

LES PREMIERS RESULTATS DES PARCELLES DE MESURE DES PERTES EN TERRE DANS LE BASSIN VERSANT DE OUED NAKHLA DANS LE RIF OCCIDENTAL (NORD DU MAROC)

MOUFADDAL Kamal

Direction Régionale des Eaux et Forêts du
Rif Tétouan, Maroc. E-mail: K.moufaddal @caramail.com

Résumé

L'évaluation de l'érosion et la délimitation des zones potentielles de production de sédiments qui participent à l'envasement des barrages, constituent le cheval de bataille des aménagistes des bassins versants pour réduire le taux d'envasement des barrages et la protection des infrastructures hydro-agricoles en aval. Les parcelles expérimentales de mesure des pertes en terre constituent un outil de mesure directe de l'érosion sur les versants. Le suivi, sur quatre années, des parcelles installées sur différents types de sols (marnes et grès) et de types d'occupation des sols (terrains de cultures, matorral et reboisements) au niveau du bassin versant de Nakhla (superficie 11.000 ha, Rif occidental) a permis de hiérarchiser les pertes en sol en fonction des situations précitées. La présence de la retenue du barrage en aval et d'une station d'analyse de turbidité a permis d'approcher et d'expliquer la relation entre l'érosion sur les versants, l'érosion sur le cours d'eau et les sédiments qui arrivent au niveau de la retenue. Ainsi on a pu conclure que les terrains de culture sur marnes forment les entités les plus vulnérables à l'érosion. Mais l'érosion sur les versants des différents types de formations n'explique pas, à elle seule, les quantités de sédiments qui atterrissent au niveau du barrage : l'érosion issue des eaux de concentration (ravinement, dégradation des berges et mouvements de masse) constitue la part la plus significative.

Mots clés: Maroc, Rif occidental, Bassin versant, Barrage, Parcelles d'érosion.

Abstract

The evaluation of the erosion and the zonation of the potential areas of sediments yield which participate in silting dams is the hobby of the watershed manager engineer to reduce the silting rate in the reservoir and the protection of the downstream hydro-agricultural infrastructures. The conventional runoff plots are a direct tool of measure sheet erosion on hillsides. The follow-up, over four years of the plots installed on various types of grounds (marls and sandstone) and of types of soil occupation (annual crops field, fallow, shrubs and forest plantation) at Nakhla watershed (area 11.000 ha, Western Rif) allowed to organize into a hierarchy the soil losses according to the aforesaid situations. The presence of the dam downstream and a station of sediment delivery analysis allowed to approach

and to explain the relation between sheet erosion on hillsides, linear erosion along the river and sediments which arrive in the reservoir. So, cropping fields on marls form the most vulnerable entities in the erosion. But the erosion on the hillsides of the various types of soil occupation does not explain to her only the quantities of sediments which arrive at a reservoir; linear gully erosion and mass movement represent the most significant part.

Keywords : Morocco, Western Rif, Watershed, Dam, Runoff plots, Erosion.

1- Introduction

Dans le cadre du projet MOR93/010, qui siège au niveau du Ministère Chargé des Eaux et Forêts, un réseau de parcelles expérimentales de mesure des pertes en terre a été installé dans différentes régions du Maroc (Agadir, Marrakech, Fès, Al Hoceima et Tétouan). L'objet de ce réseau était l'adaptation du modèle RUSLE aux conditions du Maroc par l'élaboration d'une base de données nationale.

