

Détermination de la sensibilité des terrains marneux au ravinement au moyen
de système d'information géographique.
Bassin versant de l'oued Mina; Tell oranais, Algérie.

L. KOURI* et H. VOGT**

avec 13 figures et 5 tableaux

Résumé

Une approche méthodologique pour déterminer la sensibilité des terrains marneux au ravinement est développée. Les facteurs explicatifs sont relevés in-situ et les données sont numérisées à l'aide du système « DECAD » et traitées par les procédures de superposition et de classement du logiciel de SIG « IDRISI ». Il en découle la production d'une carte de sensibilité des terrains marneux au ravinement. Le document permettrait de guider le repérage des zones d'interventions prioritaires pour la conservation des sols.

Mots-clés: érosion, ravinement, terrains marneux, sensibilité au ravinement.

Summary

A methodological approach is developed in order to determine marls sensibility to gully erosion. According to the methode, data on explanatory variables are collected in situ and numbered using the « DECAD » system. For overlay and classification of serial data is the « IDRISI » SIG program to used. A map of terrain sensitivity is produced. This map will help to make priorities on the choise of areas where soil conservation works should be done.

Key words : erosion, gully erosion, marls, sensitivity to gully erosion.

* Enseignant, Institut National de Formation Supérieure en Agronomie
Mostaganem, Algérie.

** Professeur, Université Louis Pasteur - Strasbourg.

LISTE DES FIGURES

- Fig. 1.1 : Carte de localisation de la zone d'étude.
- Fig. 2.1 : Carte des types de marnes dans la zone des marnes tertiaires.
- Fig. 2.2 : Granulométrie des types de marnes.
- Fig. 2.3 : Classification des types de marnes du point de vue des aptitudes à la fissuration.
- Fig. 2.4 : Diagrammes de diffraction des marnes brunes et vert-clair.
- Fig. 2.5 : Profil d'altération schématique des marnes vert-clair.
- Fig. 2.6 : Bloc diagramme schématique : désagrégation des marnes bleues compactes.
- Fig. 3.1 : Organigramme décrivant la démarche pour déterminer la sensibilité des terrains marneux au ravinement.
- Fig. 3.2 : Carte des distances par rapport aux oueds principaux dans la partie occidentale de la zone des marnes tertiaires.
- Fig. 3.3 : Carte hypsométrique de la partie occidentale de la zone des marnes tertiaires.
- Fig. 3.4 : Classes définies par la superposition et le classement des distances par rapport aux oueds et des altitudes.
- Fig. 3.5 : Classes définies par la superposition et le classement des pentes et des expositions.
- Fig. 3.6 : Carte de sensibilité au ravinement des terrains marneux dans la partie occidentale de la zone d'étude.

LISTE DES TABLEAUX

- Tab. 2.1 : Minéraux argileux dans les marnes tertiaires
- Tab. 2.2 : Variations des proportions relatives de minéraux argileux en fonction de la profondeur dans les marnes vert-clair.
- Tab. 2.3 : Granulométrie et matière organique des types de marnes
- Tab. 3.1 : Caractéristiques minéralogiques, granulométriques et comportement des types de marnes.
- Tab. 3.2 : Caractéristiques et importance des classes définies par les procédures de superposition et de classement des facteurs explicatifs et leur sensibilité au ravinement.

INTRODUCTION

En Algérie, pour faire face aux besoins sans cesse croissants en eau potable, industrielle et agricole, 81 barrages ont été construits et 22 sont en réalisation (Agence Nationale des Barrages 1991). Ces ouvrages hydrauliques sont généralement localisés dans les chaînes telliennes à forte érosion et s'ensavent à un rythme rapide, c'est pourquoi la protection des bassins versants des retenues est un objectif économique essentiel.

Dans la zone tellienne, il est généralement admis que la plus grande partie des sédiments provient des ravinements et non des interfluves. L'analyse multivariée des données relevées dans les petits bassins versants a mis en évidence le caractère déterminant des types de marnes dans la localisation spatiale des sédiments et l'intensité des processus d'érosion linéaire identifiés. Dans une perspective appliquée, les résultats doivent être généralisés à la zone marneuse, c'est pourquoi il est nécessaire d'établir une carte des types de marnes et de déterminer les caractéristiques minéralogiques et physiques et par conséquent l'érodibilité des marnes, ce qui permettra de guider la localisation des zones à aménager en priorité.

