

EROSION ET TRANSPORT EN SUSPENSION DANS LE BASSIN VERSANT DE L'OUED MARTIL (RIF SEPTENTRIONAL, MAROC)

**Mohamed EL OUADINI*, Lahcen AIT BRAHIM*,
MOHAMED MOUKHCHANE****

Abdelkader BEN JEBARA* et Driss NACHITE******

* Département de géologie, Faculté des sciences, Av. Ibn Batouta, B. P. 1014, Rabat.

** Laboratoire de géologie, ENS Martil, Tétouan.

*** Direction de l'Hydraulique, Tétouan.

**** Département de géologie, Faculté des sciences, Tétouan.

RÉSUMÉ

Le Bassin versant de l'oued Martil est très vulnérable à l'action érosive de la pluie et du ruissellement. Cette information est basée sur des mesures de turbidité, disponibles au niveau des stations hydrométriques des cours d'eau depuis 1979. L'analyse de ces mesures a permis la quantification des matières en suspension en utilisant des corrélations liant les débits solides aux débits liquides. Les valeurs ainsi calculées sont en accord avec les données d'envasement de la retenue du barrage Nakhla, mesurées par bathymétrie entre les années 1987 et 1996.

Cette approche peut constituer un outil efficace de planification des aménagements pour une gestion rationnelle des bassins versants rifains.

Mots clés: Erosion, matières en suspension, turbidité, bathymétrie, bassin versant, oued Martil, Tétouan, Rif, Maroc.

SUMMARY

The Martil watershed is very vulnerable to the erosive action of raindrops and water flowing. This fact has been based on turbidity measurement at hydrometric stations since the year 1979. The analysis of these measurements had led the quantification of the suspended sediment transport by using correlations binding sediment flows to water flows. Values thus calculated correspond to bathymetric data of Nakhla catchment between 1987 and 1996.

This method provides us with an efficient planning tool of adjustment for a rational management in the Rifain area.

Keywords: Erosion, suspended sediments, turbidity, bathymetry, watershed, Martil, Tetuan, Rif, Morocco.

INTRODUCTION

Dans les montagnes du Rif marocain, la perte en sol a un impact socio-économique très grave. Elle est le résultat de l'interaction de plusieurs facteurs:

- * un climat agressif,
- * un relief accidenté,
- * la prédominance de terrains tendres (marnes et flysch),
- * des facteurs anthropiques aggravants.

Les montagnes et collines du Rif ne couvrent que 6% du territoire marocain mais fournissent plus de 60% des sédiments mobilisés chaque année dans le pays (Heusch, 1970). La dégradation spécifique des terres y est très élevée (2400 à 5000 t/km²/an), contribuant ainsi à l'envasement précoce des retenues des grands barrages (Merzouk et al. 1997) et le rythme des études de diagnostic sur la dégradation des bassins versants n'a pas suivi celui de la dégradation des terres en amont, de l'envasement des barrages en aval.

Cet article récapitule les résultats d'une étude de quantification des débits solides dans le bassin versant de l'oued Martil à travers la mise en évidence de relations statistiques entre les mesures turbidimétriques et les débits liquides au niveau des stations hydrométriques de Timezouk (N°IRE 722/4), Chibich (N°IRE 723/4) et Torreta (N°IRE 167/2). Par ailleurs, les données de l'envasement du barrage Nakhla ont permis la validation des relations établies.

ZONE DE L'ÉTUDE

Le bassin versant de Martil draine une superficie de 1 129 km². Son cours d'eau principal traverse la ville de Tétouan avant de se déverser dans la Méditerranée au niveau du centre de Martil (Fig.1). Ses affluents principaux sont l'oued Khmis, l'oued Chakour, l'oued Mhajrat et l'oued Nakhla. Ce dernier est régularisé par le barrage Nakhla, utilisé pour l'alimentation en eau potable de la ville de Tétouan et des centres côtiers.

L'aire de l'étude est localisée dans la partie occidentale de la chaîne montagneuse du Rif. Elle présente une grande variabilité des points de vue lithologique et géomorphologique (Fig.2).

