

Évaluation de l'érosion des sols par le modèle RUSLE à l'aide de la télédétection et du SIG - Étude de cas du bassin de Boussalem Algérie

Elhadj Mokhtari¹

Département d'hydraulique, Faculté de technologie, université Mohamed Boudiaf de M'sila. Algérie.

E-mail : hadjmokhtari@gmail.com

Résumé :

L'objectif de ce travail est d'estimer les pertes en sol par érosion au niveau du bassin versant de l'Oued Boussellam dans le Nord-est de l'Algérie par l'utilisation des Systèmes d'Information Géographique. Le modèle de Wischmeier a été adopté pour la modélisation des principaux facteurs impliqués dans les phénomènes érosifs. Le bassin versant de Boussellam s'étend sur une superficie de 4296 Km², de forme allongée du Sud -est au Nord -ouest. La confrontation des différentes cartes de ces paramètres a permis de déduire la carte d'érosion à partir de laquelle, il ressort que le phénomène d'érosion touche l'ensemble du bassin versant de Boussellam mais à des niveaux différents. Ainsi, le taux moyen des pertes en sol est de 6.35 t/ha/an. Les taux d'érosion diffèrent d'une zone à l'autre du bassin versant, selon l'influence des différents facteurs qui contrôlent l'érosion. La répartition des pertes en terre n'est pas proportionnelle aux surfaces ; en effet, 3.73% de la surface du bassin contribuent à 33.73 % des pertes totales.

Mots-clés : Bassin versant Boussellam, érosion, modèle RUSLE, SIG. Télédétection, Algérie

Assessment of soil erosion by RUSLE model using remote sensing and GIS - Case study of Boussalem Basin Algeria

Abstract :

The objective of this work is to estimate soil losses by erosion at the Oued Boussellam watershed in northeastern Algeria through the use of Geographic Information Systems. The Wischmeier model has been adopted for modeling the main factors involved in erosive phenomena. The Boussellam watershed extends over an area of 4296 square kilometers, elongated from south-east to north-west. The comparison of the different maps of these parameters made it possible to deduce the erosion map from which, it appears that the erosion phenomenon affects the whole area of the Boussellam watershed but at different levels. Thus, the average rate of soil losses is 6.35 t / ha / year. Erosion rates differ from one area of the watershed to another, depending on the influence of the different factors that control erosion. The distribution of soil losses is not proportional to the areas; in fact, 3.73% of the basin area contributes to 33.73% of total soil losses.

Key Words: Boussellam watershed, erosion, RUSLE model, GIS. Teledetection, Algeria.

1.Introduction

L'érosion des sols est un processus naturel qui est sans doute largement responsable de la géomorphologie actuelle. Le terme érosion des sols ne peut être utilisé dans un contexte de menace ou de risque que s'il s'agit d'une érosion accélérée, au-delà des taux modérés, suite à des facteurs anthropiques, qui causera la perte d'une ou de plusieurs fonctions du sol. L'érosion hydrique constitue le principal facteur de la dégradation de la ressource sol. Les études réalisées au Maghreb montrent que la dégradation des sols touchent 40 % des terres au Maroc (FAO, 1977 ; Allili, 2015), 45 % en Tunisie (Chevalier et al., 1995 ; Boussema, 1996) et 45 % des zones telliennes en Algérie (Chebbani et al., 1999), soit 12 millions d'hectares.

Dans la région du Maghreb dont les potentialités en eau et en sol sont sérieusement menacées (Heush, 1971 ; Demmak, 1982 ; Lahlou, 1994 ; Touaibia et al., 2001 ; Meddi, 1992 ; Terfous et al., 2003 ; Allili et al., 2015), les quantités de sédiments transportés en suspension susceptibles de se déposer dans le littoral méditerranéen des côtes algériennes sont estimées à 47 millions tonnes par an.

La détection des zones érodées, ainsi que l'évaluation des facteurs qui contrôlent l'érosion et ses caractéristiques, sont des tâches complexes mais pouvant être résolues avec l'intégration de plusieurs sources de données (données spatiales, mesures et enquêtes sur le terrain et images satellitaires) dans des systèmes de traitement géo-spatial, tels que les GIS (Markhi et al., 2015).

