

## **Analyse Diachronique du Ravinement en Milieu Semi-Aride : cas du Bassin Versant M'silah à Kairouan**

MENJLI Mahfoudh <sup>(1)</sup>, KHLIFI Slaheddine <sup>(2)</sup>, HADJ AMMAR Souheib <sup>(2)</sup>,  
ARFA Hajer <sup>(1)</sup> et BOUFAROUA Mohamed <sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup> CNEA, Min. Agric. Res. Hydr., 30 A. Savary -Belvédère 1002 Tunis, me\_mahfoudh@yahoo.fr

<sup>(2)</sup> Dpt Envir. Aménag., ESIER Medjez, Route du Kef km 5, Tunisie, 9070, skhlifi@ulb.ac.be

<sup>(3)</sup> DG/ACTA, Min. Agric. et Res. Hydr., 30 A. Savary- Belvédère 1002 Tunis,  
mohamed.boufaroua@topnet.tn

### **Abstract**

Erosion phenomena in arid and semi arid areas of the Mediterranean Region constitute a very severe problem. Soil degradation causes an important reduction of arable and grazing land, accelerates sedimentation of reservoirs, and reduces forestry and livestock production. This paper focuses on gulling dynamics in arid region located in central Tunisia. The temporal assessment of the stream is made into two watersheds: M'silah, which is managed by water and soil conservation techniques, and El Hamra used as a control site. This study was performed for the period ranging from 1974 to 2000. The number of the gullies, their length, the confluence ratio and the gulling density were used as indicators to appreciate the stream network shifting. The data show an increase of these parameters indicating that gulling process is severe. Its dynamic was faster in the control site than that of the managed zone. In fact, the water and soil conservation systems could reduce the increase of the gulling process.

### **Introduction**

L'érosion hydrique est un phénomène répandu dans les différents pays du bassin méditerranéen et continue à prendre de l'ampleur au niveau des régions à pente raides à cause des précipitations torrentielles, de la vulnérabilité des substrats (sols fragiles et superficiels et roches tendres), du couvert végétal dégradé associé à un surpâturage et d'une manière générale des activités humaines mal adaptées : déforestations, mauvaise conduite des travaux agricoles,... (Boukheir et al., 2001 ; Roose et De Noni, 1998 ; Troeh et al., 1999 ; Wischmeier et Smith, 1978). L'examen des ressources en sol des pays méditerranéens montre qu'elles sont, souvent, squelettiques et décapées par les divers processus érosifs et le paysage apparaît comme des versants disséqués par les torrents et des plaines lacérés par les ravines (Roose, 1991). Le risque d'apparition de l'érosion linéaire est plus élevé au niveau des versants à pentes ayant une longueur assez importante (Poesen, 1993). Peu d'études ont pris en considération le ravinement dans les études de l'érosion à la parcelle (Vandaele et al., 1995 ; Ries et al., 2001 ; Poesen et al., 1998). Des travaux antérieurs ont mis l'accent sur la contribution du ravinement comme source de sédiments au niveau des terres cultivées. L'évaluation des pertes en terres montre que la contribution au ravinement varie du 1/3 au 3/4 du volume des sédiments selon les sites au niveau de la région du sud-est du Portugal (Vandekerckhove et al., 1998).

En Tunisie, à cause de l'érosion hydrique, les pertes en sol sont estimées à 15 000 ha/an, ce qui met en danger la production agricole du pays (Bannour et al., 1980). La quantification de l'érosion a montré que les pertes en sol au niveau des petits bassins versants dans les zones semi arides de la Tunisie varient de 1 à 18 m<sup>3</sup>/ha/an (Boufaroua et al., 2000). Les travaux de Bouchnak et al. (2001) ont permis d'identifier les unités lithologiques les plus sensibles au ravinement à travers les bassins versants des oueds El Hammam et Rmel en Tunisie Centrale. Cette région a bénéficié de plusieurs générations d'intervention antiérosive. Il serait intéressant

d'évaluer l'impact de ces travaux sur le contrôle du développement du ravinement. Par ailleurs, l'analyse diachronique de l'état du ravinement permettrait d'appréhender leur incidence.

