

ESTIMATION DU RAVINEMENT DANS LE BASSIN VERSANT DE NAKHLA (RIF OCCIDENTAL, MAROC)

**Mustapha NAIMI*, M'Hammed TAYAA, Said OUZIZI,
Reddouane Choukr-llah et Mario KERBY**

*Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat, Maroc
BP. 6202 – Madinat Al Irfane – Rabat, MAROC
courriel : m.naimi@iav.ac.ma

Résumé

L'objectif de cette recherche est l'estimation des pertes en sol par ravinement dans un petit bassin cultivée de 5,2 ha, situé à l'amont du bassin versant de Nakhla. Le suivi des incisions, aussi bien dans le plan horizontal que vertical a été réalisée à l'aide de levés topographiques. Les résultats de ce monitoring montrent une perte totale en sol de 187 tonnes, soit 35,95 tonnes par hectare pour la période allant du 28/11/1997 au 12/06/1998 et pendant laquelle, des précipitations de 680 mm ont été enregistrées. Parmi les facteurs testés (topographie, granulométrie, structure et matière organique), ce sont la pente et la stabilité structurale qui expliquent le mieux les pertes par ravinement. L'action de la pente est prépondérante dans l'activité des ravines, à partir d'une déclivité de 20 % et la stabilité structurale des sols explique la variabilité des pertes ($R^2 = 0,50$).

Mots-clés : Maroc, Rif occidental, Quantification, Suivi, Ravinement.

Abstract

The aim of this research is to quantify soil loss by gullying in a 5.2 ha agricultural land, located upstream the Nakhla watershed. The follow-up of linear erosion both vertically and horizontally was achieved by topographic survey. Results of this monitoring show that total soil loss are of 187 tons, that is 35,95 tons per hectare for the period between 28/11/1997 and 19/05/1998, and during which, a rainfall amount of 656 mm was recorded. Among the tested factors (topography, particle size, soil structure and organic matter), the slope and the structural stability are the factors that best explain soil loss by gullying. The effect of slope is major for terrain slopes of 20 % and more and the structural stability explains 50 % of the variability of soil losses ($R^2 = 0,50$).

Key-words : Gully erosion, monitoring, soil loss estimation.

INTRODUCTION

Dans les montagnes du Rif, l'érosion par ravinement est la forme dominante de l'érosion du sol. Les dégâts causés sont importants d'autant plus que la stabilisation et la réparation de cette forme d'érosion sont très coûteuses. Comme pour les autres processus de l'érosion hydrique, cette forme d'érosion déprécie considérablement la valeur et la productivité des terres agricoles. Les ravins et les ravines, prépondérants dans la région rifaine (Maurer, 1962), sont responsables de la mobilisation et du transport des sédiments vers l'aval des bassins versants. En plus de leur contribution substantielle à l'envasement des barrages, ils occasionnent une perte directe du patrimoine foncier. Malgré l'évidence des effets néfastes de ravinement sur la productivité des terres, les résultats et les données qui décrivent cette relation sont très fragmentaires et inadéquats pour permettre la prise de décisions qui sauvegarderait le sol et qui seraient partagées par les paysans, politiciens et aménagistes. L'étude de l'érosion dans la vallée de Béni Boufrah (Rif Oriental) par exemple a montré que le ravinement est responsable de la perte de 2 % des terres agricoles (Pascon et al., 1983).

Dans le nord du Maroc, le paysage est marqué par un ravinement des versants, que les pratiques culturales ne peuvent pas effacer. La nature tendre des marnes et la déclivité du relief favorisent l'extension de cette forme linéaire de l'érosion ; autant de raisons pour qu'il puisse être dense et actif dans la plupart des bassins versants. Une étude turbidimétrique de l'érosion dans le bassin de Nakhla a montré que les terrains de cultures représentent la source prépondérante de l'envasement du barrage. En effet, malgré qu'ils ne représentent que 25 % du bassin versant, ces terrains contribuent à plus de 30 % dans l'envasement total pour la période 1979 - 1987 (Tayaa, 1997).

Parallèlement à cela, des mesures du taux d'érosion pendant la campagne 1997-1999 ont montré que la contribution de l'érosion en nappe, dans ces terrains de cultures, est très faible eu égard, à l'envasement total du barrage (Saada, 1999). C'est dans la perspective d'estimer les pertes en sols par ravinement, que le présent travail a été entamé.

Les deux objectifs assignés à cette recherche sont : (i) le suivi de l'évolution du ravinement ; et (ii) l'évaluation de l'ampleur de l'érosion par ravinement.

MATERIEL ET METHODE

Zone d'étude

Le bassin versant de Nakhla est situé à 20 kilomètres au Sud de la ville de Tétouan (figure 1). D'une superficie de 111.6 km², il est caractérisé par une topographie très accidentée, un réseau hydrographique de 278 km avec une densité de 2,5 km/km². A l'aval de ce bassin se trouve le barrage Nakhla qui, construit au début des années soixante, devrait assurer l'alimentation en eau potable de la ville de Tétouan.

Les formations géologiques sont dominées par deux ensembles de roches, dont les caractéristiques sont tout à fait opposées : une dorsale calcaro-dolomitique dure et compacte sur une formation marno-schisteuse tendre (Pique, 1994).

L'utilisation des sols comprend des cultures annuelles (31,59 %), de la végétation ligneeuse (26,43 %), des plantations à base d'arbres fruitiers (13,64 %) et des terrains de

parcours (20,55 %) qui s'étalent sur la dorsale calcaire.