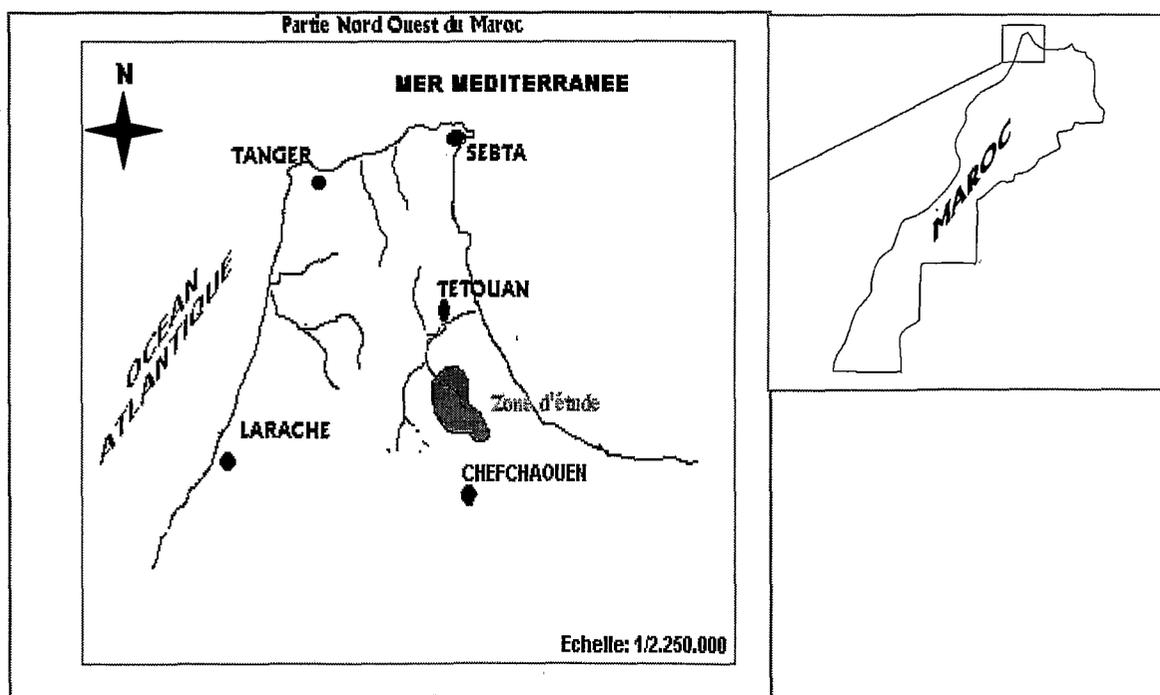
Parallèlement à cet axe de recherche, j'ai essayé d'étudier d'autres volets; il s'agit de:

- L'étude de l'érosion en fonction de différents types d'occupation du sols,
- La comparaison des résultats des parcelles d'érosion à d'autres méthodes d'évaluation des pertes en sol utilisées dans le bassin versant de Nakhla.

Ces deux derniers volets constitueront le thème du présent article.

2- Présentation de la zone d'étude :

Figure 1: Carte de situation de la zone d'étude



Les parcelles de mesure des pertes en terre sont installées au niveau du bassin versant de Nakhla dans le Rif occidental du Maroc (voir carte de situation ci-dessus). Ce dernier s'étend sur une superficie de 11.160 ha et se trouve sous un climat subhumide à variante tempérée : il reçoit une pluviométrie moyenne annuelle de 766 mm. Cependant, il faut souligner la grande variation spatiale et temporelle des précipitations.

Situé entre 160 m d'altitude au niveau de la retenue du barrage et 1.808 m au niveau du plus haut sommet, le bassin présente une topographie accidentée avec 47% de la superficie située entre 9 et 30% de pente et 44% de la superficie supérieure à 30% de pente.

Sur le plan géologique, deux grands ensembles de roches caractérisent la zone d'étude:

- La dorsale calcaire-dolomitique dure et compacte occupant 20% de la superficie,
- Formations marno-schisteuses, flysch tendre formant le reste du bassin versant.