Les altitudes dépassent 1800 mètres au niveau des crêtes de la dorsale calcaire au sud-est du bassin versant. Elles dominent le reste du paysage. Deux zones s'y distinguent : d'une part la zone à matériel paléozoïque située à l'extrémité Est du bassin versant et dont les crêtes n'atteignent pas les 400 mètres d'altitude. Elle intègre aussi les collines des flyschs situées à l'extrémité Ouest du bassin versant avec des crêtes et les basses montagnes de l'unité de Tanger, à matériel marneux ou marno-schisteux. D'autre part, la partie aval du bassin de l'oued Martil correspond à une zone d'inondation.

Les caractères litho-stratigraphiques généraux de la chaîne rifaine y sont bien représentés. C'est ce que nous indique le chevauchement de plusieurs nappes de charriage (flyschs) formant la ligne de crête au-dessus de l'unité marneuse de Tanger. Cette variété lithologique a permis le développement d'une mosaïque pédologique assez importante, formée de sols peu évolués, de sols hydromorphes et de lithosols. Le couvert végétal est façonné par le climat et la disposition morphopédologique du bassin versant, avec une dégradation importante de la forêt et un défrichement important du matorral.

Le bassin versant de l'oued Martil est marqué par une forte agressivité climatique. En effet, la pluviosité annuelle est d'une grande variabilité. Elle varie entre 500 et 750 mm/an.

Le régime hydrologique des cours d'eau dépend étroitement de la pluviosité. Il se caractérise par une grande variabilité spatio-temporelle avec une succession de périodes humides et sèches. Le débit moyen annuel varie entre 11 et 160 m³/s et témoigne de l'importance du ruissellement dans le processus d'érosion du bassin.

L'agressivité climatique et le ruissellement, associés au relief accidenté, à la nature des terrains (marnes et flyschs) et à la pression anthropique dans le bassin versant, entraînent une dégradation des sols et mettent en danger la durée de vie des barrages Nakhla et Ajas.