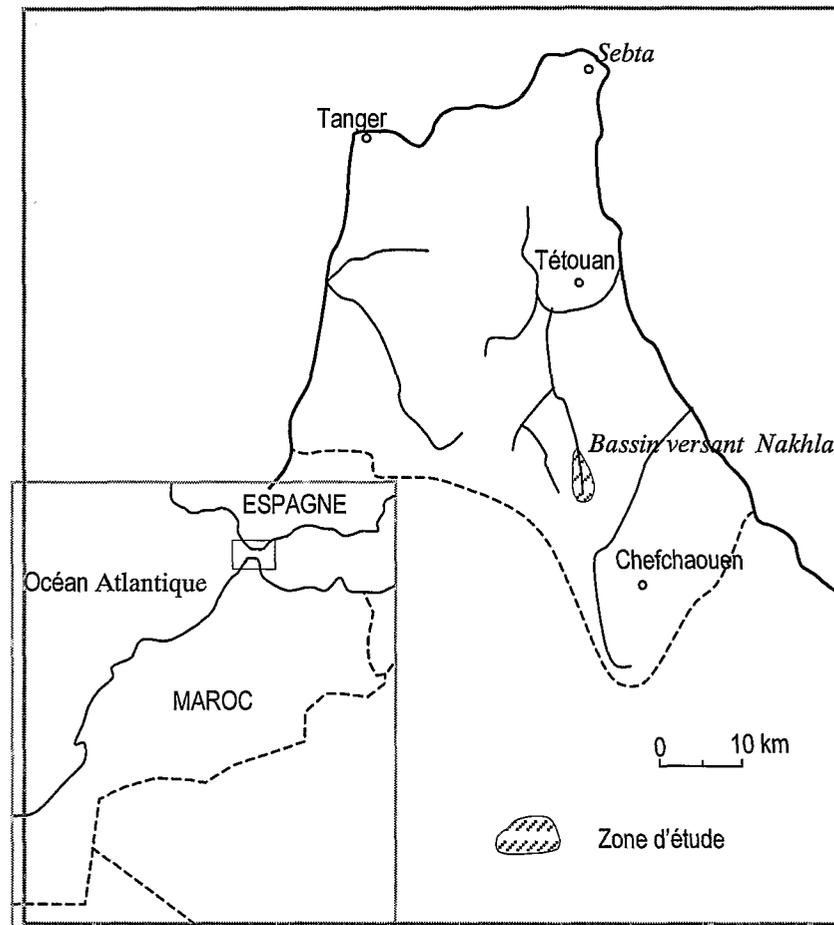


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude

Le climat rifain est de type méditerranéen, il est caractérisé par un été chaud et sec, tandis que l'hiver est subhumide et froid. Toutefois à l'intérieur de la zone, les caractéristiques climatiques sont très influencées par le relief, l'action de l'océan et de la méditerranée : car selon la position et l'exposition des versants, c'est l'une ou l'autre des influences qui l'emporte. Selon Benabid (1982), le climat dans le Rif est caractérisé par : un adoucissement dû aux influences océaniques, un certain contraste entre le Rif méditerranéen et le Rif atlantique relativement humide, et une précipitation abondante comparativement à d'autres régions du Maroc.

Le bassin versant de Nakhla est ouvert aux influences océaniques, toutefois il est moins exposé aux influences méditerranéennes à cause de la dorsale calcaire située à l'Est et au Nord-Est qui crée un obstacle aux masses d'air provenant de la méditerranée. La température moyenne annuelle est de 18,1 °C avec une variation intra-annuelle faible de l'ordre de 3 %. La moyenne des températures est de 12,8 °C pour le mois de janvier et de 24,9 °C pour le mois d'août. L'évaporation annuelle atteint 1724 mm en moyenne avec un maximum de 3189 mm en 1989 et un minimum de 1455mm en 1987. La pluviométrie moyenne annuelle varie entre 1799 mm observée en 1992 au barrage Nakhla et 272 mm enregistré à Tétouan en 1974. La moyenne annuelle varie entre 477 mm à Béni Karrich et 804 mm au niveau du barrage. Les écarts par rapport à la moyenne sont de 253 mm pour la station de Tétouan, 156 mm pour la

station de Béni Karrich et 307 mm pour celle du barrage Nakhla.

Les apports moyens mensuels, mesurés au niveau du barrage, sont caractérisés par une grande variabilité. Ils varient entre 0,1 millions de m³ (septembre) et 11,3 millions de m³ (janvier) avec un apport moyen annuel de 55,7 millions de m³. La capacité du barrage au départ a été évaluée à 9 000 000 m³ et l'envasement total s'élevait à 3,3 millions de m³ en 1993 (ce qui représente 36 % de la capacité initiale) avec une moyenne annuelle de 4,57 millions de tonnes.

Site d'étude

Le site étudié est un petit sous bassin situé en amont sur un terrain de culture (figure 2). Il draine des champs de 5,2 ha de superficie, sculptées dans un substrat marno-schisteux et potentiellement érodables. L'altitude varie entre 565 m à l'exutoire et 646 m au point le plus élevé avec une pente moyenne de 24 % (Naïmi & Bouabid, 1997).