L'approche par télédétection et SIG est utilisée pour spatialiser des modèles ponctuels d'évaluation de l'érosion, et pour l'intégration des différentes informations et la cartographie des résultats. Elle constitue un outil d'aide à la décision en permettant la localisation des zones prioritaires et de proposer des scénarios d'intervention.

2. MATERIEL ET METHODES

2.1. Présentation de la zone d'étude

Le bassin versant de l'Oued Boussellam fait partie du bassin versant de Oued Soummam est situé au Nord-est du pays entre 3° 60' et 5° 55' de longitude Est et entre 35° 75' et 36° 75' de latitude Nord. S'étend sur une superficie de 4296 Km² (Fig 1).

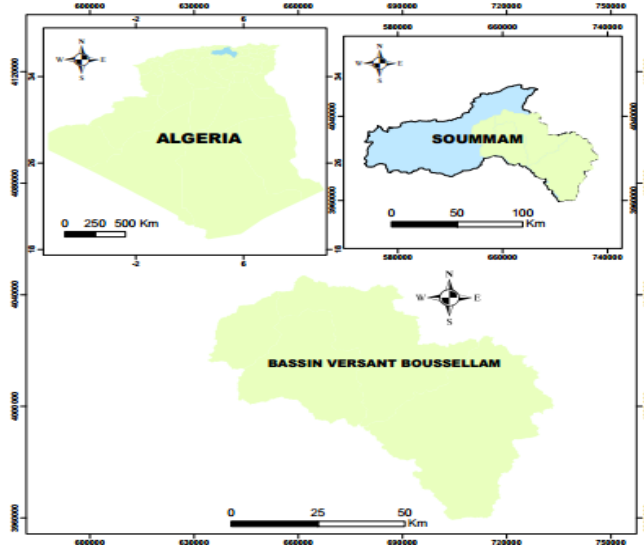


Fig.1. Location du bassin versant Boussellam

2.2. Méthode d'évaluation de l'érosion

Plusieurs modèles d'érosion des sols existent avec différents degrés de complexité. Même si une grande variété de modèles est disponible pour l'estimation du risque d'érosion, la plupart demande tellement de données-sources que leur application à l'échelle régionale devient un problème. L'équation bien connue USLE (Wischmeier et Smith, 1978) a été utilisée car c'est le modèle qui demande le moins de données-sources, et il a été appliqué largement à toutes les échelles (Fistikoglu et al, 2002).

Fondamentalement, USLE a l'avantage de fournir des estimations à long terme de moyenne de perte annuelle de sol à partir de petites zones et est considéré comme un « bon modèle » si le but de la modélisation est d'arriver à des estimations globales de l'érosion des sols.

Cependant, le modèle est limité dans le sens où il ne peut pas simuler l'érosion du lit de dépôt, ou en ravin (Foster, 1988).

L'Equation universelle de pertes en sol (Wischmeier et Smith, 1978) s'applique à la quantification des pertes en sol par érosion en nappe et en rigole. C'est une fonction multiplicative des cinq facteurs qui contrôlent l'érosion hydrique: agressivité climatique, érodibilité des sols, inclinaison et longueur de pente, occupation des sols et pratiques antiérosives:

$$A = R * K * LS * C * P \quad (1)$$

Les unités de la perte de sol annuelle moyenne (A) sont portées par les facteurs R et K. Ces deux facteurs représentent la cause de l'érosion des sols. Le facteur R représente érosivité de la pluie, ou le pouvoir érosif de la pluie sur le sol quel que soit son type. Le facteur K représente l'érodibilité du sol, ou dans la mesure où le type de sol spécifique résiste aux forces érosives.

La méthodologie suivante a été utilisée pour générer les grilles des facteurs du modèle RUSLE (Fig 2).