I LE BASSIN VERSANT DE L'OUED MINA

1.1 Situation géographique

Le bassin versant de l'Oued Mina s'étend sur 5000 km² dans la partie occidentale de l'Atlas Tellien (fig. 1.1). Il est situé entre 0°10' et 1°10' de longitude est et entre 34°40' et 35°40' de latitude nord. Il s'allonge sur 90 km sur les monts de Frenda au sud et ceux de la Mina au nord et sur 50 km de l'ouest à l'est entre les monts des Beni-Chougrane et le massif de l'Ouarsenis.

L'Oued Mina prend sa source dans les monts de Frenda pour confluer avec l'Oued Chélif après un parcours de 125 km. Deux barrages ont été construits sur cet Oued; Bakhadda, mis en service en 1940 sur le cours supérieur qui draine un sous-bassin de 1275 km² et Es-Saada en amont de Sidi Mhamed Benaouda avec une capacité de 237 millions de m³. Ce dernier doit répondre à des besoins d'approvisionnement en eau potable de la ville de Relizane et à des besoins agricoles par le développement de l'irrigation sur un périmètre de 23000 hectares situés dans la plaine de la Mina et du Bas Chélif.

1.2 Localisation des zones ravinées dans le bassin de la Mina

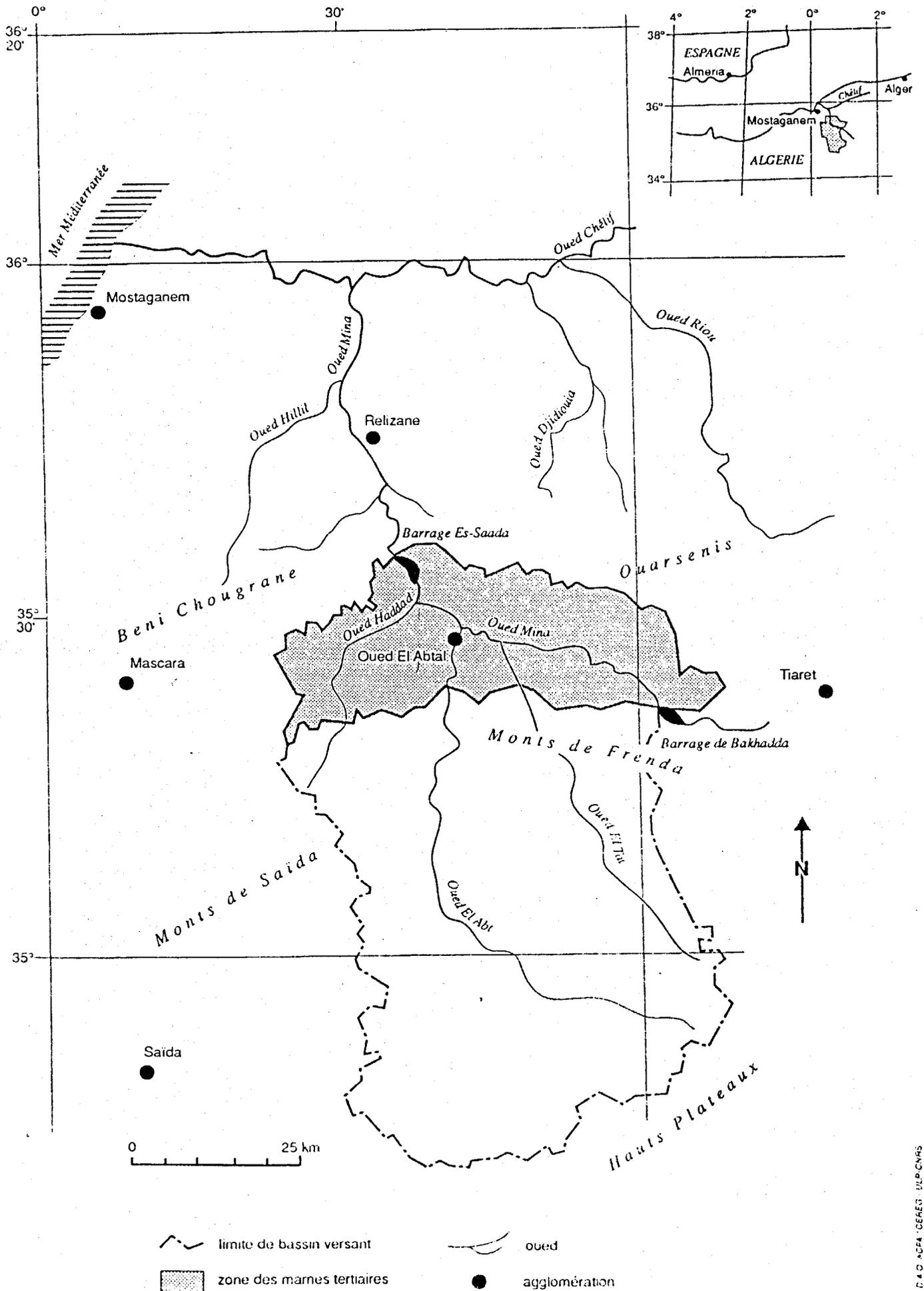
Des ravinements se rencontrent avec une densité plus ou moins forte dans l'ensemble du bassin versant de l'Oued Mina, pourvu qu'affleurent des marnes et que les pentes permettent d'amorcer le processus d'incision régressive. Toutefois ils sont particulièrement denses, ramifiés, parfois jusqu'à former des badlands dans la partie du bassin versant située au nord de l'Oued Mina, à l'ouest de l'Oued El-Abtal et dans la partie aval du bassin versant de l'Oued Haddad. Cette localisation s'explique par des raisons géologiques et géomorphologiques.