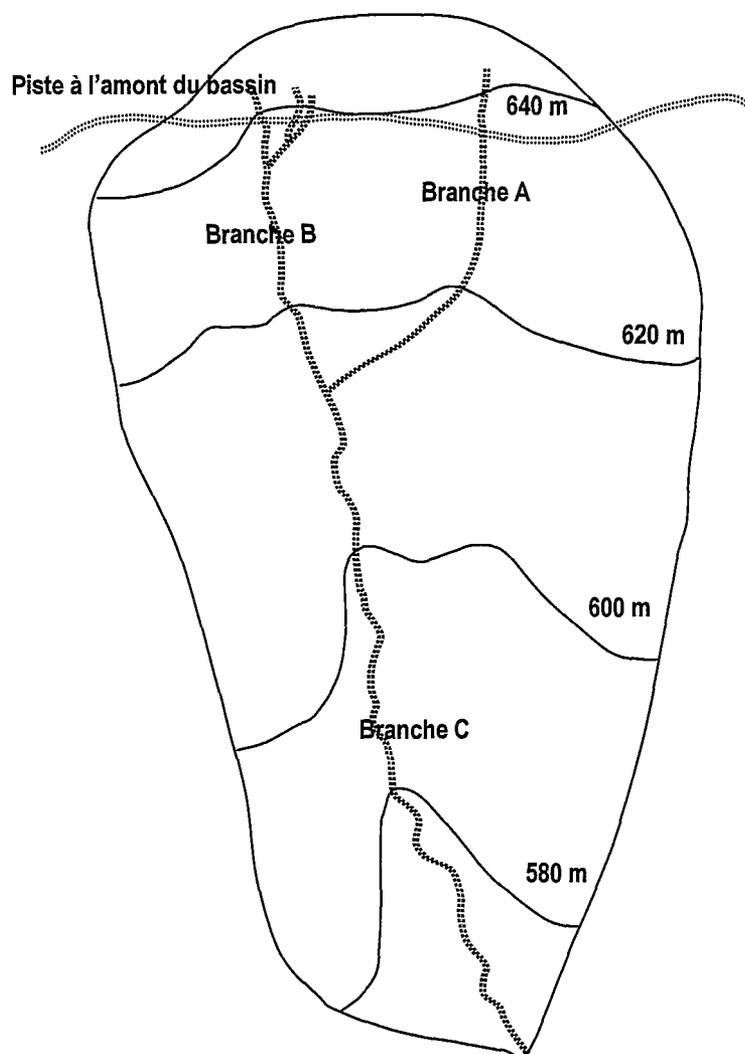


Figure 2 : Schéma de situation du sous bassin et délimitation des branches
Méthode de suivi

Dans le but d'évaluer les pertes en sol par ravinement, nous avons procédé à un suivi du

changement de la géométrie et de l'étendue des incisions linéaires au niveau de ce site. Le volume du sol ainsi décapé est estimé par la méthode des levés topographiques (Govers, 1987) qui est fondée sur la longueur et le volume de l'incision linéaire. Les levés topographiques ont été effectués sur des transects choisis et repérés par des piquets en bois à leurs extrémités. Les mesures réalisées en utilisant une Mire et un Tachymètre, permettent de suivre l'évolution du niveau de hauteur de chaque point par rapport à une référence.

Après avoir subdivisé le réseau hydrographique en trois branches, nous avons défini une série de transects sur chacune de ces branches. Ces transects dont la longueur dépasse suffisamment la largeur des sections sont repérés à leurs extrémités par des piquets en bois ou en roches peintes en blanc. Ce repérage des transects permettra de revenir sur les mêmes points pour d'autres mesures, et donc de suivre l'évolution et la dynamique d'un même profil au cours de l'année. L'espacement des transects est fonction de l'uniformité des branches et de la forme de la section.

Pour ces trois branches, nous avons défini 95 transects dont les caractéristiques sont reprises dans le tableau 1. Ces transects sont choisis selon la forme et l'uniformité des incisions (Planchon et al. 1987).

Tableau 1 : Eléments caractéristiques des branches

	Branche A	Branche B	Branche C	Total
Longueur (m)	126,1	111,9	259,7	497,7
Nombre de transects	32	25	38	95

Les levés topographiques ont été effectués en trois périodes¹ pour déterminer les sections de sol érodé de chaque profil dans le temps. Le volume de sol ainsi décapé est calculé à partir de la formule suivante (Hudson,1996) :

$$V_t = \sum \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \cdot L_1 \right) + \left(\frac{A_2 + A_3}{2} \cdot L_2 \right) + \dots$$

Avec V_t : volume du sol décapé en m^3 , A_1 : aire ou surface du sol décapé du premier transect en m^2 , A_2 : aire ou surface du sol décapé du deuxième transect en m^2 , A_3 : aire ou surface du sol décapé du troisième transect en m^2 , L_1 : distance entre les transects 1 et 2 en m, L_2 : distance entre les transects 2 et 3 en m.

Plusieurs échantillons de sol ont été prélevés au niveau des différents transects et tout le long des branches pour effectuer les analyses suivantes: la granulométrie (méthode de la pipette de Robinson), la teneur en matière organique (méthode de Walkey & Black) et l'indice de stabilité structurale (méthode de Hénin). La détermination de la densité apparente, intervenant dans la transformation du volume décapé, a été déterminée par la méthode du cylindre ($142,47 \text{ cm}^3$).

¹ Première période (du 28/11/97 au 6/12/97) ; deuxième période (du 11/02/98 au 18/02/98) ; troisième période (du 07/06/98 au 12/06/98)

RESULTATS ET DISCUSSION

L'étude de la progression de l'érosion en ravines dans ce petit sous bassin, est effectuée par des mesures répétées dans le temps, de leurs propagations horizontales et leurs modifications dans le plan vertical. Le suivi a permis de calculer une perte totale de 172 tonnes pour une durée de huit mois (du 28/11/1997 au 12/06/1998) et durant laquelle les précipitations ont atteint les 680 mm. Ces pertes, à hauteur de 75 %, sont enregistrées entre la première et la deuxième période, correspondant aux mois les plus pluvieux (décembre, janvier et février), malgré que l'érosivité des pluies est modérée avec des intensités atteignant 23,4 mm par heure (6 février 1998).