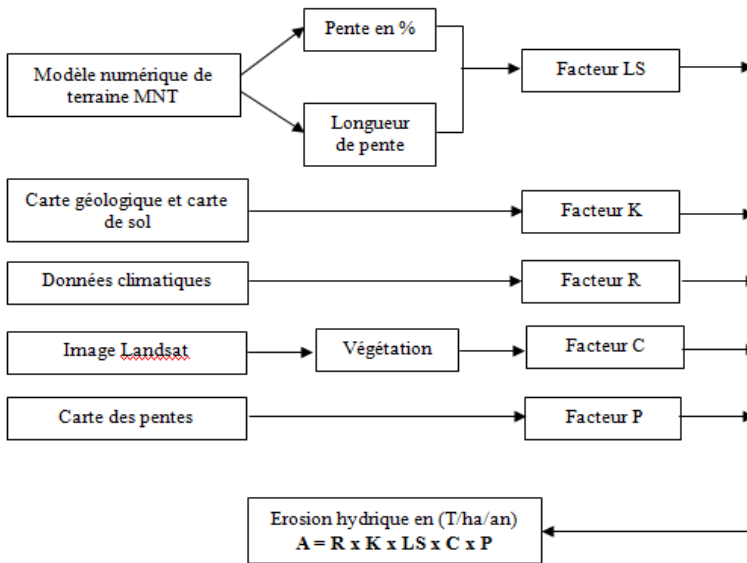


Fig. 2. Méthodologie adoptée pour l'évaluation de l'érosion hydrique dans le bassin versant de l'Oued Boussellam (Soummam) par le modèle RUSLE

3. RESULTATS ET DISCUSSION

RUSLE est la combinaison de six facteurs spécifiques qui décrivent les caractéristiques du bassin versant.

Le facteur R est le facteur climatique déterminant la force érosive des précipitations sur le sol. Il considère les différences régionales du climat selon le type, l'intensité et la fréquence des précipitations. Hudson (1981) définit l'érosivité comme étant la capacité potentielle de la pluie pour produire de l'érosion, souvent attribuée à ses caractéristiques physiques.

Le facteur topographique LS regroupe les effets de la longueur L et de l'inclinaison S de la pente sur l'érosion (Renard et al., 1997). La longueur de pente conditionne la vitesse de

ruissellement et le transport des particules croît en fonction de la longueur de la parcelle (McCool et al., 1989).

L'érodibilité d'un sol K se traduit par la résistance inhérente au détachement et au transport des particules par l'eau. Les paramètres intrinsèques du sol (stabilité structurale, croûte de battance, état dispersé, matière organique, texture) contribuent largement à influencer la sensibilité des sols à l'érosion (Roose et Sarrailh, 1990). Le facteur K est fonction de la texture, la teneur du sol en matière organique, et la perméabilité du sol. Le facteur K a donc été calculé à l'aide du tableau de correspondance de Stone et Hilborn (2000) permettant ainsi de déduire à partir de la texture les valeurs d'érodibilité des sols.

Pratique anti-érosive P Les cultures en courbes de niveau, en bandes alternées ou en terrasses, les reboisements en banquettes, le buttage et le billonnage sont les pratiques les plus efficaces de conservation des sols. Les valeurs de P sont inférieures ou égales à 1. La valeur 1 est attribuée aux terrains sur lesquels aucune des pratiques citées n'est utilisée. Les valeurs de P varient selon la pratique adoptée et aussi selon la pente. Dans tout le bassin versant de l'oued Boussellam, il n'y a pas d'aménagements anti-érosifs, et les agriculteurs n'utilisent pas de pratiques culturales anti-érosives. Les cultures sont surtout céréalières et les labours sont rarement parallèles aux courbes de niveau. Il y a quelques essais de réhabilitation des forêts par des reboisements mais pas en banquettes. Dans ce contexte, la valeur $P = 1$ a été attribuée à toute la superficie du bassin.

Le facteur couvert végétal C est le second facteur le plus important qui contrôle le risque d'érosion des sols (Kalman, 1967). L'occupation des terres et la végétation sont en rapport avec d'autres facteurs tels que: la topographie, la géologie, les sols, le climat et les caractéristiques hydrologiques. L'occupation du sol, sauf dans les endroits éloignés, est en rapport direct avec les activités humaines. Les activités qui ont la plus grande influence sur l'érosion des sols sont l'agriculture, l'élevage, les exploitations minières, l'abattage du bois, la construction de routes et l'urbanisation (White, 1986).

L'intégration des couches thématiques des facteurs du modèle RUSLE dans le SIG permet de cerner l'impact de chaque facteur dans les pertes en sol, de classer par importance relative les zones d'érosion, et de quantifier les pertes en sol dans le bassin. La détection des zones érodées, ainsi que l'évaluation des facteurs qui contrôlent l'érosion et leur caractéristiques, sont des tâches complexes mais pouvant être résolues avec l'intégration de plusieurs sources de données (données spatiales, mesures et enquêtes sur le terrain et images satellitaires) dans des systèmes de traitement géo-spatiale, tels que les systèmes d'information géographique (SIG). (Fig. 3).

