

# APPROCHE CARTOGRAPHIQUE ET ANALYTIQUE DE L'ÉROSION HYDRIQUE DANS LE BASSIN VERSANT DE L'OUED MARTIL (RIF, MAROC)

**Thami KHAI \***, **Jacques BEAUCHAMP \*\***, **My Lahcen MAHDOUDI\***  
**et Abdelmjid YACOUBI\***

(\*) Faculté des Sciences, B.P. 4010, Bni M'hamed, Meknès, Maroc.

e-mail : t.khai@caramail.com ou t.khai@fsmek.ac.ma

(\*\*) Université de Picardie Jules Vernes, Faculté des Sciences, 33 rue Saint Leu, Amiens,  
France. e-mail : Jacques.Beauchamp@sc.u-picardie.fr

**Résumé :** Au niveau d'un bassin versant du domaine montagneux rifain, le Martil ( $S = 1050 \text{ km}^2$ ), la caractérisation de l'érosion hydrique par ravinement et mouvements en masse est faite. Les principaux résultats de la cartographie, des analyses structurales ainsi que géotechniques ont permis de définir deux unités morphodynamiques. Une première unité rattachée aux versants à flyschs de Bni Ider et une seconde relative aux talus commandés par les flyschs numidiens. Des sensibilités fortes au ravinement sont observées au niveau des versants à flyschs de Bni Ider. Les talus commandés par les flyschs numidiens présentent une densité de drainage faible. La superficie des zones concernées par l'incision linéaire varie entre 23 % à 72 %. Le ravinement constitue de loin le processus érosif le plus fréquent puisque les entailles actives impliquent des superficies 3 à 11 fois plus grandes que celles dues aux mouvements en masse. Ces derniers mobilisent généralement les colluvions mais parfois aussi le substrat.

**Mots-clés :** Maroc, Rif, Bassin Versant, Erosion hydrique, Ravinement, Mouvements en masse.

**Abstract :** At the level of a rifain mountainous watershed, the Martil ( $A = 1050 \text{ km}^2$ ), the study of hydric erosion by gullying and mass movements have been made. By mapping, structural and soil engineering analysis, two morphodynamic units have been defined : one is related to Bni Ider flyschs slopes and the other is found on numidien flyschs slopes. Gullying is frequent on the first fields by opposition to the second areas. Channeling constitutes the most frequent erosive process. The concerned regions covers about 23 % to 72 % of the surveyed areas. The active grooves concern three to eleven times bigger than the ones related to mass movements. The latter generally mobilise not only the colluviums but also the substratum.

**Keywords:** Morocco, Rif, Watershed, Hydric erosion, Gully, Mass movements.

## 1. PROBLEMATIQUE ET INTERET DE L'ETUDE

L'érosion hydrique est un processus naturel dont l'ampleur s'aggrave avec l'utilisation intensive des sols par l'homme. Le Rif occidental qui ne couvre que 2 % du Maroc fournit à lui seul 40 % de la terre érodée (Heusch, 1970). Le taux d'érosion dans les zones rifaines fragiles est en moyenne de 17 t/ha/an (Moukhchane et al., 1998) atteignant parfois des records