En amont du bassin, la concentration des eaux accumulées, à l'occasion des fortes intensités de pluie, contribue à la formation et au développement des griffes et des rigoles. La nature tendre du substratum et la cohésion faible des particules du sol en plus de la déclivité de la pente qui dépasse 27 %, contribuent à l'extension des ravines.

Les levés topographiques répétés dans le temps des sections de rigoles et de ravines de chaque transect, a permis de suivre l'évolution de l'approfondissement et de l'élargissement des incisions avec le temps.

Branche A

Prenant naissance au bord d'une piste en amont, cette branche a contribué par une perte en sols de 46 tonnes, dont 45 % uniquement pendant la période du 03/12/1997 au 14/02/1998. Cette quantité perdue a été remarquablement observée sur le terrain à la suite des averses du 18/12/97 (22 mm/h), du 22/12/97 (12,5 mm/h) et du 6/2/98 (23,4 mm/h). Ces chutes de pluie importantes ont provoqué l'élargissement de la section par effondrement des berges. D'autres averses, de faible intensité, survenues après les premières, ont emporté les particules accumulées au fond de la ravine, permettant ainsi son entaille par abrasion des matériaux. Les rigoles de cette branche ont enregistré une perte totale en sol de l'ordre de 5 tonnes dont 80 % entre la première et la deuxième période. Prolongeant l'extrémité amont de la ravine, ces rigoles s'impriment dans un horizon de surface mince, à texture limono-argileuse et à structure dégradée.

Branche B

La branche B est la symétrie de la branche A de point de vue évacuation des eaux de ruissellement canalisées par la piste, mais sa pente de forme concave est plus étalée que dans le cas de la branche A. Cette branche a contribué par une perte totale de 52 tonnes, dont 55 % enregistrées entre 6/12/97 et 14/2/98. Cette évolution a été constatée sur le terrain après les trois averses citées précédemment (figure 3 & 4). Cette branche n'a connu de changements remarquables que dans sa partie aval entre le 14/02/1998 et le 16/05/1998. La quantité totale de sol décapé par les rigoles de cette branche est de l'ordre de 7 tonnes dont 75 % enregistrée à la fin de la deuxième période. Développées sur un sol faiblement stabilisé et moyennement pauvre en matière organique (1 %), ces rigoles ont favorisé l'extension de l'érosion en tunnel. Cette dernière a enregistré une perte en sol estimée à 3 tonnes provenant à 32 % de la branche A et à 68 % de la branche B avec des changements visibles sur le terrain à la fin de la deuxième tranche de mesures.

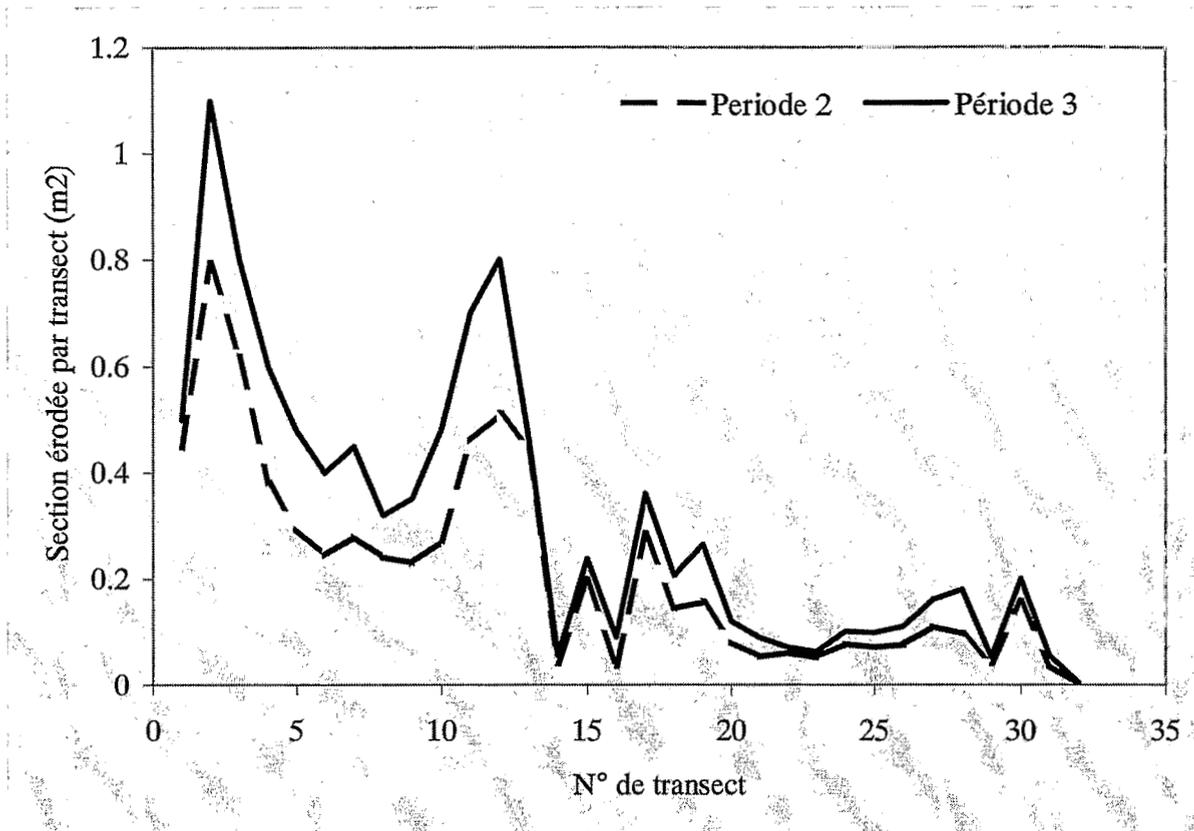


Figure 3 : Evolution dans le temps des sections érodées par transect (Branche B)