Les principales occupations du sol sont les suivantes :

Tableau 1: Type d'occupation des sols

TYPE D'OCCUPATION	POURCENTAGE DE LA SUPERFICIE
<i>Forêt et matorral :</i>	26%
<i>Reboisement</i>	14%
<i>Terrains de cultures</i>	32%
<i>Arboriculture et habitations</i>	8%

En aval du bassin versant se trouve le barrage de Nakhla qui alimente la ville de Tétouan (nord du Maroc) en eau potable. Mis en service en 1961, le barrage avait une capacité initiale de stockage de 9 Mm³ : actuellement elle n'est que de 4,92 Mm³, ce qui correspond à une diminution de 46% de sa capacité de stockage en eau. L'envasement moyen annuel est de 0.18 Mm³ (DRH Loukkos Tétouan, 1996)

3- DISPOSITIF EXPERIMENTAL

Le dispositif expérimental est constitué de :

- Six parcelles de 22 m de long et 5 m de large, chaque parcelle est équipée d'un collecteur d'une capacité de 1 m³ qui reçoit les eaux de ruissellement chargées de sédiments.

- Un enregistreur de précipitations électronique « Logger » qui permet d'enregistrer les hauteurs des pluies toutes les 5, 10 ou 15 mn.

3.1 Données sur les parcelles expérimentales

Tableau 1: Données sur les parcelles

N° des parcelles	Pente moyenne(%)	Type d'occupation	Types de sols	Types d'intervention
1	27	Cultivé en orge	Marne	Labour à la houe
2	26	Laissé en jachère	Marne	Néant
3	18	Cultivé en blé	Marne	Labour à la houe
4	20	Laissé en jachère	Marne	Néant
5	24	Matorral	Grès	Néant
6	22	Reboisement	Grès	Néant

3.2- Suivi des parcelles :

Le suivi des parcelles, effectué sur quatre campagnes (1997-2001), consiste à exécuter les opérations suivantes :

- Prise d'échantillons : Après une averse, l'eau ruisselée est collectée dans une cuve de 1m³ située en aval de la parcelle et équipée d'une vanne de vidange.

L'opération consiste à prendre un échantillon représentatif de l'eau ruisselée chargée de sédiments ; pour ce faire, on agite vigoureusement l'eau de la cuve et uniformément à l'aide d'un bâton, puis on ouvre la vanne tout en continuant à agiter. A l'aide d'une bouteille de un litre on prélève dix échantillons à intervalle régulier au niveau de la sortie d'eau de la cuve. Les dix échantillons sont versés dans un seau. Après agitation pour homogénéiser les sédiments, on prélève un échantillon d'un litre pour analyse de la charge solide.

- Analyse des échantillons au laboratoire et détermination de la concentration des sédiments,

- Calcul du taux d'érosion,

- Analyse et traitement des données pluviométriques.