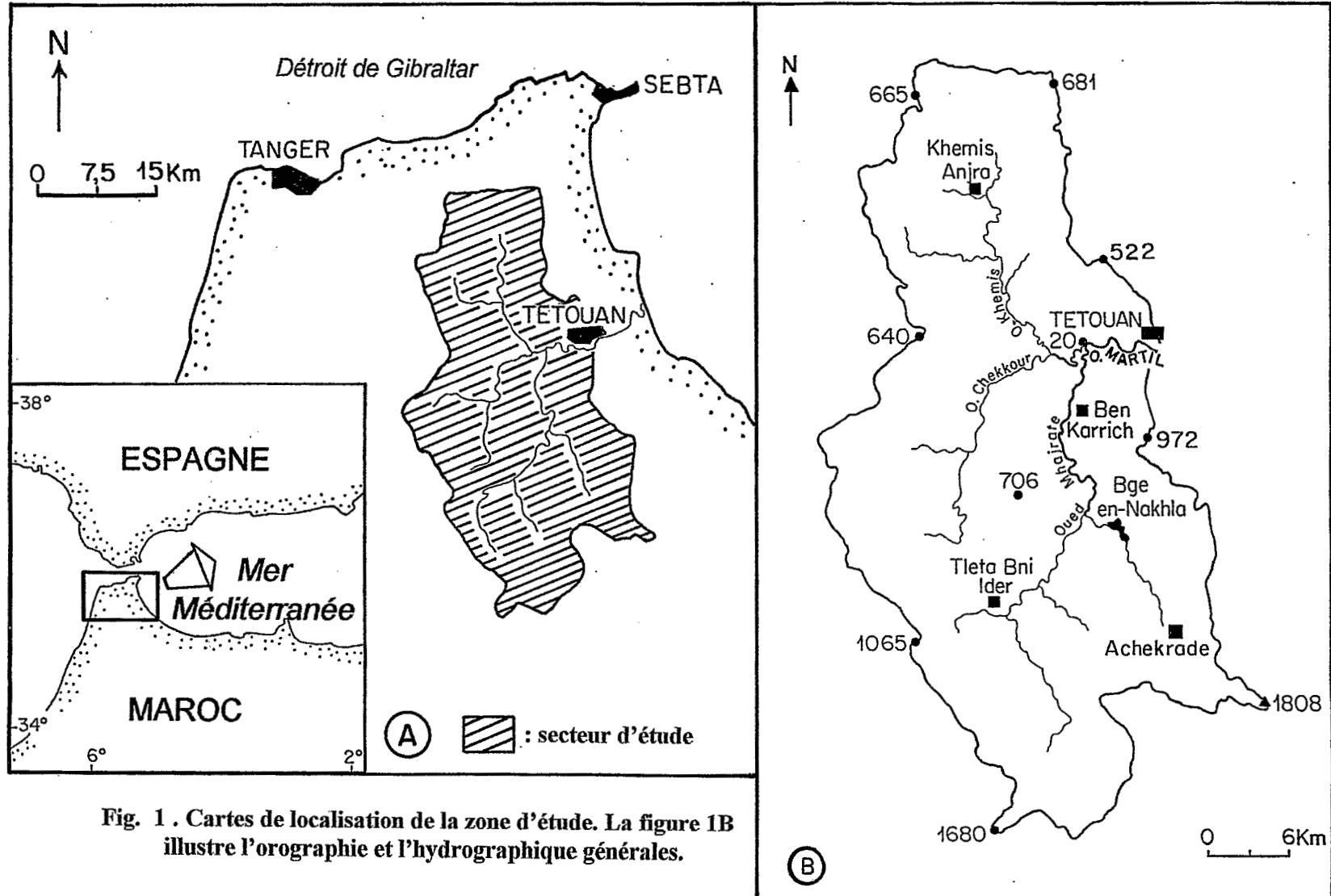


Fig. 1 . Cartes de localisation de la zone d'étude. La figure 1B illustre l'orographie et l'hydrographie générales.

de 49 t/ha/an (Amil, 1992). Les conséquences d'une telle dynamique du milieu sur les pertes en capital sol sont grandes (Laabidi, 1979) dans ces contrées où la densité de la population rurale est considérée parmi les plus élevées du Maroc (CERED, 1998). En outre, la capacité des barrages à emmagasiner les eaux se trouvent de plus en plus compromise du fait de l'envasement accéléré des retenues. Le Maroc perd ainsi l'équivalent de  $70.10^6$  m<sup>3</sup>/an (CSE, 1991).

Divers programmes d'aménagement de bassins versants ont vu le jour au Maroc et ce depuis les années cinquante. Certains ont intéressé le Rif occidental tels que le D.E.R.R.O. (El Gharbaoui, 1981) et le P.R.E.M. (Tayâa, 1997). Les crédits débloqués ont été lourds mais les résultats obtenus sont peu encourageants et demeurent loin des attentes fixées (Laouina, 1999). Les raisons de cet échec sont multiples. Elles résident en partie dans la méconnaissance du géosystème rifain, d'où le souci de réflexion sur la mise au point de méthodes d'approches plus appropriées.

Ce travail vise la caractérisation des processus de l'érosion hydrique par ravinement et mouvements en masse au niveau du bassin versant (BV) de l'oued Martil. L'approche cartographique de ces manifestations dynamiques est appréhendée au niveau de BV élémentaires et à l'échelle du BV de Martil. L'approche analytique, géologique et géotechnique sert à mieux comprendre les processus génétiques et les mécanismes mis en jeu.