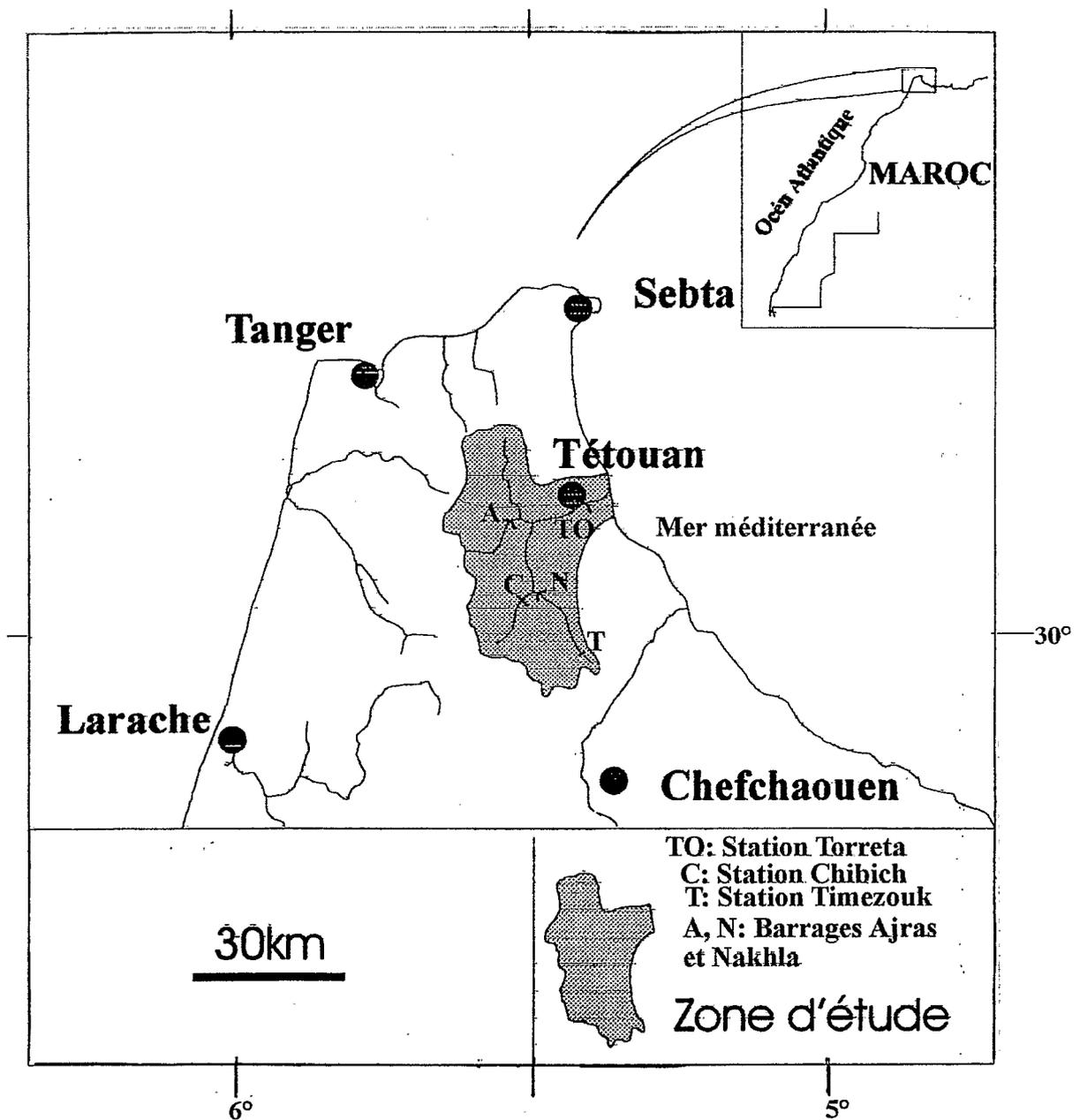
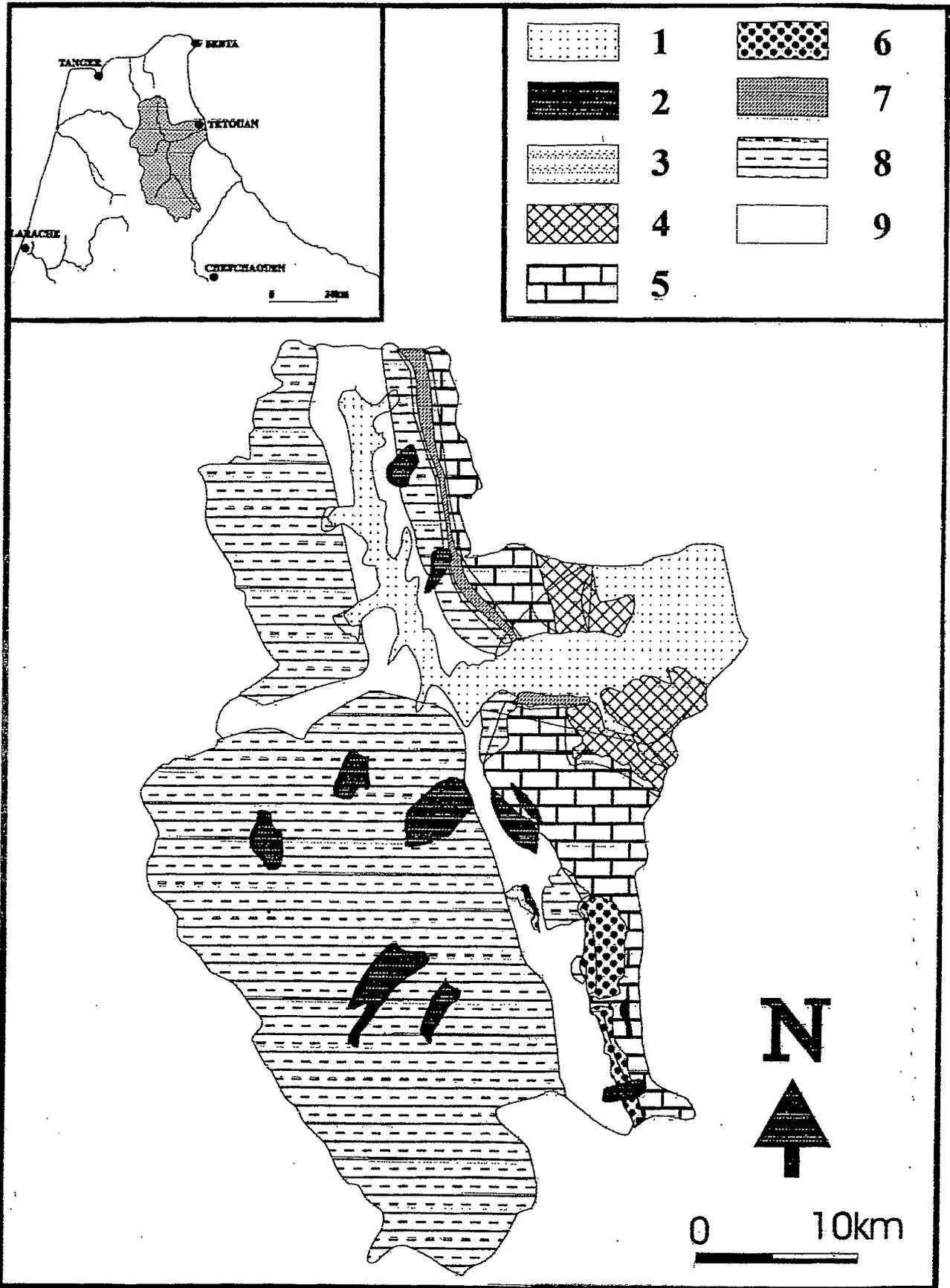