### **Dispositif d'observation et méthode**

Le bassin versant de l'étude a une superficie de 1 570 ha, localisé, sur le versant sud de la Dorsale tunisienne, à environ 50 km à l'Ouest de la ville de Kairouan. Il est caractérisé par un bioclimat aride supérieur de pluviométrie moyenne de 300 mm/an. Les pentes sont faibles à moyennes et le système de culture correspond à des plantations qui sont dans la majorité de nature oléicole. Ce périmètre a bénéficié d'anciens travaux antiérosifs diversifiés. Pour apprécier l'impact des travaux antiérosifs sur la dynamique du ravinement, un bassin versant témoin non aménagé et ayant le même système cultural que le site aménagé, a été identifié ; il s'agit du bassin versant de l'oued el Hamra, d'une superficie de 68 ha.

L'évaluation de l'état du ravinement a été appréciée par l'analyse des photographies aériennes entre deux dates. Les couches du ravinement des deux bassins versants ont été vectorisées pour chacune des deux dates. En effet, la zone d'étude est couverte par deux missions réalisées en 1974 à l'échelle 1/25 000 (TU359/250) et en 2000 à l'échelle 1/20 000 (DG/Forêts-2000). Les clichés ont été scannés, géo-référencés et ortho-rectifiés moyennant *ERDAS* (version 7.8). La vectorisation est réalisée sous *ArcMap* (version 8.3). Les cours d'eau ont été arrangés selon la classification de Strähler (1952). Les paramètres recherchés pour l'évaluation de la dynamique du ravinement sont la longueur et le nombre de ravins, la densité du ravinement et le rapport de confluence. Une analyse comparative de ces paramètres est effectuée entre le bassin versant d'Oued M'silah et le site témoin d'Oued El Hamra.

### **Résultats et discussion**

En 1974, la classification des ravins atteint l'ordre 7 dans le bassin versant M'silah et l'ordre 5 dans le bassin Oued El Hamra (témoin). La densité des ravins est décroissante en passant d'un ordre à un autre supérieur. Les ravins du bassin versant M'silah comptaient 6 870 et avaient une longueur totale de l'ordre de 287 800 m, soit 41,9 m/ravin. La longueur unitaire des ravins varie de 1,9 m à 5 184 m. La densité de drainage est de 183 ml/ha. Le plus grand nombre de ravins est observé dans l'ordre primaire où la longueur totale est de 163 000 m pour 5 017 ravins, soit 32,5 m/ravin. Pour le second ordre, les ravins comptent 1 436 avec une longueur totale de 62 773 m, soit 43,7 m/ravin. Les ordres 3, 4 et 5 ont des longueurs respectives de 29 500 m, 16 000 m et 11 000 m et comprennent 338, 62 et 13 ravins. Les longueurs moyennes de ces ordres sont 87,3 m, 258,3 m et 848,2 m. En 1974, le ravin le plus long du bassin versant de M'silah correspond à l'ordre 5. Les ravins d'ordre 6 sont au nombre de 3 pour une longueur de 3 300 m, soit 1 100 m/ravin. L'ordre 7, le talweg déversant à l'exutoire du bassin versant, a une longueur de 2 150 m.

Les ravins du bassin versant Oued El Hamra, témoin, étaient au nombre de 150 et d'une longueur totale de l'ordre de 9 600 m, soit de 64,2 m/ravin. La densité de drainage est de 141,2 ml/ha. Comme dans le cas du bassin versant M'silah, les ravins de celui d'El Hamra sont dominés par l'ordre primaire où la longueur totale est de 5 930 m pour 115 ravins, soit 51,6 m/ravin. Pour le second ordre, les ravins comptent 28 avec une longueur totale de 2 085 m, soit 74,5 m/ravin. Les ravins d'ordre 3 sont au nombre de 6 et d'une longueur totale de 692 m, soit 115,4 m/ravin. L'ordre 4, le talweg principal, a une longueur de 920 m.

En 2000, la classification des ravins atteint l'ordre 7 dans le bassin versant M'silah et l'ordre 5 dans celui d'El Hamra. Pour le bassin versant de M'silah, le nombre total des ravins est de 13 871 qui totalisent une longueur de 353 900 m. La densité de drainage est estimée à 225,8 ml/ha. L'unité témoin compte 498 ravins d'une longueur totale de 18 300 m. La densité de drainage est de 269,1 ml/ha. Comme en 1974, la densité des ravins est décroissante en

passant d'un ordre à un autre supérieur. Les ravins d'ordre primaire du bassin versant M'silah comptaient 9 860 et avaient une longueur totale de l'ordre de 191 000 m, soit 19,4 m/ravin. La longueur des ravins primaires varie de 1,21 m à 413,9 m et le rapport de confluence est évalué à 3,5. Pour le second ordre, les ravins comptent 3 065 avec une longueur totale de 83 930 m, soit 27,4 m/ravin. Les ordres 3, 4 et 5 ont des longueurs respectives de 39 100 m, 16 900 m et 16 700 m et comprennent 752, 159 et 27 ravins. Les longueurs moyennes de ces ordres sont, respectivement, 52 m, 105,4 m et 590,6 m. Les ravins d'ordre 6 sont au nombre de 5 pour une longueur de 3 890 m, soit 771,8 m/ravin. L'ordre 7, le talweg principal, a une longueur de 2 314 m soit le plus long ravin.