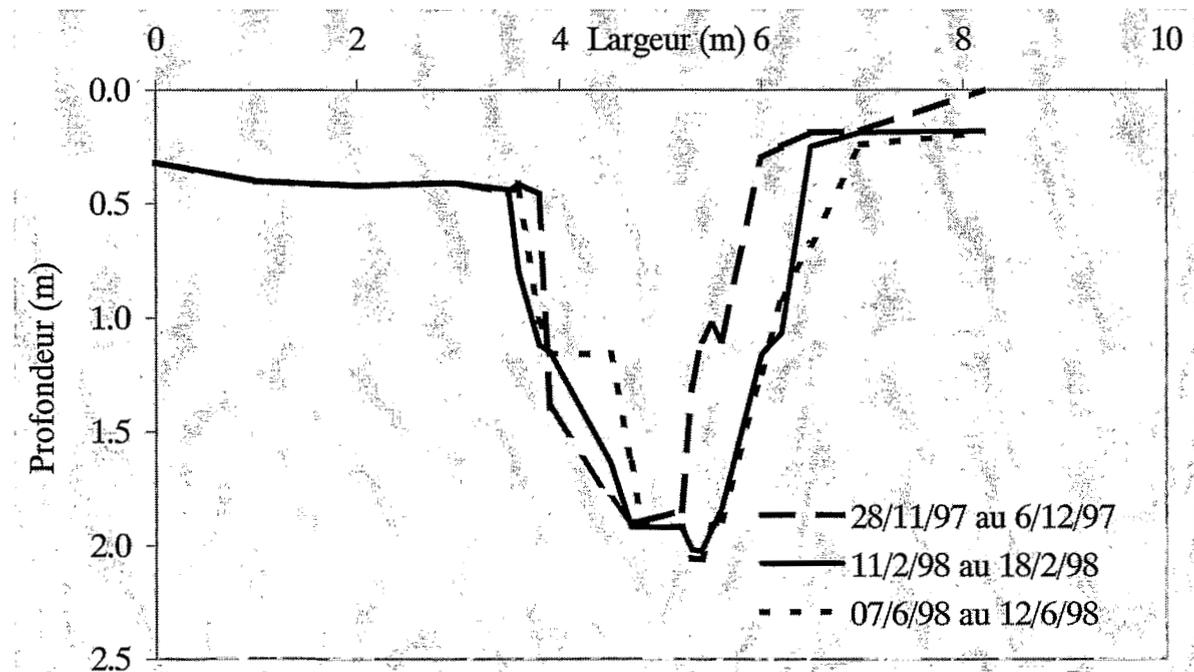


Figure 4 : Evolution dans le temps du profil de la ravine D au transect 22
Branche C

Le volume écoulé à travers les branches A et B est déversé dans la branche C qui

s'enfonce dans un terrain à pente concave permettant le drainage de l'ensemble du sous bassin. Cette ravine a contribué par une perte totale en sols de 73,7 tonnes dont 75 % entre le 6/12/1997 et le 18/03/1998. L'essentiel de ces pertes, ayant provoqué l'extension de la ravine, a été visible sur le terrain pendant les mois de février et de mars. Ceci semble être à l'origine de la couverture pédologique complètement réhumectée jusqu'à la capacité au champs après les averses de fin janvier (34 mm). Par conséquent, les crues survenues la première semaine de février, totalisant 202 mm, ont éminemment contribué à l'extension de la surface saturée et par la suite ont facilité l'élargissement et l'approfondissement de la ravine.

Influence de la pente

L'analyse de la régression simple des données des sections érodées en fonction du % de pente par transect a montré que la pente a une influence significative sur les pertes en sol par ravinement. En effet, les coefficients de détermination sont respectivement de 0,63, 0,73 et 0,5 pour les branches A, B et C. Ce qui veut dire que plus la pente est élevée, plus les sections érodées par transect sont importantes (figures 5, 6 et 7). Ceci nous amène à dire que l'inclinaison des terrains dépourvus de végétation surtout à partir de 20 %, favorise les pertes en sols par ravinement.