4- Résultats et discussion

4.1- Résultats des parcelles

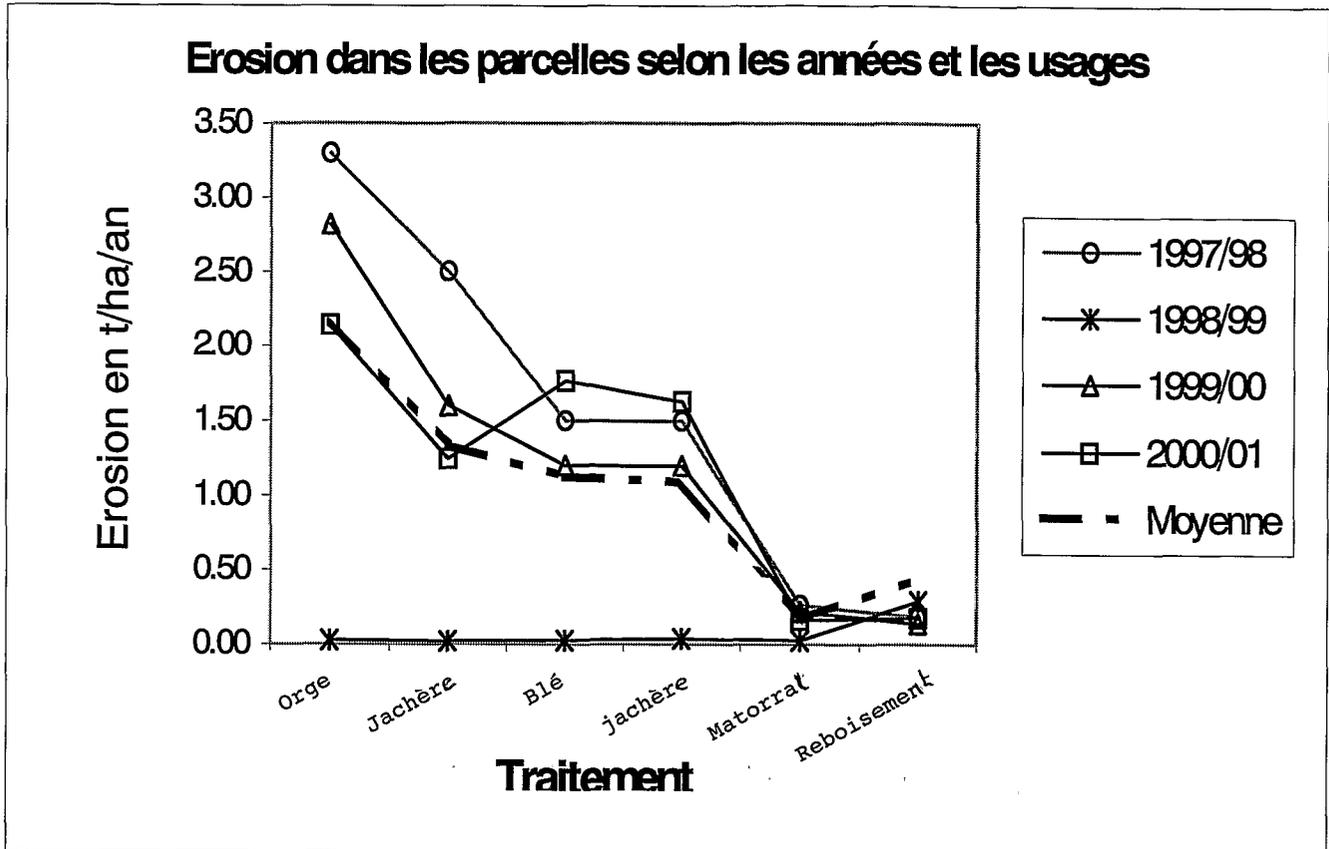
Tableau 3: Résultats des mesures sur les parcelles d'érosion

Parcelles		Erosion (t/ha/an)				Moyenne
Occupation	Sol	1997/98	1998/99	1999/00	2000/01	
Orge	Argile	3,300	0,027	2,820	2,142	2,072
Jachère	Argile	2,500	0,020	1,600	1,239	1,330
Blé	Argile	1,500	0,023	1,200	1,765	1,122
jachère	Argile	1,500	0,035	1,200	1,627	1,091
matorral	Grès	0,260	0,026	0,220	0,161	0,167
Reboisement	Grès	0,180	0,290	0,140	0,174	0,446

En analysant les résultats, on remarque que, sur toutes les parcelles et pendant les quatre années, l'érosion en nappe et rigole est faible et ne dépasse pas 3,3 t/ha/an.

Sur la figure2, on observe que les parcelles cultivées enregistrent les taux d'érosion les plus élevés sur toutes la période de suivi. La parcelle avec matorral donne le taux d'érosion le plus bas, celle du reboisement vient au deuxième rang. La jachère enregistre une érosion moins importante. que les cultures annuelles. L'érosion obtenue sur la parcelle d'orge est supérieure à celle du blé et ceci n'est probablement pas dû au type de culture, mais peut être expliqué par un sol plus argileux et une pente plus raide sous l'orge.