Les ravins du bassin versant Oued El Hamra était 498 et d'une longueur totale de l'ordre de 18 300 m, soit 36,7 m/ravin. Ils sont dominés par l'ordre primaire où la longueur totale est de 9 990 m pour 360 ravins, soit 27,8 m/ravin. Pour le second ordre, les ravins comptent 106 avec une longueur totale de 4 860 m, soit 45,8 m/ravin et un rapport de confluence de 2,25. Les ravins d'ordre 3 sont au nombre de 25 et d'une longueur totale de 1 880 m, soit 75,2 m/ravin et un rapport de confluence de 6,4. L'ordre 4 compte 6 ravins d'une longueur totale de 566 m, soit une longueur unitaire 94,3 m et un rapport de confluence de 4,2. L'ordre 5, le talweg principal, a une longueur de 935 m.

En 1974, le nombre était de 4,38 ravins/ha et 3,66 ravins/ha pour les deux bassins versants de M'silah et d'Oued El Hamra. En 2000, il atteint 8,85 ravins/ha dans le bassin versant de M'silah et 12,15 ravins/ha dans celui de l'Oued El Hamra indiquant un accroissement plus élevé du système ravinaire au niveau du bassin versant témoin comparé à celui traité. En effet, cette augmentation est évaluée à 102% et 230%, respectivement, pour la période de suivi. En situation de référence, la longueur unitaire des ravins était de 183,6 ml/ha pour le bassin versant de M'silah et de 234,81 ml/ha pour celui d'Oued El Hamra ; alors qu'en 2000, elle passe à 225,8 ml/ha et 444,6 ml/ha, indiquant un développement du ravinement plus important dans la zone témoin se traduisant par une augmentation en longueur, évaluée à 28% l'unité de M'silah et 96% pour celle d'Oued El Hamra. Par ailleurs, le taux d'accroissement annuel est estimé à 0,88 ml/ha/an et 3,44 ml/ha/an respectivement. Cette dynamique intense du ravinement confirme les travaux antérieurs de Bouchnak et al. (2001), surtout celle observée dans le bassin versant témoin.

La différence, entre de la dynamique du ravinement à M'silah et à El Hamra, paraît être en rapport avec la présence des aménagements anti-érosifs dans le bassin versant M'silah, permettant ainsi d'atténuer les effets des écoulements de surface et par conséquent le ralentissement du développement du ravinement. Les premières interventions en matière de lutte contre l'érosion remontaient aux années 1960 ; elles ont été suivies par des travaux de terrassement au cours des années 1980, ainsi que les travaux de réfection et de réhabilitation des anciennes réalisations, dans le cadre de l'aménagement du bassin versant Marguellil pour la protection de la retenue el Hwareb (Dridi, 2000). Ils correspondent à des banquettes mécaniques, des plantations pastorales et de correction de ravins se traduisant par un taux d'aménagement de 70% du bassin versant M'silah. Des corrélations entre le développement du ravinement et la pente (Poesen, 1993), les conditions climatiques et hydrologiques, surtout les intensités des précipitations, des bassins de drainage (De Ploy, 1990) et la lithologie du bassin versant (Bouchnak et al., 2001) ont été établies.

La dynamique du réseau hydrographique a touché les quatre premiers ordres, ayant connus un transfert de l'un à un autre comme conséquence de l'apparition des ravins primaires et au reclassement des autres. Le premier ordre a augmenté de 3,09 ravins/ha pour le bassin versant de M'silah et de 5,98 ravins/ha pour celui du témoin alors que l'accroissement en longueur est de 107,54 m pour le premier et de 100,03 m pour le second. Ceci pourrait être en rapport avec

l'apparition de nouveau ravin et au reclassement des anciens ravins primaires en secondaires. Le deuxième ordre a connu une augmentation de 1,04 ravins/ha pour le bassin versant M'silah et de 1,91 ravins/ha pour celui d'El Hamra. L'augmentation en longueur est de 49,5 m à 67,55 m. Les ordres 3, 4 et 5 ont connu des augmentations en nombre et en longueur, plus faible, dans le même sens que ce qui précède.