Fig.1: Carte de situation géographique des stations hydrométriques du bassin versant de l'oued Martil.



1-Alluvions, marnes et sables quaternaires. 2-Eboullis et solifluxion. 3-Retenue du barrage
 4-Schistes des nappes ghomarides. 5-Dorsale calcaire. 6-grés et conglomérats d'Amtras-Bettara. 7-Grés et argiles du Pré-dorsalien. 8-Grés, argiles et calcaires des flyschs mauritaniens. 9-Marnes et argiles de Tanger.

Fig.2: Carte lithologique du bassin versant de l'oued Martil

EROSION ET TRANSPORT SOLIDE DANS LE BASSIN VERSANT DE L'OUED MARTIL

Types d'érosion dans le bassin

Les différentes formes d'érosion hydrique (en nappe, par ravinement, par mouvement de masse, laves torrentielles et sapement de berges) sont rencontrées dans le bassin versant de l'oued Martil. Ces types d'érosion contribuent certainement, selon des proportions différentes, à la production des sédiments.

Les transports solides en suspension par mesure des turbidités

Les données de turbidité sont disponibles au niveau du bassin de l'oued Martil pour les stations de Timezouk (48 km²), de Chibich (208 km²) et de Torreta (978 km²) avec respectivement 66, 22 et 27 prélèvements à chacune de ces stations.

Pour la station de Timezouk, les prélèvements ont été effectués pour des débits variant de 0,04 à 88 m³/s avec des concentrations en matière solides allant de 0,08 à 82 g/l.

Pour la station de Chibich, les prélèvements ont été effectués pour des débits allant de 0,1 à 73 m³/s, alors que la concentration des eaux en matière solides durant ces prélèvements a varié de 0,06 à 1,32 g/l.

Pour la station de Torreta, les prélèvements ont été effectués pour des débits allant de 14 à 947 m³/s, alors que la concentration des eaux en matière solides durant ces prélèvements a varié de 0,2 à 11 g/l.

Ces données ont fait l'objet d'ajustements statistiques, d'après une relation entre les débits solides et les débits liquides dont la forme est la suivante:

$$Q_s = a Q^b \quad (\text{in Tayaa, 1997})$$

Avec : Q_s : débit solide (kg/s) Q : débit liquide (m³/s) a et b : des constantes.

Les coefficients a et b dépendent des caractéristiques granulométriques des matières en suspension et de l'écoulement spécifique au bassin versant.

Le choix de cette représentation est dû à la possibilité d'approximation par une loi exponentielle des formules classiques de transport en suspension.