1.2.1 Déterminants géologiques

Le bassin versant de l'Oued Mina comprend deux parties distinctes du point de vue géologique et lithologique:

- la partie méridionale, de roches d'âge jurassique, composées de calcaires et marnes armées de nombreux bancs de calcaire et de grès; ceux-ci limitent l'incision des ravins.
- La partie septentrionale au nord de l'Oued Mina, avec une extension au sud dans la partie aval de l'Oued Haddad, est constituée de roches d'âge tertiaire (Eocène, Oligocène et Miocène): il s'agit d'épaisses masses de marnes,

Fig. 1.1 : Carte de localisation de la zone d'étude.



souvent chlorurées dans lesquelles les calcaires et les grès sont épisodiques; Les ravinements peuvent s'y développer librement sans obstacles lithologiques. Dans le bassin versant de l'Oued Haddad les grès calcaires forment fréquemment des entablements diaclasés, les eaux d'infiltration s'y concentrent et favorisent ainsi le ravinement des marnes en aval.

1.2.2 Déterminants géomorphologiques

Les ravinements intenses n'affectent que la partie aval occidentale du secteur tertiaire, la limite se situe approximativement à la hauteur de l'Oued El-Abtal. Le soulèvement néotectonique qui caractérise le Tell Algérien a provoqué une incision régressive du réseau du Chélif, dont l'Oued Mina est un affluent; elle stationne actuellement à la hauteur de l'Oued El-Abtal, d'où en aval les ravinements évoluent par recul des têtes. A l'est de ce méridien, une grande partie des interfluves sont recouverts par une couche épaisse de marnes altérées à caractère vertique, très sensibles à la suffosion. Il s'agit là probablement des restes d'une couverture anciennement généralisée à l'ensemble de la zone des marnes tertiaires à un moment où cette région était moins perchée au dessus du niveau de base. Ces altérations sont d'occurrence plus morcelées à l'ouest par suite de la forte densité du ravinement qui a démantelé cette couverture, elles sont souvent colluvionnées, par exemple en remplissage de vallons fossiles.

1.3 Choix de la zone des marnes tertiaires

Prenant en compte la localisation des ravinements intenses (cf. § 1.2) la partie septentrionale du bassin (1000 km²) (cf. fig. 1.1) constituée pour l'essentiel de marnes tertiaires, est retenue pour la réalisation des études et pour tester un certain nombre de traitements anti-érosifs.

II LES TYPES DE MARNES IDENTIFIES

2.1 Cartographie

les marnes d'âge tertiaire (Eocène, Oligocène et Miocène) comportant des bancs discontinus de grès et de calcaire sont dominantes. Quatre types ont été identifiés (fig. 2.1):