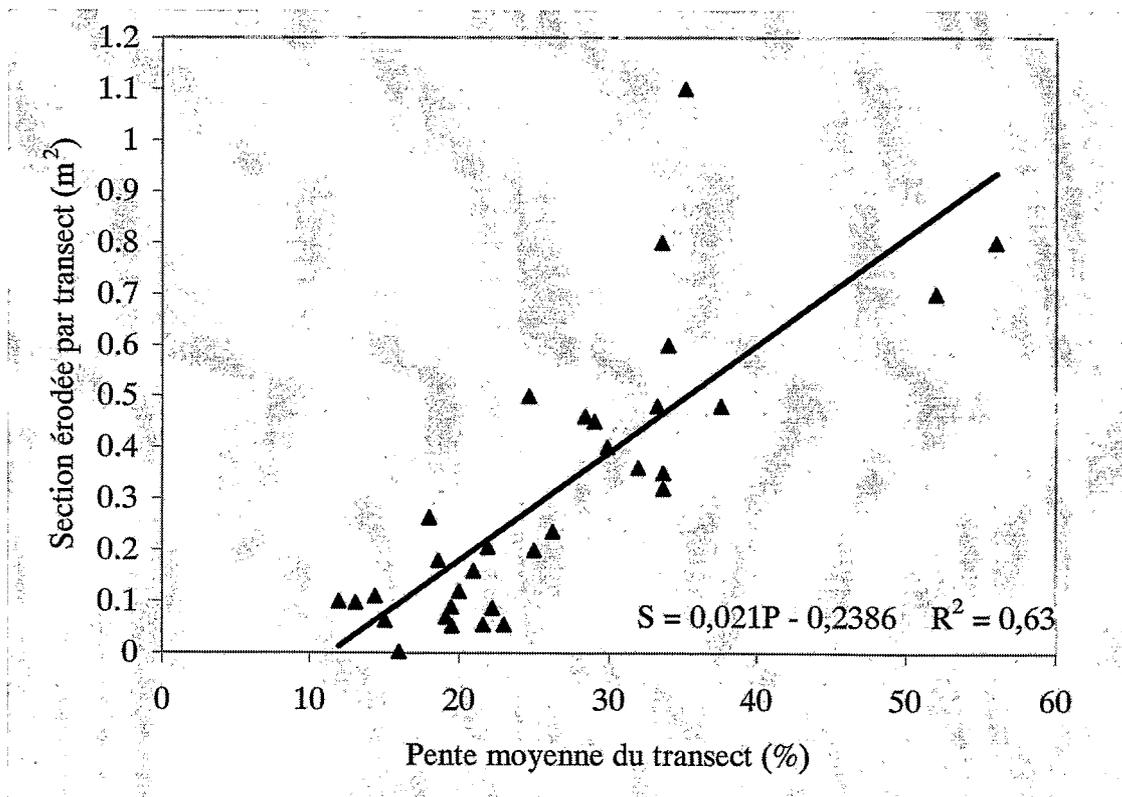


Figure 5 : Section érodée par transect en fonction de la pente (Branche A)

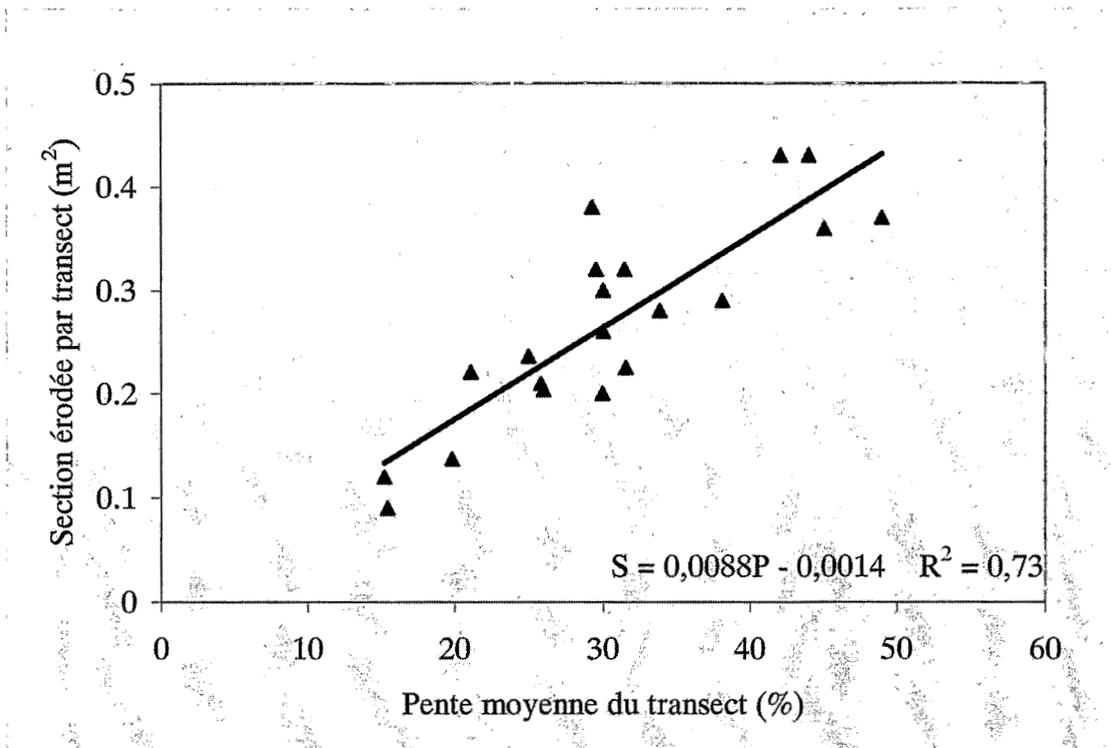


Figure 6 : Section érodée par transect en fonction de la pente (Branche B)