Les graphes correspondants pour les trois stations sont (Fig.3, 4, 5):

Station de Timezouk : $Q_s = 0,64 Q^{1,75}$ avec $R^2 = 0,96$

Station de Chibich : $Q_s = 0,32 Q^{1,01}$ avec $R^2 = 0,86$

Station de Torreta : $Q_s = 0,42 Q^{1,30}$ avec $R^2 = 0,89$

La validité de ce type de relation a été vérifiée au niveau du sous bassin Nakhla d'une superficie de 110 km². En effet, la relation établie à la station de Timezouk, pour un bassin d'une superficie de 48 km², a été appliquée pour évaluer le transport en suspension à la retenue du barrage Nakhla en extrapolant les coefficients a et b (Tableau 3).

L'analyse des matériaux en suspension dans les trois stations (Timezouk, Chibich et Torreta) montre une grande variation entre ces stations qui est due à plusieurs facteurs tels que:

- * la superficie du bassin,
- * les caractéristiques physiques (pentes, types de granulométries des sédiments),
- * la dynamique fluviale du réseau hydrographique du bassin versant (Tayaa, 1997).

$$\text{Log } Q_s = -0,4319 + 1,7512 \cdot \text{Log } Q$$

$$r = 0,97$$

Log Q_s

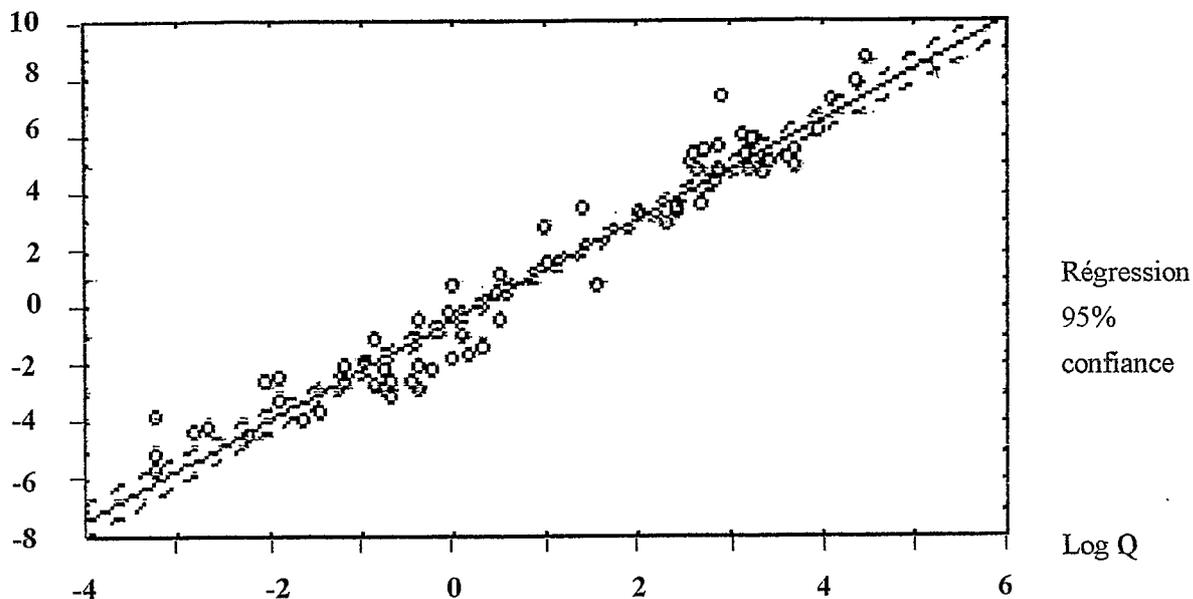


Fig.3: Relation entre les débits solides et les débits liquides (station de Timezouk)