## **2. MILIEU D'ETUDE**

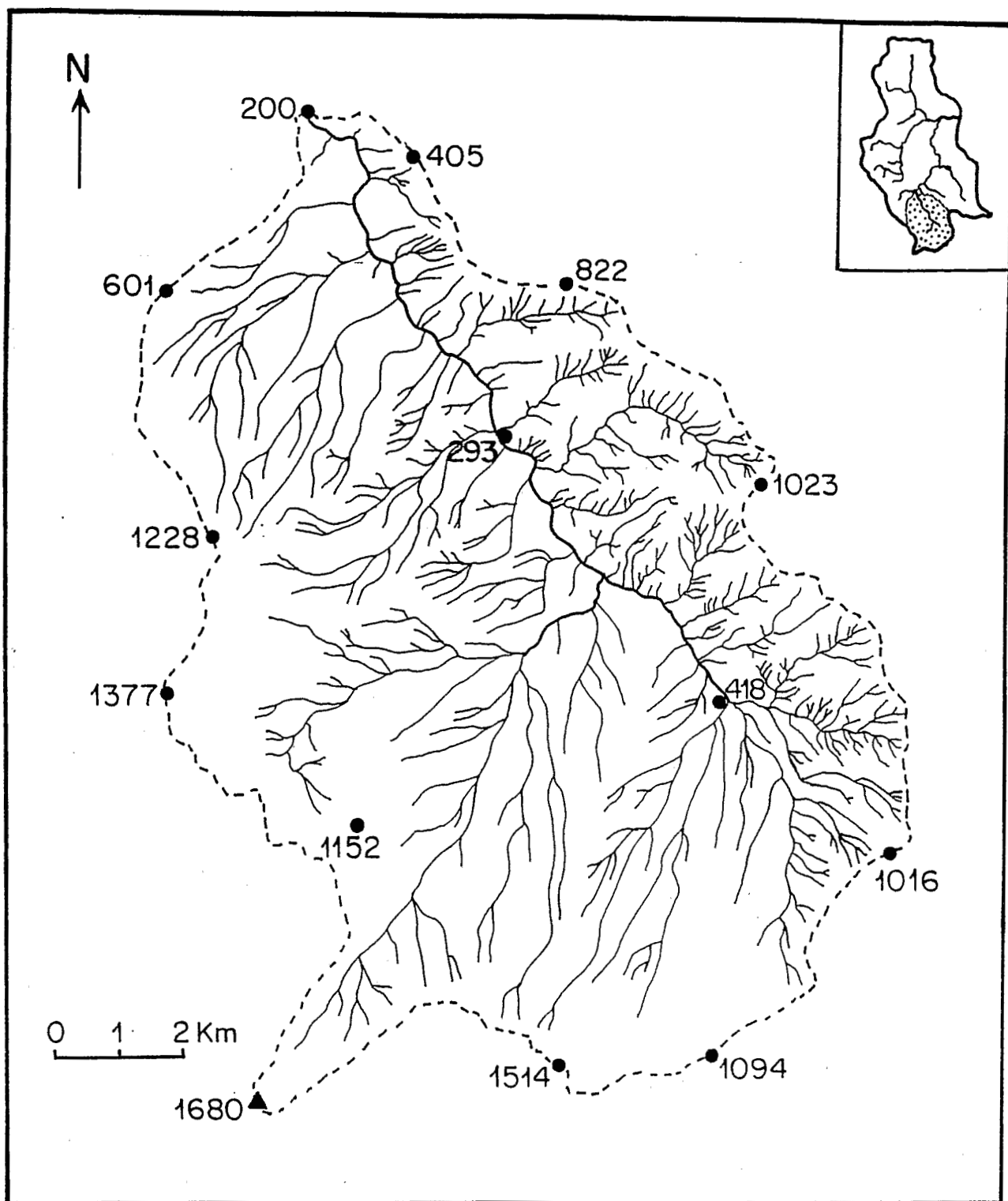
### ***A. Cadre géographique***

Le BV de Martil se situe dans la partie nord occidentale du Maroc entre les latitudes Nord 35°10' et 35°45' et les longitudes Ouest 5°17' et 5°38'. Il fait partie de la chaîne montagneuse du Rif. Sa superficie totalise 1050 km<sup>2</sup> au niveau de la ville de Tétouan (Fig. 1). Les altitudes varient entre 9 m et 1808 m. Le climat est de type méditerranéen sub-humide à variante tempérée. La pluviométrie annuelle moyenne est de 907 mm, la température annuelle moyenne est de 18,2°C avec 11,8°C au mois de janvier et 24,6°C au mois d'août. L'évaporation déterminée selon la méthode Piche pour la ville de Tétouan est de 1400 mm/an (Scet-Maroc, 1980).

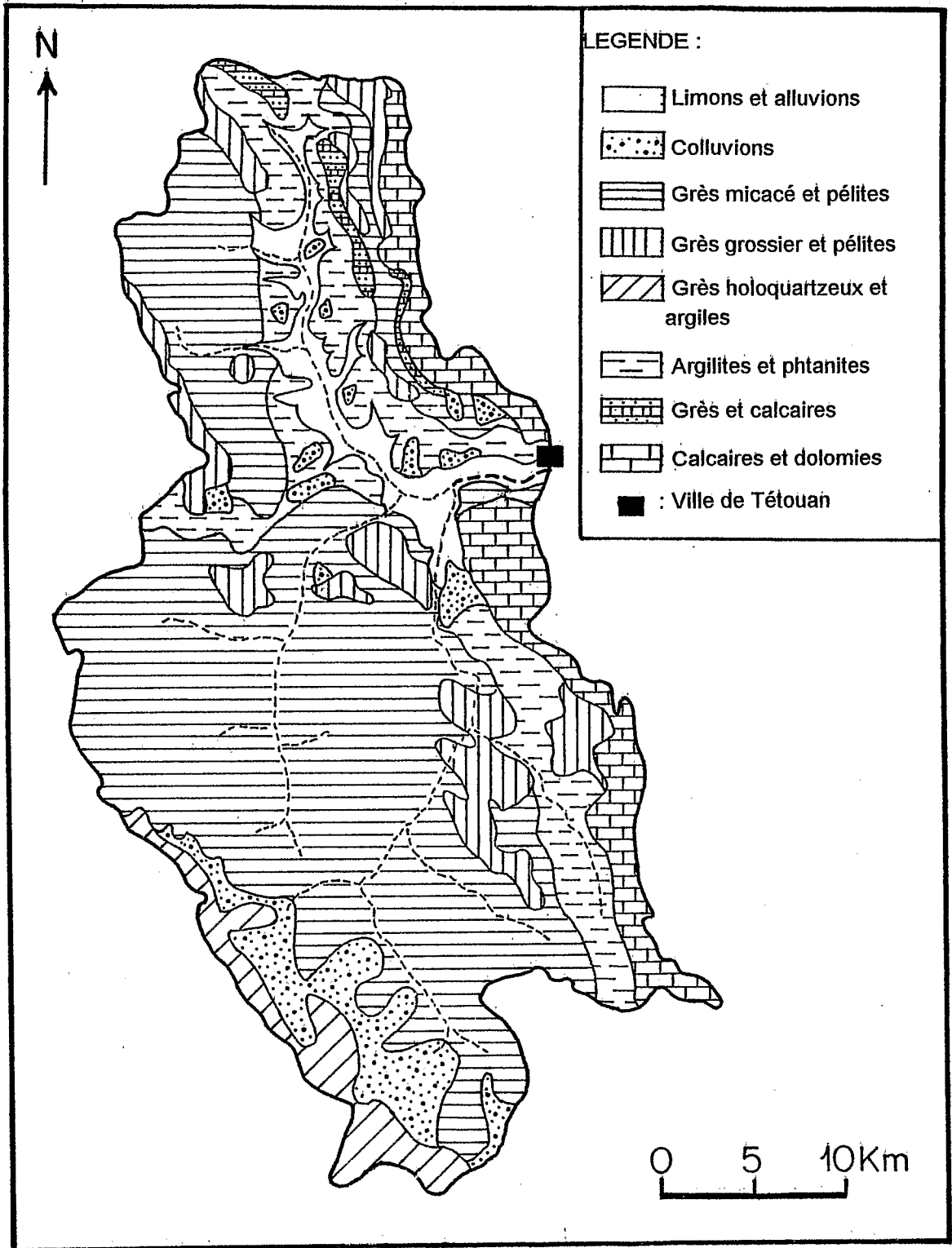
### ***B. Contextes géologique et lithologique***

Le Rif appartient à la terminaison occidentale de la chaîne alpine péri-méditerranéenne. Les écaïlles et barres de la chaîne calcaire prennent place, sur la bordure orientale du bassin, en une bande continue de 54 km de long de part et d'autre de la cluse de Tétouan. Cette ossature carbonatée appartient au domaine interne. A l'ouest, se développe le domaine des nappes de flyschs dont les flyschs de Bni Ider à lits décimétriques et/ou bancs métriques. Ces différentes nappes d'âge alpin et à origine tectonique reposent sur l'unité de Tanger. Leur disposition en bandes parallèles à direction sub-méridienne, a permis au sillon Anjra-Achekrade de séparer les nappes carbonatées à l'est des nappes à flyshs à l'ouest sur environ 60 km (Fig. 1, 2). Les différents climats qui se sont succédés durant le Quaternaire ont façonné les reliefs et ont permis la mise en place d'importants dépôts colluviaux (Suter, 1980). Ces derniers se sont agencés par endroits en glacis (El Gharbaoui, 1981).