Figure 2: Présentation des résultats des parcelles d'érosion par année et par type d'occupation



4.2- Données climatiques

Tableau 4: Précipitation mensuelle sur les quatre campagnes

Pt. (mm)	97/988	98/99	99/00	00/01	Moyennes
Septembre	0	0	0	0	0
Octobre	0	0	172.9	0	43.23
Novembre	251.87	0	76.71	0	82.15
Décembre	218.19	47.24	71.30	300.47	159.3
Janvier	228.09	30.23	72.38	68.07	99.69
Février	0	21.10	0	31.5	13.15
Mars	22.45	90.23	49.5	11.86	43.51
Avril	41.49	16.2	23.62	0.25	20.39
Mai	62.91	0	113.29	58.42	58.66
Juin	0	0	0	0	0
PT. Annuelle	825	205	579.7	470.57	520.07

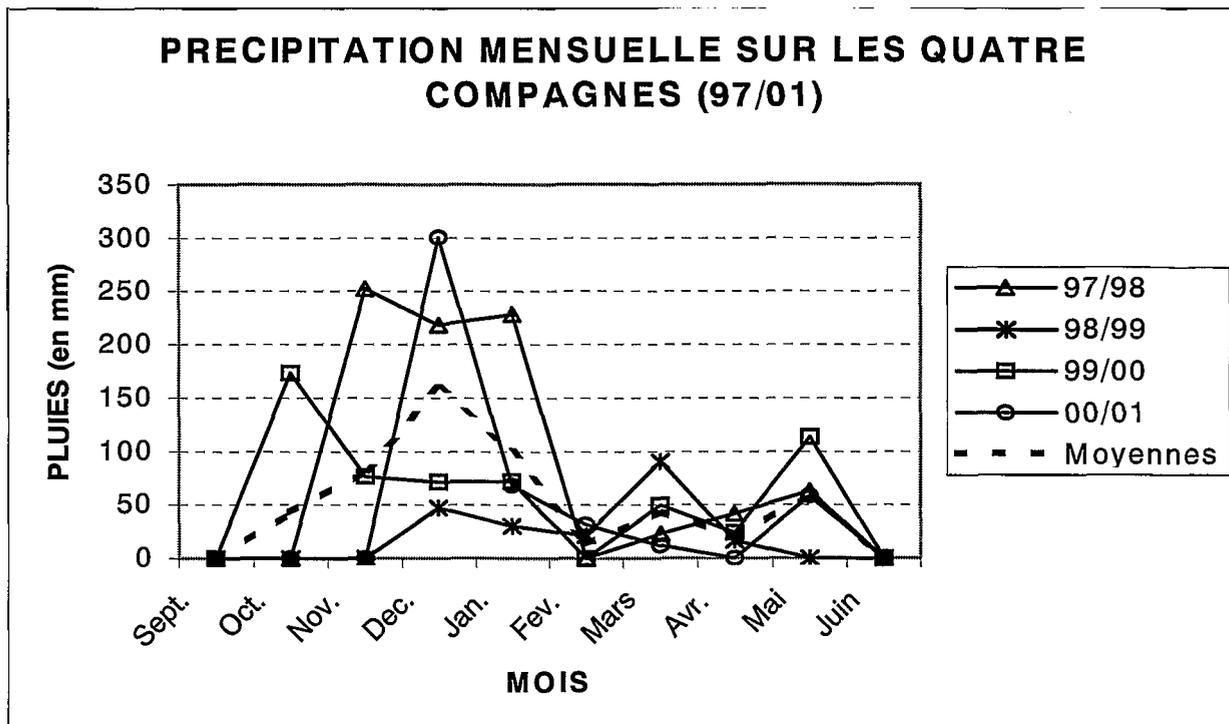


Figure3 : Représentation graphique des précipitations mensuelles

Le climat est marqué par une grande variabilité spatiale et temporelle des précipitations ; la figure ci-dessus qui représente les données pluviométriques sur les quatre campagnes, montre une variabilité intra-annuelle et inter-annuelle très prononcée; cependant, il est à souligner que les chutes de pluie les plus abondantes (50 à 300 mm) se situent entre les mois de novembre et février.