$$\text{Log } Q_s = -1,427 + 1,0112 \cdot \text{Log } Q$$

$$r = 0,87$$

Log Q_s

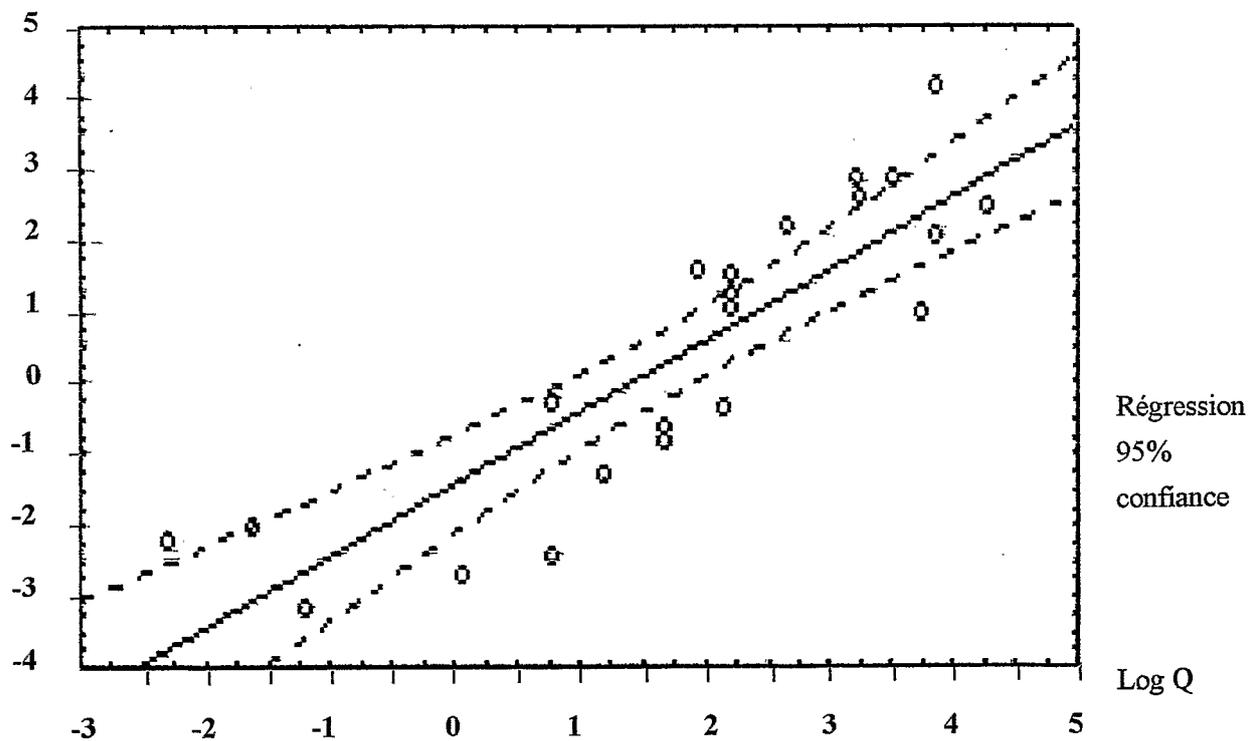


Fig.4: Relation entre les débits solides et les débits liquides (station de Chibich)