La carte lithologique met en évidence deux ensembles : les terrains silico-alumineux (60 % de superficie) et les terrains calcaires et dolomitiques (12 %). Le faciès détritique à grès micacés et pélites (flyschs de Bni Ider), largement dominant, occupe 48 % de la superficie du BV (Fig. 2). Il se situe principalement dans la partie centrale et au Nord Ouest du BV de Martil.



**Fig. 4 . Géométrie du réseau d'entailles dans le BV de Sahel, sur grès holoquartzeux et argiles (rive gauche) et sur grès micacés et pélites (rive droite). En haut figure sa localisation au sein du BV de Martil.**



**Fig. 2 . Carte lithologique du bassin de Martil.**

### 3. METHODOLOGIE

L'approche cartographique consiste à localiser, à identifier et à décrire les formes d'érosion d'origine hydrique présentes sur le terrain. La nomenclature proposée par Strahler (1952) et complétée par Varnes (1958) est adoptée. Cet aspect qualitatif est aussi apprécié à l'aide des photographies aériennes au 1/20.000 (Mission 1986) et des cartes topographiques au 1/50.000. A cet effet, deux BV élémentaires et représentatifs ont été choisis. Le versant étant considéré comme unité morphogénique de base. La caractérisation des dépôts de pente est faite sur la base d'un certain nombre d'analyses. Les teneurs en carbonates sont déterminées par la calcimétrie Bernard. La minéralogie de la roche totale et la phase argileuse sont faites à l'aide d'un diffractomètre Philips PW 1729 muni d'anti-cathode de cuivre. Les différentes fractions granulométriques sont obtenues par tamisage à sec (Folk, 1974). Les tests de contrainte au cisaillement sont réalisés au Laboratoire Public d'Etudes et d'Essais de Casablanca. Les indices d'Atterberg sont déterminés au Laboratoire de la Physique du Sol de l'Institut Agronomique et Vétérinaire de Rabat.

### 4. RESULTATS ET DISCUSSIONS

L'érosion hydrique dans le BV de Martil est appréhendée à travers le sous-bassin versant d'El Heddadine ( $S = 9,6 \text{ km}^2$ ) qui se situe en plein pays Bni Ider (Fig. 3) et le BV de Sahel ( $S = 124 \text{ km}^2$ ). Ces BV offrent la possibilité de cerner aussi bien l'érosion hydrique par incision linéaire que les mouvements de terrain de versants commandés par des flyschs.

#### *A. Erosion par incision linéaire*

L'érosion linéaire s'organise en un réseau d'entailles peu hiérarchisé avec une densité de drainage faible  $D_d = 2,5$ . Les drains d'ordre 1 sont généralement courts. Là où le talus est large, tout particulièrement sur les versants de la rive gauche, les drains sont longs et assurent le transport tandis que ceux aboutissant directement dans le cours principal assurent le transit mais aussi de l'incision (Fig. 3). Ces aires s'organisent à la faveur d'une rupture de pente parfois d'origine structurale. Le système d'entailles s'étend sur 20 % des surfaces des versants (Tableau I). Au fond de la vallée, l'érosion hydrique concentrée a abouti à quelques aires de ravinement généralisé. Leurs superficies ne dépassent pas  $300 \text{ m}^2$  à  $500 \text{ m}^2$  et concernent 5 % de la surface du BV d'El Heddadine. Dans sa majorité, le réseau d'entailles répertorié témoigne d'un âge récent. Cependant, l'absence de terrasses repères datant du Quaternaire ancien ou récent au niveau de ce BV ne permettent pas de mieux fixer leur date. Concernant l'érosion linéaire actuelle, des rigoles et des ravines ont été observés durant la période 1992 -1998 au sein de terrains nouvellement défrichés. Il s'agit de quelques terrains ne dépassant pas  $500 \text{ m}^2$  appartenant à un matorral clair qui se situe aux alentours du village d'El Heddadine.

Plusieurs éléments entrent en jeu dans la dynamique érosive de ce domaine. Avec une déclivité généralement supérieure à 29 %, des impluviums de quelques kilomètres carrés et la présence de terrains imperméables à grès et pélites, l'incision des drains est omniprésente puisque 87 % du système d'entailles connaît le ravinement (Tableau I). Sur les versants abruptes, la raideur des pentes a rendu difficile l'exploitation agricole des terres ce qui a réduit le défrichement et a permis par la même occasion la conservation d'un couvert végétal dense du type matorral. Ce secteur fait partie des rares zones où la couverture végétale naturelle persiste au sein du BV de Martil. Ce biotope accomplit un rôle antiérosif non négligeable. Ce fait n'est plus à démontrer en domaine méditerranéen (Derouich et al., 1997).

L'analyse du réseau du drainage sur les terrains à grès micacés et pélites, un peu partout dans le BV de Martil, montre une densité généralement élevée à l'image de la rive gauche du BV de Sahel (Fig. 4). Les versants de la rive droite, à grès et pélites, présentent un réseau d'incisions mature, très dense et bien hiérarchisé du type dendritique ( $D_d = 8,3$ ). Sur les versants de la rive gauche, un système lâche ( $D_d = 2,3$ ) du type sub-parallèle se développe sur les versants à grès holoquartzeux et argiles. Le système de drainage de ce géosystème illustre le rôle de la lithologie dans le contrôle de la croissance du réseau d'entailles. Cependant nous ne devrions pas exclure le(s) processus morphogénique(s) qui peuvent modeler par endroits le paysage (Schumm et Parker, 1973 ; Maurer, 1988). L'analyse des paramètres géométriques du BV de Martil à partir d'un découpage en 17 BV élémentaires a révélé des densités de drainage comprises entre 3,8 et 5,3 pour les bassins versants commandés uniquement par les flyschs de Bni Ider. Ces données nous rappellent le ravinement actif et dense observé dans certaines contrées du Rif Occidental (Beaudet, 1962).