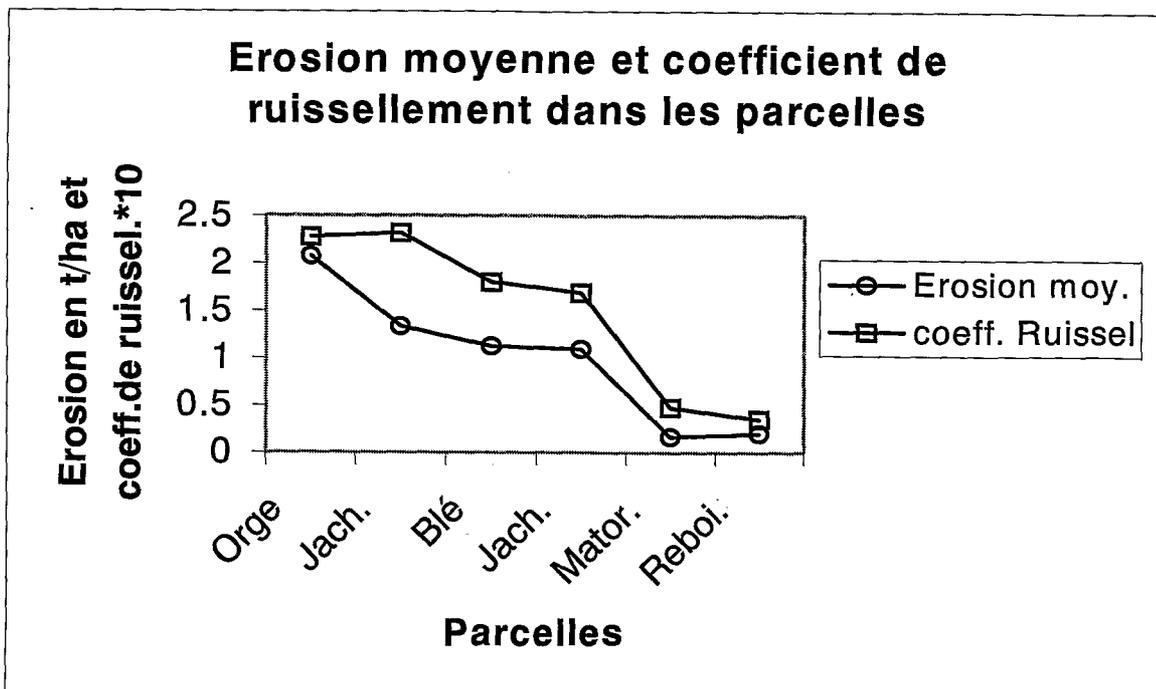
Si on fait la comparaison des résultats sur les quatre années, on trouve que la campagne 1997-98 a enregistré l'érosion la plus importante et aussi les chutes de pluies les plus élevées (825 mm), et l'année 1998/99 l'érosion la plus faible mais aussi, les chutes de pluies les plus faibles; ce qui tend à montrer une relation directe entre les quantités de pluies qui tombent et le taux d'érosion.

D'une manière générale, le ruissellement sur la parcelle est corrélé positivement avec les chutes de pluie, mais son importance est fortement liée à deux paramètres à savoir l'intensité des pluies et l'état d'humidité du sol avant l'averse. Ainsi, pour les mêmes hauteurs de précipitation on peut avoir des valeurs très différentes de ruissellement.

La parcelle est équipée d'une cuve de 1 m³ qui collecte l'eau de ruissellement, (le chiffre 1 sur la courbe des abscisses correspond au débordement de la cuve), d'après l'analyse de la figure 4, il ressort que l'eau a débordé plusieurs fois (13 débordements sur 67 mesures ou événements), cela veut dire que la totalité de l'eau ruisselée et donc de sol érodé n'est pas mesurée. Mais, si on pousse un peu l'analyse on peut remarquer qu'il y a des compensations ; l'eau de ruissellement chargée de sédiment qui arrive dans la cuve, qui est légèrement inclinée vers l'aval, met un temps avant de déborder par l'autre côté, pendant ce temps de passage une partie des sédiments en suspension se décante et une partie part avec l'eau qui sort par le haut de la cuve. Quand on prélève notre échantillon au niveau de la cuve on calcule la concentration pour un volume inférieur au volume réel ruisselé (dans le cas d'un débordement), donc, on surestime en quelque sorte la turbidité. Par conséquent, si on a une fuite d'une partie de sédiments par débordement et en même temps une surestimation dans le calcul du taux d'érosion on peut dire qu'il y a une certaine compensation. Ce qu'on perd comme information c'est le volume réel qui a ruisselé pour les pluies journalières qui dépassent 40 mm.