$$\text{Log } Q_s = -0,8645 + 1,3012 \cdot \text{Log } Q$$

$$r = 0,89$$

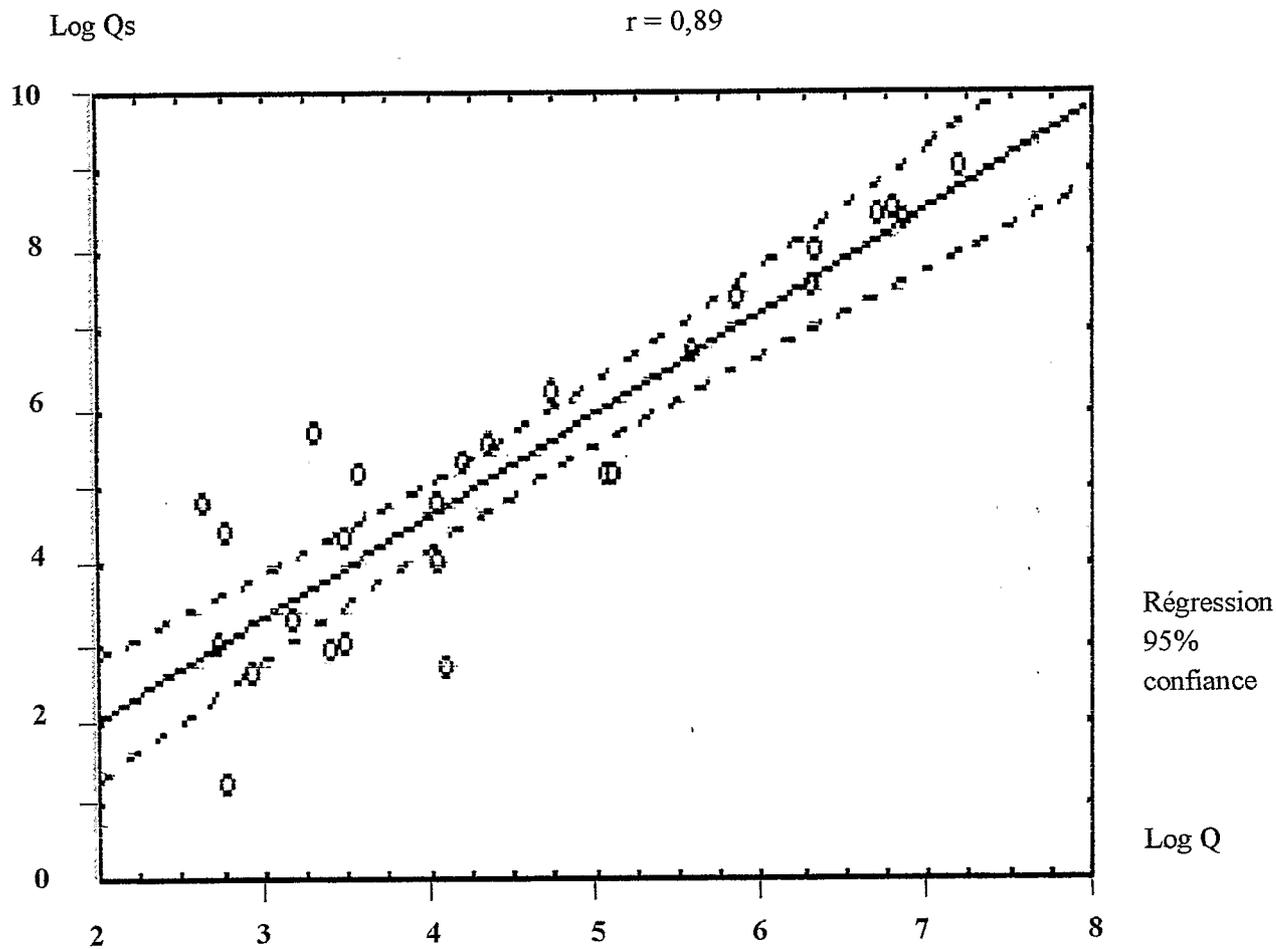


Fig.5: Relation entre les débits solides et les débits liquides (station de Torreta)

Année	Apport calculé Station Timezouk, Mm ³
1987-1994	1,23
1994-1996	1,17

Tableau 1: Calcul du transport en suspension
(station de Timezouk)

A partir de l'envasement du barrage (bathymétrie)

Le barrage Nakhla a fait l'objet de mesures de bathymétrie par la Direction de l'Hydraulique en 1967, 1979, 1987, 1994 et 1996.

Année	Envasement total (Mm ³)	Envasement annuel (Mm ³)
1961-1967	0,581	0,0968
1967-1979	1,332	0,111
1979-1987	0,099	0,12
1987-1994	1,258	0,179
1994-1996	0,86	0,43

Tableau2: Envasement du barrage Nakhla pour différentes campagnes bathymétriques (Hydraulique, 1996 in Moukhchane, 1999).

Comparaison des apports en sédiments obtenus par mesure des turbidités à la station Timezouk et par mesure de l'envasement du barrage Nakhla

Année	Envasement du barrage Nakhla Mm ³	Apports solides à la station Timezouk Mm ³	Rapport
1961-1967	0,58	---	
1967-1979	1,33	---	
1976-1987	0,09	---	
1987-1994	1,25	1,23	0,98
1994-1996	0,86	1,17	1,36

Tableau 3: Comparaison de l'envasement du barrage Nakhla et des apports en sédiments à la station de Timezouk.