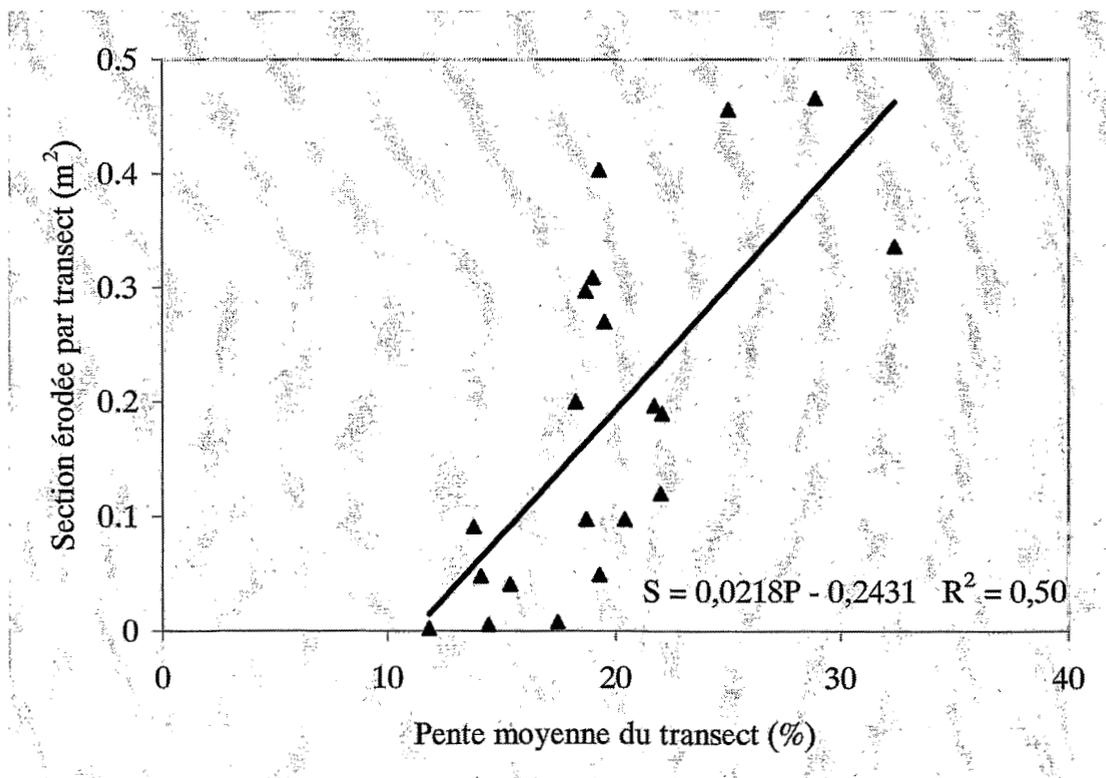


Figure 7 : Section érodée par transect en fonction de la pente (Branche C)

Les relations établies montrent que la variabilité des sections érodées par transect est expliquée à 64 % par la variabilité de la pente moyenne des transects à hauteur pour la branche A et 73 % pour la branche B.

L'érosion des ravines non végétalisées situées en aval du sous bassin et dont les pentes sont comprises entre 14 et 17 %, est plus importante comparativement à celles qui se trouvent en amont. Ceci semble être à l'origine de l'écoulement hypodermique qui augmente le ruissellement au niveau des transects et qui rend les sols vulnérables au sapement de berges suite à la perte d'équilibre de la masse du sol due à la diminution de la cohésion de ses particules.

Propriétés du sol

Pour comprendre l'ensemble des processus de production de sédiments par ravinement, nous avons procédé à l'exploitation des résultats d'analyse de sols, notamment la composition granulométrique, la teneur en matière organique et l'indice de stabilité structurale (Tableau 2).

Tableau 2 : Caractéristiques des sols du sous bassin par tronçon homogène

	Perte (T/m)	Pente (%)	% EG	% S	% L	% A	% MO	IS
1	0,98	33,0	7,2	22,6	36,9	40,5	1,03	1,07
2	0,69	36,8	6,4	32,8	34,9	32,3	1,32	1,29
3	0,26	24,1	18,9	38,7	32,2	29,0	0,82	1,18
4	0,36	22,1	9,0	35,9	28,1	36,0	0,94	1,44
5	0,16	18,9	10,8	36,7	31,1	32,2	0,60	1,28
6	0,34	40,5	12,5	35,2	33,9	30,9	1,63	1,41
7	0,27	28,4	15,9	33,5	35,4	31,1	1,24	1,56
8	0,25	31,8	14,7	33,5	36,4	30,2	1,18	1,47
9	0,58	16,4	14,2	21,8	40,6	37,7	1,25	1,11
10	0,44	25,5	7,9	38,4	40,1	21,6	1,59	1,22
11	0,65	24,2	9,3	39,2	37,8	23,0	1,61	1,02
12	0,39	13,3	12,3	35,9	42,4	21,6	1,95	1,07
13	0,82	13,5	15,4	37,1	38,7	24,3	1,83	1,28
14	0,22	13,1	2,8	31,7	38,7	29,6	1,92	1,39
15	0,15	17,7	14,3	25,5	35,2	39,3	1,36	1,68

EG : Eléments grossiers ; S : Sables ; L : Limons ; A : Argiles ; MO : Matière organique ; IS : Indice de stabilité structurale

Seul l'indice de stabilité structurale est significativement corrélé avec la perte en sols par ravinement ($R^2 = 0,50$). En effet, l'humectation des marnes même sur des pentes fortes, pendant la saison pluvieuse, entraîne une diminution de la cohésion relative des particules du sol durant la saison pluvieuse.

Estimations des pertes annuelles

Le suivi des modifications des incisions à l'aide de levés topographiques a permis de faire une quantification des pertes en sols dues au ravinement sur des terrains de cultures d'un sous bassin de 5,2 ha à l'amont du bassin versant de Nakhla. Les résultats de ce suivi ont montré une perte totale en sols de 187 tonnes, soit 36 t/ha en moyenne pour la période

s'étalant du 28/11/1997 au 12/06/1998 pendant laquelle le total des précipitations a atteint 680 mm.

Ces mesures ont permis d'apprécier la part de l'érosion des sols par ravinement à l'échelle du bassin. En effet, si on suppose que la production des sédiments à l'amont de la station hydrométrique de Jbel Timezouak, qui draine 4688 ha, contribue à plus de 82 %² dans l'envasement du barrage (Tayaa, 1997), la part de l'érosion par ravinement est de 168 587 tonnes³, soit 210 734 tonnes à l'échelle du bassin versant de Nakhla⁴. Le taux moyen d'érosion par ravinement à l'échelle du bassin serait donc de 18,9 t/ha⁵ (soit environ 28 % de la perte globale).

