartes du risque d'érosion

dans la dépression de l'Oued kert. Les résultats obtenus montrent que les pertes moyennes en sol dues à l'érosion hydrique sont estimées à 14,7 t/ha/année. D'une part, les pertes maximales s'élèvent à 138,8 t/ha/an et les pertes minimales à 0,01 t/ha/an. D'autre part, les pertes annuelles totales du bassin versant de l'oued kert sont en moyenne de 205 800 t/an (Érosion dans la parcelle)

Par la suite, l'analyse statistique des résultats de ce modèle permet de déterminer les facteurs de causalité décisifs qui contrôlent l'érosion par l'eau. Par ordre d'importance, ils sont : la protection des sols, les types d'érosion, la sensibilité des sols à l'érosion, les précipitations, les pentes et la température.

A travers cette étude, les résultats généraux obtenus confirment que la zone du bas bassin versant de l'oued kert connaît une forte dynamique d'érosion stimulée par de nombreux facteurs. La faible protection de la surface est l'un des principaux facteurs qui ont contribué à la détérioration des sols en raison de la taille des formations rocheuses fragiles et des formations superficielles, qui se sont dispersées dans cette zone semi-aride. En d'autres termes, le facteur de protection des sols dans les zones arides et semi-arides est devenu nécessaire pour arrêter l'hémorragie des terres et la dégradation des sols.

## Références

- Al karkouri, J., (2003).** Dégradation du milieu naturel dans le bassin de Beni Boufrah (Rif central-Maroc) : analyse des facteurs et des processus, essai de quantification et modélisation spatiale. Thèse d'état, Université Mohammed V, FLSH. Rabat, p: 392.
- Bissonnais Y. et Papy F., 1997.** Les effets du ruissellement et de l'érosion sur les matières en suspension dans l'eau. L'eau dans l'espace rural : Production végétale et qualité de l'eau. Universités Francophones, AUPELF-UREF, INRA éditions, Paris, 411 p
- Dragicevic, N, et al. (2017).** Erosion Potential Method (Gavrilovic method) sensitivity analysis. Soil and Water Research, 12(1), 51-59.  
<https://doi.org/10.17221/27/2016-SWR>
- Ostic, M. and B. Horvat ( 2008)** Land cover/Land use change impact in surface runoff in a small watershed. Presented at XXIVth Conference of the Danubian Countries on the Hydrological Forecasting and Hydrological Bases of Water Management, Bled, Slovenia.
- Dragicevic, N., Karleuša, B., & Ožanić, N. (2016).** A review of the Gavrilović method (erosion potential method) application. Gradjevinar, 68, 715-725.  
<https://doi.org/10.14256/JCE.1602.2016>.
- Renard, K..G.,Yoder, D.et al 1997.** Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning With the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE), in: Agriculture Handbook. <https://doi.org/DC0-16-048938-5> 65.
- Roose. E. (1994),** Introduction à la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES). Service des sols - ressources, aménagement et conservation. Division de la mise en valeur des terres et des eaux. FAO. Bulletin pédologique de la FAO 70. p.23/442.
- Gavrilovic, Z., et al (1957).** Torrent classification base of rational management of erosive regions. OP Conference Series: earth and environmental Science 2008. Proceedings of the 24th Conference of the Danubian countries on the hydrological forecasting and hydrological bases of water management; June 2– 4; Bled. IOP science. p. 1–8.  
<https://DOI: 10.1088/1755-1307/4/1/012039>
- Gavrilovic, S., (1972).** Inzenjering o bujic nimtokovima i eroziji. Izgradnja (special issue), PPT, Beograd. Serbia.
- Staut, M. (2004).** Recent erosional processes in the catchment of the Dragonja river.Unpublished graduate thesis. Faculty of Arts, University of Ljubljana, Ljubljana.(InSerbian)
- Toy, T. J. et al. (2002).** Soil Erosion : Processes, Prediction, Measurement, and Control. John Wiley & Sons.
- Wischemeier, W. H., & Smith, D. D. (1978).** Predicting Rainfall Erosion Losses, A Guide to Conservation Planning. Agriculture Handbook No. 537, Department of Agriculture, Science and Education Administration.
- Zorn, M. and B. Komac (2009).** Response of soil erosion to land use change with particularreference to the last 200 years (Julian Alps, Western Slovenia). Revista de geomorfologie – vol. 11, 2009, pp. 39-47.

---

## Revue Territoires Environnement et Développement

ISSN: 2820-7173

Vol2 NO 2 (2023) ISSN: 2820-7173