Il n'est pas rare de trouver sur un système d'entailles qui s'étend sur 72 % des versants à grès et pélites (Fig. 3). Ce flysch se présente sur le terrain sous forme de lits alternés de grès et pélites d'épaisseurs décimétriques à métriques. Le ravinement se trouve ainsi facilité par l'érosion différentielle des lits pélitiques nombreux et rapprochés fragilisant par la même occasion les niveaux gréseux. Les versants commandés par les flyschs numidiens présentent le plus souvent des barres massives. Ces crêtes sont constituées de grès holoquartzeux dont l'affleurement dépasse parfois 300 m. Ces grès, dont le réseau de drainage est faible, s'avère plus résistants à l'incision hydrique que les argilites de dessous (Fig. 1). Il paraît que, non seulement la lithologie conditionne la structuration du réseau d'entailles sur ces versants mais aussi la lithostratigraphie des deux formations à flyschs. D'autre part, la déclivité générale sur les deux flancs de la vallée n'est pas étrangère à cette géométrie d'incision. Sur la rive gauche, la pente est de 7 % alors que sur la rive droite, elle avoisine 12 %. En outre, le couvert végétal ligneux est bien présent sur les crêtes siliceuses et les hauts versants à l'ouest. Au dessus de 1200 m, la forêt à chêne vert (*Quercus ilex*) domine. La subéraie demeure de loin l'essence la plus répandue entre 800 m et 1200 m d'altitude. Sur les hauts versants encaissés et abruptes, la forêt est très touffue, associant le lentisque (*Pistacia lentiscus*), l'arboisier (*Arbutus unedo*) et la bruyère arborescente (*Erica arborea*).

Ailleurs, en dehors de zones boisées, dénudés de végétation, l'érosion linéaire est active au niveau des ravines à partir d'une clinométrie de 12 %. Par contre, les ravines boisées à lentisque et calycotome ne montrent des signes de perte en terre par ravinement qu'à partir d'une déclivité de 26 %. Tout à fait à l'amont du barrage collinéaire d'Ajras, les versants dénudés et cultivés en face de Aïn el Hsen offrent un exemple local de technique de lutte antiérosive de type biologique. Les ravines et les ravins de la région présentent une végétation dense qui bloquent la croissance de ces entailles hydriques. De telles techniques traditionnelles de lutte antiérosive devraient être étendues à la région.

Si les espaces nouvellement touchés par l'érosion linéaire sont réduits au niveau du sous-bassin versant d'El Heddadine, ailleurs les choses sont différentes. Sur les autres versants du BV de Martil, les zones affectées par l'érosion hydrique sont malheureusement plus nombreuses et plus étendues. A titre d'exemple, en contre-bas du village Ez-zinate, la pression anthropique par le défrichement pour l'acquisition de nouvelles terres de cultures est très évidente. Cette opération se fait au dépens du matorral clair à lentisque (*Pistacia lentiscus*) et doum (*Chamaerops humilis*) présents sur des versants à pente comprise entre 15 % et 28 % voire plus. Elle s'effectue surtout en fin d'hiver et/ou au printemps lorsque la strate herbacée est assez développée. Cette couverture végétale permet de masquer le déracinement illicite du doum sur le domaine

collectif. Ces actions dégénératives du couvert végétal naturel ont eu des conséquences néfastes sur le capital sol au niveau de certains secteurs du BV de Martil. C'est le cas au fond de la haute vallée située à l'amont du barrage en-Nakhla, de même que dans la basse vallée de l'oued Khemis. Ainsi au pied du village d'Achekrade (Fig. 1), un système de ravinement concentré type badlands de plusieurs hectares opère sur le substrat rocheux à phtanites de l'unité de Tanger. Il s'agit là de terrains imperméables à ruissellement abondant. Vu les résultats peu encourageants des opérations précédentes d'amanègements de BV, la restauration de tels espaces ne se fera pas sans difficulté. A cet effet, la réhabilitation mécanique et biologique devrait en grande partie s'inspirer du savoir faire local. Le reboisement de ravines et l'installation de seuils en pierres en sont quelques exemples. Les dix recommandations relatives à la restauration de ravines en Algérie (Roose et al., 2000) fournissent quelques éléments de réponse.

Lithologie dominante	Type des manifestations dynamiques				Zones stables
	Entailles	Ravinement actif	Badlands	Mouvements en nappes	
Grès et pélites	20,6 %	17,6 %	5,5 %	6,1 %	15,5 %
Grès et argiles	20,3 %	12,1 %	3,4 %	3,9 %	18,3 %

**Tableau I : Divers manifestations dynamiques de l'érosion hydrique en % de superficie au sein de deux types de versants.**