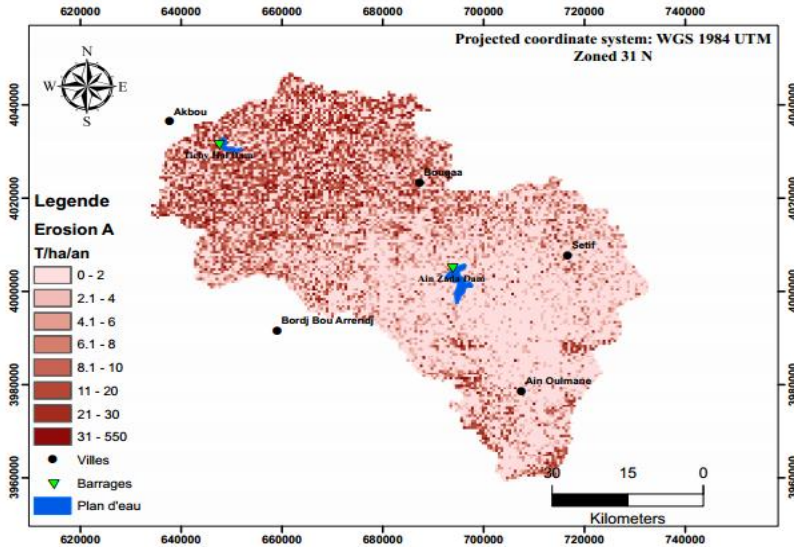


Fig. 3. Carte d'érosion hydrique du bassin versant de l'Oued Boussellam

La perte moyenne par érosion hydrique en nappes pour l'ensemble du bassin versant est d'environ 6.35 t/ha/an. Les pertes maximales et minimales par unité sont respectivement de 550 t/ha/an et de 0.0 t/ha/an. Les pertes totales annuelles du bassin sont de 2727960 t/an. Les taux d'érosion diffèrent d'une zone à l'autre du bassin versant, selon l'influence des différents facteurs qui contrôlent l'érosion.

L'application du modèle RUSLE donne des résultats relativement très fiables qui peuvent apporter une aide précieuse, aux décideurs et aménageurs du territoire dans le but de simuler des scénarios d'évolution et par suite cibler les zones prioritaires qui nécessitent des actions de conservation et de lutte contre l'érosion.

Les taux d'érosion diffèrent d'une zone à l'autre du bassin versant, selon l'influence des différents facteurs qui contrôlent l'érosion. La répartition des pertes en terre n'est pas proportionnelle aux surfaces ; en effet, 3.73% de la surface du bassin contribuent à 33.73 % des pertes totales (Fig.4).

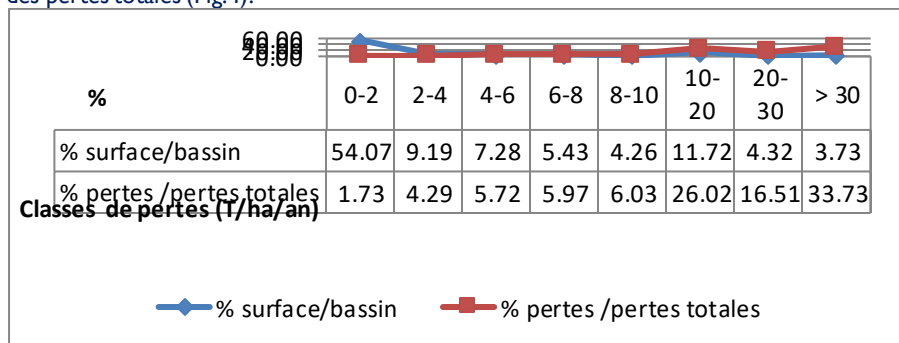


Fig.4. Répartition des pertes en sols dans le bassin versant de l'oued Boussellam

4. CONCLUSION

Le problème de l'érosion des sols abordé au travers de l'équation de Wischmeier & Smith s'applique aisément au GIS par la comptabilité entre RUSLE et l'algèbre de carte (Khali Issa et al., 2016). Le GIS permet de gérer d'une façon rationnelle une multitude de données à

référence spatiale, relatives aux différents facteurs de la dégradation des sols, ce qui nous a permis de conclure que ces facteurs principaux (R, LS, K, C, P) influencent l'érosion hydrique.