Toutefois, pour palier à ce problème, l'installation de partiteur sur la cuve reste la meilleure solution pour une estimation appropriée du ruissellement et des pertes en sols pour les averses intenses et /ou longues.

Figure 5 : Comparaison du coefficient de ruissellement à l'érosion moyenne



D'une manière générale, l'érosion moyenne annuelle des quatre années évolue dans le même sens que le coefficient de ruissellement (fig.3); autrement dit, plus il y a de ruissellement plus il y a d'érosion.

4.2- Résultats des contrôles bathymétriques

Tableau 4: Dégradation spécifique du bassin versant de Nakhla

Périodes	Envasement du barrage	Dégradation spécifique
	(Mm ³)	(T/ha/an)
1961-1967	0,581	14,0
1967-1979	1,287	15,5
1979-1987	0,217	3,9
1987-1993	1,176	28,3
1993-1996	0,86	43,15
Total	4,12	
Moyenne/35 ans		16,98

Direction de l'hydraulique Tétouan, Maroc

Les contrôles bathymétriques effectués sur cinq campagnes ont donné une dégradation spécifique de 16,98 t/ha/an (moyenne calculée sur 35 ans).

Ce taux atteindrait 23 t/ha/an, si on ne considérait que les zones sensibles à l'érosion.

4.3 Résultats d'analyse des données du turbidité

Tableau 5: Dégradation spécifique par analyse de turbidité

Période	Station hydrométrique	Débit solide en suspension (kg/s)	0,63
		1979-1987	Jbel Timezouak
Envasement du barrage Nakhla	Dégradation spécifique (t/ha/an)		3,9
Rapport			0,82

Direction de l'hydraulique de Tétouan, Maroc

Les analyses de turbidité effectuées au niveau de la station hydrométrique de Jbel Timezouak, situé sur l'oued Nakhla et qui draine la partie la plus vulnérable à l'érosion, ont donné une dégradation spécifique de 3,2 t/ha/an sur la période 1979-1987. Pour la même période, les relevés bathymétriques arrivent à une dégradation spécifique de 3,9 t/ha/an. Le rapport de ces deux valeurs est de 0,82; ce qui veut dire que 82% des sédiments qui atterrissent au niveau de la retenue du barrage transitent par cette station et viennent des zones les plus sensibles du bassin versant à l'érosion. Ceci nous permet de faire une première analyse des sources principales de provenance des sédiments.

4.4 Résultat des pertes en terre par la méthode du Césium-137

Les pertes en terre ont fait aussi l'objet d'évaluation par la méthode du Césium-137 dans le bassin versant de Nakhla (M. MOUKHCHANE, 1999). Dans le sous-bassin versant n°2 au niveau duquel se trouvent les parcelles expérimentales de pertes en terre, les résultats des estimations de l'érosion par le Césium-137 arrivent à 45,9 t/ha/an

En faisant une synthèse de tous ces résultats, on observe que :

- dans le meilleur des cas, l'érosion au niveau des parcelles ne dépasse pas les 3,3 tonnes/ha/an (érosion en nappe et rigoles sur les versants) ;
- les contrôles bathymétriques donnent une dégradation spécifique de 17 t/ha/an;
- l'analyse des débits solides sur la partie vulnérable du bassin versant explique 82% des atterrissements au niveau de la retenue.
- L'érosion en nappe sur les parcelles est nettement moins importante que l'érosion sur le bassin versant. Nous avons donc plus de sédiments sur les cours d'eau et au niveau de la retenue que ce qui est produit au niveau des champs ; ceci nous conduit à poser la question suivante : d'où vient la différence ? Les sources de sédiments évidentes qui restent sont les ravines, les mouvements de masse et les sapements des berges.