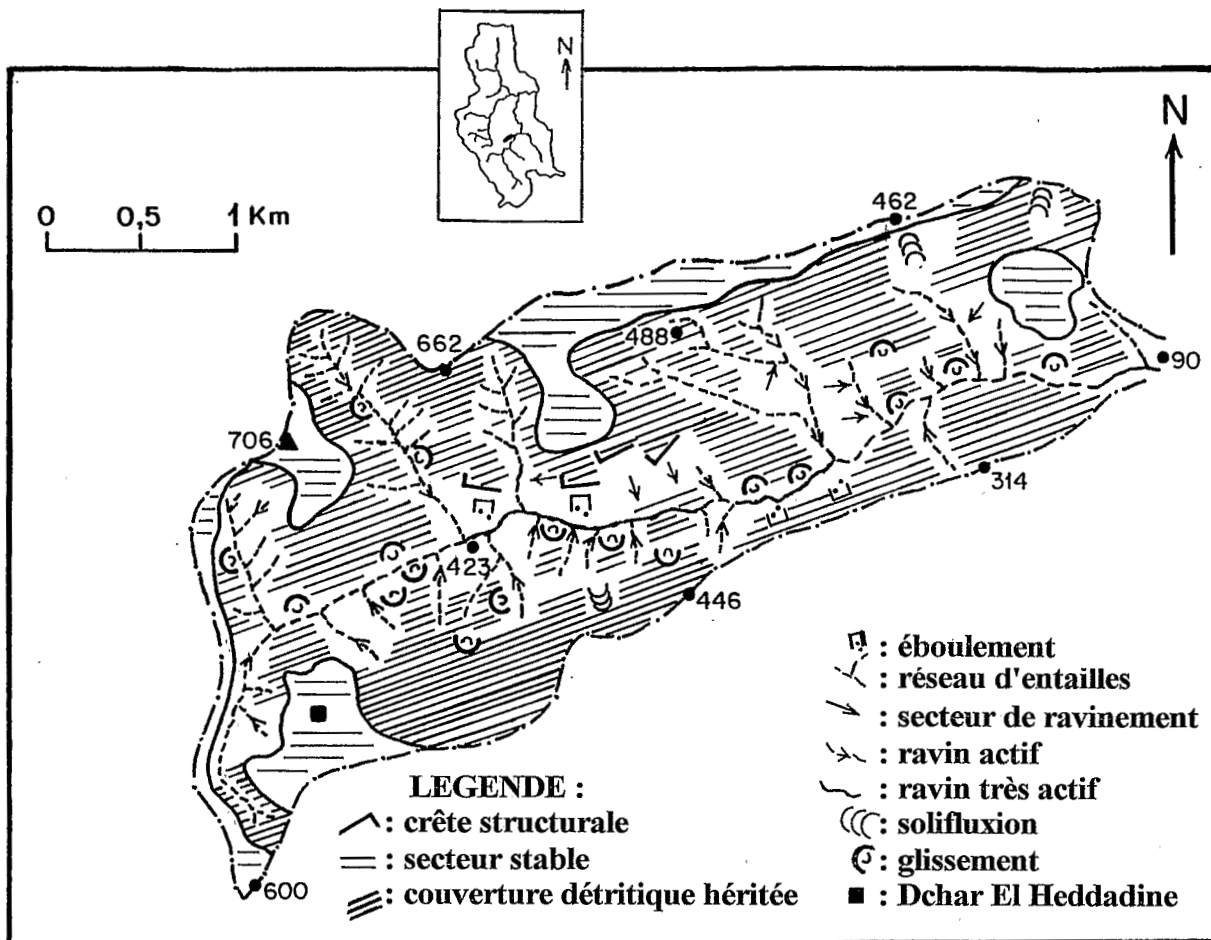
Lithologie prépondérante	Granulométrie (%)			I. A.		CaCO3 (%)	Argiles (%)			
	Sables	Limons	Argiles	W.L.(%)	Ip		K	I	Sm	Inter.
Grès et pélites	45,9	41,2	12,9	19	3,5	8	27	22,7	tr	50
	38,8	32,7	29,3	18	2,6	6,3	29	27	tr	44
Grès et argiles	15,3	36	48,7	41,1	23,8	2,6	7	25	28	44,6

**Tableau II : Paramètres géotechniques de colluvions (I. A. : indices d'Atterberg, W.L. : limites de liquidité, Ip : indice de plasticité) et composition en minéraux argileux, K : kaolinite, I : illite, Sm : smectite, Inter. : interstratifiés.**

### **B. Mouvements en masse**

Les zones d'interfluves du BV d'El Heddadine révèlent des mouvements en nappes (Fig. 3). Le manteau détritique s'arrache sur quelques dizaines de centimètres et s'écoule par solifluxion. Parfois la cicatrice d'arrachement est de quelques mètres de profondeur et les matériaux déplacés forment une langue à bourrelets de plusieurs mètres de long. Ces déplacements en nappes sont concentrés au pied des versants et s'étendent sur 6 % de la surface totale de ce géosystème (Tableau I). Ces instabilités de talus, observables en saison humide et à différentes altitudes sont dues à divers facteurs. L'analyse des propriétés mécaniques de ces dépôts de pente montre une pauvreté en argiles, une teneur en carbonates assez élevée et un faible indice de plasticité (Tableau II). Ces différents résultats montrent qu'il s'agit de matériaux cohérents et pourtant les secteurs concernés par ces mouvements en masse sont importants (Tableau I).





**Fig. 3 . Formes d'érosion associées aux flyschs à grès micacés et pélites du BV d'El Heddadine. En haut figure sa localisation au niveau du BV de Martil.**

Là où ces manifestations érosifs ont été observées, la clinométrie du talus varie entre 8 % et 45 %. Au fond de la vallée encaissée de l'oued Kbir, à l'amont de l'oued Mahajrate, ces instabilités affectent des colluvions épaisses et pourtant il s'agit de régions boisées par un matorral dense. A El Hamra, aux alentours du village de Tleta Bni Ider, le défrichement très poussé de la subéraie est à l'origine de l'apparition de mouvements par solifluxion et glissement. Les talus concernés n'excèdent pas 20 % de déclivité.

Ces mouvements en masse endommagent par endroits partiellement ou totalement la chaussée. Au cours de la période 1992-1998, nous avons pu recenser sur ce tronçon 13 zones actives au niveau la route secondaire 602 reliant Tleta Bni Ider à Téouan. A côté de ces mouvements de terrain actuels, d'autres plus d'âge anciens peuvent être réactivés en période humide. Il s'agit en grande partie de dépôts de pente hérités des périodes quaternaires froides (Didon, 1977 ; Suter, 1980 ; El Gharbaoui, 1981). Les coulées boueuses de Aïn el Hsen issues de grès grossiers et pélites en sont un exemple.

Sachant que ces différents mouvements de terrains se produisent en saison humide qu'en est-il de la pluviométrie sur ces versants et comment l'eau se comporte t-elle dans ces formations qui sont considérées comme imperméables ?

Aux cours des années humides, les versants sont fortement arrosés par les perturbations venant du Nord ou de l'Ouest. Les précipitations mensuelles peuvent présenter un maximum de 576,7 mm : mois de janvier de l'année 1995-1996. Durant ce mois-ci, les pluies n'étaient pas concentrées en quelques jours mais bien réparties dans le temps. Pour le mois en question, 11 jours ont connu des pluies journalières moyennes comprises entre 31,9 mm et 58,3 mm. Les nombreux impluviums présents sur ces versants garantissent une saturation assez facile des colluvions en eau d'autant plus que le substratum est formé de roches imperméables. Là où la pente est assez prononcée à déclivité comprise entre 30 % et 45 %, les dépôts de surface fortement engorgés d'eau deviennent plastiques et perdent leur cohésion.