L'application du modèle RUSLE donne des résultats relativement très fiables qui peuvent apporter une aide précieuse, à coûts très bas, aux décideurs et aménageurs du territoire dans le but de simuler des scénarios d'évolution, et par suite cibler les zones prioritaires qui nécessitent des actions de conservation, de protection du milieu naturel et de lutte contre l'érosion.

References

- [33] Allili C, Laigne BI, Adjeroud N, Bir H, Madani K .2015. Particulate Flow at the Mouth of the Soummam Watershed (Algeria), *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 35 (1) (2015) 204 – 211.
- [34] Boussema, 1996. Système d'information pour la conservation et la gestion des ressources naturelles ; Colloque International sur le rôle des technologies de télécommunication et de l'information en matière de protection de l'environnement, Tunis, 1-2 Novembre 1994, P.P.64-70.
- [35] Brown R B .2003. Soil Texture, Soil and Water Science Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, Fact Sheet SL29, 8 p.
- [36] Chebbani, R., et al, 1999. Etude des risques d'érosion dans le bassin versant Isser, Algérie. *Bulletin Réseau Erosion* 19 : 85-95.
- [37] Chevalier, J.J., et al 1995. Système d'aide à la planification pour la conservation des eaux et des sols (Tunisie). Système d'information géographique utilisant les données de télédétection. Act du colloque scientifique international, Hammamet. Tunisie, 1-2 Novembre 1994, 4-12
- [38] Demmak A .1982. Contribution à l'étude de l'érosion et des transports solides en Algérie septentrionale. Thèse de Dr. Ing., Université de Pierre et Marie Curie, Paris XI. (in French)
- [39] Eidenshink C .1992. The 1990 Conterminous US AVHRR Data Set. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol. 58, No. 6, pp. 809-813.
- [40] FAO, 1977. Assessing soil degradation. *Soils Bulletin*, vol.34, 83p
- [41] Heusch, B., 1971. Une méthode pour estimer l'écoulement et l'érosion dans un bassin versant .Aplication au Maghreb.mines et géologie, Rabat .
- [42] Kustas W P et all .1993. Relationships between evaporative fraction and remotely sensed vegetation index and microwave brightness temperature for semiarid rangelands. *Journal of Applied Meteorology*. 32, pp. 1781-1790.
- [43] McColl C, Aggett G .2006. Land use forecasting and hydrologic model integration for improved land use decision support, *Journal of Environmental Management*, 84 (4) 494-512.
- [44] Markhi. A., et al , 2015. Quantification et évaluation de l'érosion hydrique en utilisant le modèle RUSLE et déposition intégrés dans un SIG. application dans le bassin versant n'fis dans le haut atlas de marrakech (maroc), *European Scientific Journal* October 2015 edition vol. II, No.29
- [45] Meddi, M., 1992. Hydropluviométrie et transport solide dans le bassin versant de l'oued Mina .Thèse unique, Université louis Pasteur.
- [46] Stone R.P, Hilborn D.2000. Equation universelle des pertes en terre (USLE).*SoilErosion.WaterResources Management* 16: 447–467, 2002.
- [47] Shin G J .1999.The analysis of soil erosion analysis in watershed using GIS", Ph.D. Dissertation, Department of Civil Engineering, Gang-won National University.

- [48] Terfous, A., Megnounif, A., Bouanani A., 2003. Détermination des dégradations spécifiques dans trois bassins versants des régions méditerranéennes. IAHS pub. n° 278 , 366-372.
- [49] Touaibia, B., Gomer.D, Aidaoui.A et Achite, 2001. Quantification et variabilité temporelles de l'écoulement solide en zone semi aride, de l'Algérie du Nord . journal des science hydrologique. 46(1), 41-53.
- [50] Wischmeier W H, Smith D D .1978. Predicting Rainfall Erosion losses, Agriculture Handbook no. 57, US Department of Agriculture. Washington DC. USA. 58p.,
- [51] White W R .1986. Problèmes d'érosion, transport solide et sédimentation dans les bassins versants, Projet 5.3 du programme hydrologique international, 155 pages.