Le tableau ci-dessus montre que la production estimée de sédiments au niveau de la station de Timezouk, qui draine seulement 43,6 % de la superficie totale du bassin versant de l'oued Nakhla, dépasse sur la période 1994-1996 l'envasement du barrage Nakhla d'un facteur égal à 1,36. Ceci nous permet de conclure:

* que les terrains cultivés en amont de la station de Timezouk produisent presque la totalité des sédiments qui envasent le barrage Nakhla (période 1987-1994) ;

* que le rapport supérieur à 1 ne peut s'expliquer que par le déversement du barrage Nakhla ou par un alluvionnement entre la station Timezouk et la retenue (période 1994-1996).

DISCUSSION ET RÉSULTATS

La comparaison des mesures d'apports solides, obtenues par turbidimétrie à la station Timezouk et bathymétrie au barrage Nakhla, montre une concordance des résultats et **traduit un fort impact** du ruissellement dans le processus de l'érosion du sous-bassin versant de l'oued

Nakhla situé en amont de la station Timezouk.

La méthode turbidimétrique a l'avantage de mieux cerner les valeurs extrêmes du transport en suspension et constitue une approche qui peut être appliquée aux bassins versants dont on connaît la chronique des débits liquides et où les données de turbidité ne sont pas abondantes.

CONCLUSION

En utilisant la relation $Q_s = a Q^b$, déterminée à partir des mesures de turbidité réalisées au niveau des stations hydrométriques, il est possible de quantifier les débits solides des grands cours d'eau d'un bassin versant et de déterminer les taux de dégradation des terrains en amont des stations. Les coefficients de cette relation varient en fonction des caractéristiques géomorphologiques et hydrologiques des bassins versants. En tenant compte de ces caractéristiques, on peut procéder à un classement des différentes régions en fonction de leur susceptibilité à l'érosion.

En complétant ces informations par des mesures bathymétriques d'envasement des barrages, il est possible de comparer ces mesures de turbidité au taux d'envasement des barrages.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- HEUSCH B., 1970. L'érosion du Prérif. Une étude quantitative de l'érosion hydrique dans les collines du Prérif occidental, Maroc. *Annales de recherche forestière au Maroc*. 12: 9-176.
- MERZOUK A., ET DAHMAN H., ABDELLAOUI B. ET HOUSSA R., 1997. Transformations des terres du Rif et son impact sur l'envasement du barrage Ibn Battota (Tangérois, Maroc). *Journée sur l'utilisation des techniques spatiales et des systèmes d'informations géographiques (SIG) pour la gestion du territoire. Journée organisée par l'Asso. des Ing. de l'Ecole Hassania des Travaux publics*. Rabat. 13 p.
- MOUKHCHANE M., 1999. Contribution à l'étude de l'érosion hydrique dans le Rif occidental. Applications des méthodes expérimentales du Césium 137 et de la susceptibilité magnétique aux bassins Nakhla, El Hachef et Smir. *Thèse d'état. Univ. Abdelmalek Essaadi*. 260 p.
- EL OUADINI M., 2000. Relation précipitation, débit et transport en suspension dans le bassin versant de Martil (Rif septentrional, Maroc). *Mémoire de DESA. Fac. Sc. Rabat. Univ. Med. V Rabat-agdal*. 79 p. inédit.
- TAYAA M., 1997. Bassin versant Nakhla. Caractéristiques physiques, hydrologiques et détermination du taux d'érosion. *Projet PREM, Ministère de l'environnement/USAID, Rapport*, 74 p.

**RESEAU
EROSION**



Référence bibliographique Bulletin du RESEAU EROSION

Pour citer cet article / How to cite this article

El Ouadini, M.; Ait Brahim, L.; Moukhchane, M.; Ben Jebara, A.; Nachite, D. - Erosion et transport en suspension dans le bassin versant de l'Oued Martil (Rif septentrional, Maroc), pp. 78-86, Bulletin du RESEAU EROSION n° 20, 2000.

Contact Bulletin du RESEAU EROSION : beep@ird.fr