Fabre et al. (1997) ont constaté que ce n'est pas la stratification qui joue le rôle de la discontinuité mécanique mais plutôt la fracturation. Au niveau du pays Bni Ider, les flyschs à grès et pélites sont fortement tectonisés. Les grandes failles (Didon, 1977) sont associées à au moins 3 familles principales de fractures, à pendage moyen à fort et dont les fissures sont millimétriques à centimétriques (Tableau. III). Ce système de vide permet, en période de pluie, l'infiltration d'une partie des eaux de surface et assure une circulation en profondeur au sein de roches qui d'un point de vue hydrogéologique sont considérées comme imperméables. Les eaux accumulées en profondeur peuvent créer une nappe perchée au sein de ces flyschs (Allouch et Mansouri, 1987). En devenant de plus en plus forte, la pression intersticielle générée conduit à une perte de la cohésion du matériau qui s'écroule (Crozier, 1986). Vaunat et Lerouiel (1995) ont constaté que la variation de la pression intersticielle conduit à une augmentation progressive de la contrainte au cisaillement. Ces mouvements en nappes sont fréquents sur ces talus d'autant plus que la diminution de la résistance au cisaillement s'intensifie là où les plans de discontinuités structurales sont parallèles à la pente (Tableau IV).

A l'opposé des secteurs où l'érosion hydrique est active, certains secteurs du BV d'El Heddadine sont stables. Ils se situent généralement dans les zones les plus hautes et couvrent 16 % de ce géosystème (Tableau I). Leurs origines sont diverses : structurale ou géomorphologique. Dans le premier cas, ils sont associés au cœur de synclinaux perchés ou à des flancs d'anticlinaux couchés. Dans le deuxième cas, ils s'installent par érosion différentielle à la faveur de terrains tendres à pélites ou argiles appartenant aux flyschs de Bni Ider.

Afin de réduire l'érosion hydrique par mouvements de terrain dans ces zones montagneuses à flyshs, l'approche visant la réduction du ruissellement sur les hauts

versants nous paraît appropriée. A cet effet, la réduction du labour sur les hauteurs pénéplanées au dépens d'un reboisement à arbres fruitiers est recommandée. Là où la forêt est menacée par le défrichement, ralentir ou arrêter sa dégénérescence est impératif. Vu parfois la liaison génétique entre l'érosion hydrique linéaire et celle en masse, les moyens de lutte antiérosive adoptés dans les deux cas devraient être réalisés en parallèle (Roose et al., 2000).

Bassin versant	Formation	Fractures		
		Orientation	Fente (cm)	Espacement (m)
El Heddadine	Flyschs de Bni Ider	N125, 75 SO	0,3	1,5
		N80, 53 S	0,2	0,7
		N180,63 E	1,2	1,2
El Kéla'	Bni Ider	N115, 65 NE	0,5	0,3
		N45, 90	2 à 3	1,5
		N87, 89	...	0,1
Tarrihalt	Unité de de Tanger	N80, 90	0,4	1,2
Pays Anjra		N92, 87	0,3	...
		N80, 55 O	0,7 à 0,2	...
		N167, 87	0,7 à 0,2	0,5

**Tableau III : Réseau de fractures et de vides au sein de formations silico-alumineuses.**

Plan traité		Contrainte		
		Minimale	Moyenne	Maximale
⊥ à schistosité de fractures	C (kg/cm <sup>2</sup> )	0	0,16	0,3
	ϕ'	19°	22°29'	26°
// à schistosité de fractures	C (kg/cm <sup>2</sup> )	0	0,13	0,27
	ϕ'	26°	27°27'	31°

**Tableau IV : Essai de cisaillement rectiligne sur grès des flyschs de Bni Ider (C : cohésion, ϕ' : angle de frottement interne).**

D'après ce qui est traité plus haut, il paraît que la définition sur le versant à flysch d'une pente critique pour l'amorce du ravinement ou du glissement en masse s'avère difficile. Cette difficulté réside dans la présence ou non sur les sommets d'un couvert végétal naturel (forêt, matorral) ainsi que l'état de conservation de ce biotope. D'autre part, l'activité

anthropique par labour sur le haut versant peut modifier d'une façon déterminante le ruissellement plus bas.

## 5. CONCLUSIONS

L'étude des manifestations dynamiques par ravinement et mouvements en masse générées par l'érosion hydrique au niveau du BV montagneux de Martil a permis de dégager deux unités morphodynamiques. L'érosion hydrique s'installe, s'organise et croît au sein des versants à flyschs en fonction de la lithologie et de la lithostratigraphie de la formation qui commande le versant. Les flyschs de Bni Ider à bancs minces et nombreux, présentent une densité d'entailles moyenne à forte. Les flyschs numidiens à grès holoquartzeux et argiles sont moins ravinés. Là où le matorral est préservé, il atténue le ruissellement et joue un rôle antiérosif non négligeable.

Les matériaux de ces flyschs à grès et pélites sont peu plastiques et pourtant les instabilités de terrain sont fréquentes. La présence d'un réseau dense de fractures favorise l'installation en saison humide de nappes perchées au sein de formations initialement imperméables. En outre, la disposition par endroits de ces plans de discontinuités parallèlement au talus favorise la diminution de la résistance au cisaillement. Les mouvements en masse affectent généralement les colluvions, fond pédologique fortement sollicité par les agriculteurs de la région.

Par opposition aux zones instables, la répartition des secteurs stables est intimement liée aux processus morphogéniques ou aux composantes structurales des formations géologiques impliquées.