Par ailleurs, si on se réfère à la densité du réseau de drainage au niveau du sous bassin étudié, qui est de l'ordre de 9,58 km/km² (environ 4 fois supérieure à celle du bassin versant de Nakhla), la perte par ravinement est de 375,50 t/km linéaire⁶. Ce qui donne une perte moyenne, calculée à l'échelle du bassin versant de Nakhla de l'ordre de 95,54 t/km linéaire, soit 9,38 t/ha. Cependant, si la dégradation spécifique mesurée par le piégeage des sédiments du barrage est de 28,3 t/ha (Tayaa, 1997) pour la période 1987-1993, période relativement humide, on peut facilement calculer que l'apport du ravinement est d'environ 33 % (en supposant que tous les sédiments arrivent au barrage).

Pour la même période de suivi, les résultats de l'érosion en nappe obtenus à partir des parcelles expérimentales situées sur les mêmes types de terrains sous blé et fève et à l'amont du bassin, montrent que la moyenne des pertes en sols se situe autour de 1,3 t/ha (Saada, 1999) ; Cette valeur est beaucoup faible que l'érosion ravinante. Cela montre sans aucun doute l'ampleur de l'érosion en nappe et sa contribution relative à l'envasement global du barrage de Nakhla est très faible.

² 0,82 est la production estimée de sédiments au niveau de la station de Jbel Timezouak rapportée à l'envasement total du barrage.

³ 35,96 t/ha multiplié par 4688 ha = 168 587,69 tonnes

⁴ à l'échelle du bassin (règle de trois) 168 587,69 / 0,8 = 210 734,61 tonnes

⁵ 210 734,61 t/11120 ha = 18,95 t/ha

⁶ 187 t/0,498 km = 375,50 t/km linéaire

CONCLUSION

L'étude de l'évolution du ravinement effectuée par des mesures aussi bien de la section que de la longueur a permis de constater que :

- La perte totale enregistrée pendant la période allant du 28/11/97 au 12/06/98 et pendant laquelle les précipitations cumulées ont atteint 656 mm, est de 187 tonnes (ou 35,96 t/ha).
- 75 % de cette perte est enregistrée pendant la première période qui s'étale du 28/11/97 au 18/02/98.
- Les perturbations spatiales au niveau du terrain étaient perceptibles pendant cette même période, surtout la première semaine de février qui a enregistré un total de précipitation de 253 mm.
- Les facteurs de topographie et de structure du sol interviennent significativement dans l'explication des pertes par ravinement. La stabilité structurale des sols constitue le facteur qui explique le mieux les pertes en sol ($R^2 = 0,50$). Par conséquent la prédisposition du sol à l'incision est due en fait à la perte de cohésion des particules du sol et donc la détérioration de la stabilité structurale en période la plus humide.
- Les résultats obtenus permettent de conclure qu'effectivement, le ravinement dans le bassin versant de Nakhla est une source majeure de sédiments, puisqu'il contribue à hauteur de 30 % dans l'envasement du barrage. Ceci entraîne des conséquences sur la lutte antiérosive à mettre en place. Par comparaison, l'érosion en nappe est estimée à 1,3 t/ha sur des parcelles expérimentales. Les pertes en sols dues aux mouvements en masse et à la détérioration des berges n'ont pas été encore quantifiées.

• BIBLIOGRAPHIE

- Benabid A., (1982).** Etude phyto-écologique, biogéographique et dynamique des associations et séries sylvatiques du Rif Occidental. Thèse de Doctorat es-sciences naturelles. St. Jérôme Marseille III, France.
- Govers G., (1987).** Spatial and temporal variability in rill development processes at the huldenberg experimental site. In Rill Erosion : Processes and Significance, Catena Supplement n° 8:17-34.
- Hudson N. W., (1996).** Field measurement of soil erosion and runoff. FAO Soils Bulletin n° 68, 139 p.
- Maurer G., (1962).** L'évolution des versants dans le rif occidental : deux exemples de cartographie géomorphologique. Revue de Géographie du Maroc, Rabat, n° 1 & 2:63-66.
- Naïmi M., & Bouabid R., (1997).** Etude pédologique au 1/50 000 du bassin versant de Nakhla (Rif Occidental). Projet Pérennité des Ressources en Eau du Maroc (PREM) et Ministère de l'Environnement, Rabat, 68 p.
- Pascon P., & Wusten H. V. D., (1983).** Les Beni Boufrah. Essai d'écologie sociale d'une vallée rifaine (Maroc). Reproductions Industrielles, Maroc, 297 p.
- Pique A., (1994).** Géologie du Maroc : les domaines régionaux et leur évolution structurale. *Edition Pumag*. Imprimerie El Maarif Al Jadida, Rabat. 284 p
- Planchon O., Fritsch E., & Valentin C., (1987).** Rill development in a wet savannah Environment. In Rill Erosion : Processes and Significance, Catena Supplement n° 8:55-70.
- Roose E., (1994).** Introduction à la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES). Bulletin Pédologique FAO n° 70, 420 p.
- Saada H., (1999).** Evaluation des pertes en sol à partir des parcelles expérimentales dans le bassin versant de Nakhla (Région de Tétouan). Mémoire de 3^{ème} Cycle Agronomique, IAV Hassan II, Maroc, 80 p.
- Tayaa M., (1997).** Caractéristiques physiques, hydrologiques du bassin versant de Nakhla et détermination du taux d'érosion. Projet Pérennité des Ressources en Eau du Maroc (PREM) et Ministère de l'Environnement, Rabat, 74 p.

**RESEAU
EROSION**



Référence bibliographique Bulletin du RESEAU EROSION

Pour citer cet article / How to cite this article

Naimi, M.; Tayaa, M.; Ouzizi, S.; Choukr-Llah, R.; Kerby, M. - Estimation du ravinement dans le bassin versant de Nakhla (Rif occidental, Maroc), pp. 232-243, Bulletin du RESEAU EROSION n° 21, 2002.

Contact Bulletin du RESEAU EROSION : beep@ird.fr