## Conclusion

L'analyse diachronique montre une dynamique du ravinement intense au niveau de la zone d'étude. Les paramètres retenus dans la présente étude indiquent l'accélération du processus de ravinement et de sa hiérarchisation. En dépit des aménagements anti-érosifs, destinés à atténuer la généralisation et la ramification du réseau hydrographique, le ravinement reste actif. Toutefois, les aménagements anti-érosifs permettent de limiter l'extension du phénomène en nombre et en longueur. Cependant, l'examen d'autres paramètres tel que la taille des ravins, les superficies de drainage, les pentes critiques,... pourra aider à mieux appréhender la dynamique du ravinement.

## Références bibliographiques

- Bannour H., Bonvallot J., Hentati A. et Selmi S. 1980. Etude de l'érosion en Tunisie du Nord et du Centre. Sols de Tunisie 11 : (1-95)p.
- Bouchnek H., Mannoubi-Sfar F., Boussema M. R. et Snane M. H. 2001. Etude de l'évolution du ravinement par unité lithologique dans deux bassins versants en Tunisie centrale, IX<sup>ième</sup> journées de télédétection,
- Boufaroua M., Albergel J. et Pépin., Y. 2000. Erosion et transport solide dans les petits bassins des lacs collinaires dans les zones semi arides de la Tunisie. Proceeding of the fifth international conference on the geology of the Arab World (1209-1216)p.
- Boukheir R., Girard M.C., Khawlie M. et Abdallah C. 2001. Erosion hydrique des sols dans les milieux méditerranéens : une revue bibliographique. Etude et gestion des sols 8 :(231-245)p.
- De Ploey J. 1990. Threshold conditions for thalwegs gulling with special reference to loess areas. In Brayon R. B. (eds) Soil erosion-Experiments and models, Catena suppl 17 (147-151)p.
- Dridi B. 2000. Impact des aménagements sur la disponibilité des eaux de surface dans le bassin versant du Marguellil (Tunisie Centrale). Thèse de Doctorat de l'Université de Louis Pasteur (Strasbourg I), France 194 pages.Hilborn, 1996.
- Poesen J. 1993. Gully typology and gully control measures in the European loess belt. In: Wisherek (Editor). Farm Land Erosion in Temperate Plains Environments and Hills. Proc. St. Cloud Symp. Elsevier Amsterdam (221-239)p.
- Poesen J., Vandaele K. and Van Wesemael B. 1996. Contribution of gully erosion to sediment production on cultivated lands and rangelands. Proceedings of the symposium: Erosion and sediment yield-global and regional perspectives. July 1996. IAHS Publ. 236 :(251-266)p.
- Ries J.B. and Marzolf I. 2003. Monitoring of gully erosion in the Central Ebro basin by large-scale aerial photography taken from a remotely controlled blimp. Catena 50:(309-328)p.
- Roose E. 1991. Conservation des sols en zones méditerranéennes. Synthèse et proposition d'une nouvelle stratégie de lutte antiérosive : la GCES. Cahiers de l'ORSTOM, Série Pédol. Vol. XXVI (2) : (145-181)p.
- Roose E. et De Noni G. 1998. Apport de la recherche à la lutte antiérosive : bilan mitigé et nouvelle approche. Etude et gestion des sols 5 :(181-194)p.
- Strahler A. N. 1952. Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. Geol. Soc. America Bull. 63: (1117-1142)p.
- Troeh F. R., Hobbs J. A. and Donahue R. L. 1999. Soil and water conservation: productivity and environmental protection. Third Edition Prentice Hall Inc. New Jersey. 610p.
- Vandekerckhove L., Poesen J, Oostwoud Wijdenes D. and de Figueiredo T. 1998. Topographical thresholds for ephemeral gully initiation in intensively cultivated areas of the Mediterranean. Catena 33: (271-292)p.
- Vandaele K., Poesen J., Marques da Silva J.R. and Desmet P. 1995. Assessment of factors controlling ephemeral gully erosion in Southern Portugal and Central Belgium using aerial photographs. Z.G geomorph. 41 (3) :(273-287)p.
- Wischmeier W. H. and Smith D. D. 1978. Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning. US Dep. Agric., Agric. Handbook n° 537.