Dans le cadre des actions menées pour assurer un développement intégré du domaine montagneux rifain, il n'est plus permis d'agir sans avoir à l'esprit d'optimiser les efforts fournis. Concernant la lutte contre l'érosion hydrique, les divers acquis scientifiques, en particulier ceux relatifs à la région, pourraient servir en tant que banques de données à des programmes d'aménagement des BV. Les solutions mécaniques et/ou biologiques proposées visent la diminution du ruissellement dans des terrains caractérisés par leur imperméabilité. A ce sujet, le savoir faire traditionnel local devrait être valorisé .. à travers une diffusion appropriée.

**Remerciements :** Mr T. Khai remercie Mr H. Korkot de l'Institut Agronomique Hassan II de Rabat pour l'aide fournie lors des analyses géotechniques.

## BIBLIOGRAPHIE

- Allouch A., Mansouri H. R., (1987).** Etudes des mouvements de terrains dans la retenue d'un barrage en projet sur l'oued Martil. Aspects géologiques et géotechniques. Elaboration d'un logiciel de calcul de stabilité. Mémoire de fin d'études. Ecole Mohammédia d'Ingénieurs, Rabat : 116 p.
- Amil M., (1992).** Recherche des zones sources d'envasement de la retenue du barrage M.B.A. El Khettabi (Maroc). Thèse 3<sup>ème</sup> cycle, Univ Mohammed V, Rabat : 209 p.
- Beudet G., (1962).** Types d'évolution actuelle des versants dans le Rif occidental. Rev. Géogr. du Maroc, 1-2 : 41-47.
- CERED (Centre d'Etudes et de Recherches Démographiques), (1998).** Aspects démographiques et socio-économiques de la région économique de Tanger-Tétouan. Ministère de la Prévision Economique et du Plan, Rabat : 348 p.

- CSE** (Conseil Supérieur de l'Eau), (1991). Aménagements des bassins-versants et protection des barrages contre l'envasement.  
5<sup>ème</sup> session, Rabat : 75 p.
- Crozier M.J.**, (1986). Landslides causes, consequences and environment.  
*Routledge édit.*, Londres : 252 p.
- Derouiche A., Bellot Abad J., Cartagena D.**, (1997). Effets du couvert végétal sur le comportement hydrique et le transport solide dans une pinède à sous-bois arbustif et herbacé (S.E. Espagne).  
Bulletin Réseau Erosion, ORSTOM Montpellier, France, 17 : 24-36.
- Didon M. J.**, (1977). Carte géologique de Souk Laarba Beni Hassene au 1/50000.  
Mines et Géologie, inédit, Rabat, Maroc.
- El Gharbaoui A.**, (1981). La terre et l'homme dans la Péninsule tingitaine. Etude sur l'homme et le milieu naturel dans le Rif occidental.  
Trav. de l'Institut Scientifique, Rabat : 439 p.  
Thèse 3<sup>ème</sup> cycle, I.A.V. Hassan II, Rabat : 165 p.
- Fabre R., Denis A., Riss J., Clément B.** (1997). Analyse structurale de la couverture triasique sur les versants des montagnes du Jarra et de l'Arradoy en Pays Basque (Pyrénées-Atlantiques) : cartographie géologique et typologie des glissements de terrain.  
Compte Rendu de l'Académie des Sciences, Paris, t. 324, série II a : 461-468.
- Folk R. L.**, (1974). Petrology of sedimentary rocks.  
*Hemphill Publishing Company édit.*, Austin : 182 p.
- Heusch B.**, (1970). L'érosion hydraulique au Maroc : son calcul et son contrôle.  
Al Awamia, Rabat, 36 : 39-63.
- Laabidi M.**, (1979). Production de sédiments et perte en éléments fertilisants par érosion dans le bassin de Tleta.  
Thèse 3<sup>ème</sup> cycle, I.A.V. Hassan II, Rabat : 128 p.
- Laouina A.**, (1998). Dégradation des terres dans la région méditerranéenne du Maghreb.  
Bulletin Réseau Erosion, ORSTOM, Montpellier, France, 18 : 33-53.
- Maurer G.**, (1988). Héritage et dynamique actuelle dans les bassins versants. Exemple du Rif et du Prérif.  
Etudes Méditerranéennes, Poitiers, 12 : 179-198.
- Moukhchane M., Bouhlassa S., Chalouan A.**, (1998). Approche cartographique et magnétique pour l'identification des sources de sédiments: cas du bassin versant en-Nakhla (Rif, Maroc).  
Sécheresse, 9 : 227-232.
- Roose E., Chebbani R., Bourougaa L.**, (2000). Ravinement en Algérie. Typologie, facteurs de contrôle, quantification et réhabilitation.  
Sécheresse, 4, 11 : 317-326.
- Scet-Maroc**, (1980). Etude d'aménagement hydroagricole du périmètre de l'oued Martil.  
Rapport inédit. Direction Provinciale de l'Agriculture, Tétouan, Maroc : 70 p.
- Schumm S. A., Parker R. S.**, (1973). Implications of complex reponse of drainage systems for Quaternary alluvial stratigraphy.  
Nature, 243 : 99-100.
- Solé-Benet A., Calvo A., Cerda A., Lazaro R., Pini R., Barbero J.**, (1997). Influences of micro-relief patterns and plant cover on run-off related processes in badlands from Tabernas (SE Spain).  
Catena, 31, 23-38.
- Strahler A.N.**, (1952). Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography.  
Geological Society American Bulletin, 63 : 1117-1142.

- Suter G., (1980).** Carte géologique de la chaîne rifaine au 1/500.000.  
Notes et mémoires n° 245a , Service Géologique du Maroc, Rabat.
- Tayâa M., (1997).** Caractéristiques physiques, hydrologiques du bassin versant de en-Nakhla, détermination du taux d'érosion.  
Pérennité des Ressources en Eau du Maroc (P.R.E.M.), Ministère de l'Environnement, Rabat, 70 p.
- Varnes D.J., (1958).** Landslides types and processes. Landslides and Engineering Practice. Highway Research Board Special Report 29, Naturel Science Academy, 544 : 20-47.
- Vaunat J., Lerouiel S., (1995).** Analyse du risque dans les pentes.  
Séminaire international sur les glissements de terrain, Ecole Hassania des Travaux Publics, Casablanca : 1-9.