5- Conclusions et recommandations

-Le matorral protège mieux le sol que toutes les autres occupations y compris le reboisement. Le reboisement assure une meilleure protection que la jachère et les cultures annuelles. Toutefois, pour pouvoir faire une comparaison correcte, il est prévu de travailler sur des parcelles avec cultures annuelles sur grès.

-Contrairement à ce qu'on croyait, l'érosion en nappe sur les versants ne constitue pas la source principale de production de sédiments qui colmatent le barrage ; l'essentiel de l'érosion se produit au niveau des ravins, des glissements de terrain et des cours d'eau .

-Les valeurs des pertes en sol au champ trouvées par la méthode du Césium-137, comparées aux résultats des parcelles, apparaissent trop élevées : il y a donc matière à recherche dans ce sens.

-Le suivi des parcelles a été effectué pendant quatre années, les résultats restent donc provisoires et critiquables. La poursuite du suivi et d'analyse est nécessaire pour constituer une banque de données minimale de 10 ans. Et afin de multiplier les observations, il serait très utile d'étendre la même expérience à d'autres bassins versants qui disposent de barrages en aval.

-Au vu de ces résultats « provisoires » l'attention de l'aménagiste doit être orientée plutôt vers une gestion de l'eau de ruissellement, le ralentissement de sa vitesse et la dissipation de son énergie; toutes interventions sur les versants devraient aboutir à l'étalement des crues et à la réduction des débits de pointe.

BIBLIOGRAPHIE

Bulletin Réseau Erosion 19. 1999. L'influence de l'Homme sur l'érosion. Volume 1 : à l'échelle du versant. Thème 2: Indicateur de dégradation des sols: 168-175.

Duley F.I., and M.F. Miller., 1923. Erosion and surface runoff under different soil conditions. Res. Bull. 63, MO. Agr. Exp. Sta., Columbia, 50pp.

Heusch B., 1970. L'érosion du Pré-rif, (Nord du Maroc). Une étude quantitative de l'érosion hydraulique dans les collines marneuses du pré-Rif occidental, Maroc. Annales Rech. Forestières au Maroc 12: 9-176.

K.G. Renard, G.R Foster, G.A. Weesies, D.K. McCool, and D.C. Yoder, 1995. Predicting soil erosion by water: A guide to conservation planning with the revised universal soil loss equation (RUSLE).

Moukhchane M., 1999. Contribution à l'étude de l'érosion hydrique dans le rif occidental (Nord du Maroc). Application des méthodes expérimentales du Césium 137 et de la susceptibilité magnétique aux bassin versants de Nakhla, El Hachef et Smir. Thèse de Doctorat es-science.

Roose E., 1994. Introduction à la Gestion Conservatoire de l'Eau et de la Fertilité des Sols (GCES). Bulletin Pédologique de la FAO N°70 : 428 p.

Tayaa M., 1997. Caractéristiques physiques, hydrologiques et détermination du taux d'érosion du bassin versant de Nakhla.

Wischmeier, W.H., and D.D Smith., 1965. Predicting rainfall erosion losses from cropland East of the Rocky Mountains: Guide for selection of practices for soil and water conservation. U.S. Dep. Agric., Handb. N° 282.

Wischmeier, W.H., and D.D Smith. 1978. Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning. U.S. Dep. Agric., Handb. N°537, 58pp.

**RESEAU
EROSION**



Référence bibliographique Bulletin du RESEAU EROSION

Pour citer cet article / How to cite this article

Moufaddal, K. - Les premiers résultats des parcelles de mesure des pertes en terre dans le bassin versant de Oued Nakhla dans le Rif occidental (nord du Maroc), pp. 244-254, Bulletin du RESEAU EROSION n° 21, 2002.

Contact Bulletin du RESEAU EROSION : beep@ird.fr