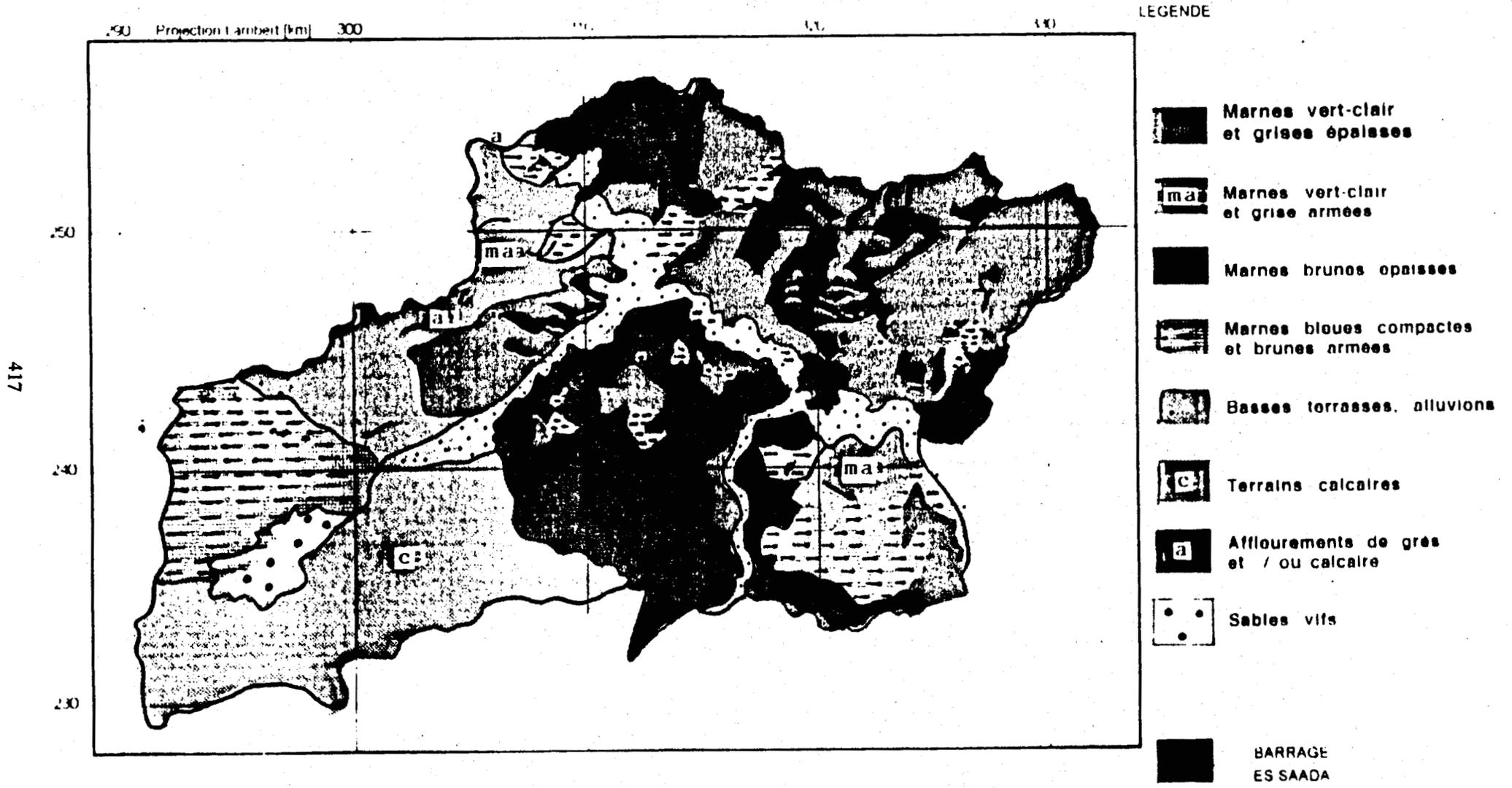


Fig. 2.1 : Carte des types de marnes classifiées.

SIG IDRISI

- les marnes vert-clair de l'Oligo-Miocène forment l'essentiel des terrains dans la partie aval du bassin versant de l'Oued Haddad et dans le secteur occidental sur la rive droite de l'Oued Mina.

- les marnes brunes miocènes affleurent très largement dans la partie orientale, et sur la rive gauche de l'Oued Mina, dans les bassins versants de l'Oued El-Abd et Taht. Ce sont des formations épaisses souvent remaniées par solifluxion.

- Les marnes bleues compactes sont fréquentes dans la partie occidentale, mais n'affleurent que localement sur les interfluves, en association avec les calcaires du Crétacé. Ailleurs elles sont souvent recouvertes de marnes vert-clair. Sur les parois de ravins encaissés, à concavité marquée et donc à évolution avancée, les marnes bleues sont affleurantes.

- Les marnes grises sont moins fréquentes et sont difficilement distinguables des marnes vert-clair dans la morphologie des paysages.

Les marnes armées de bancs de grès et de calcaire dans divers endroits de la zone résistent à l'incision; toutefois les grès calcaires forment fréquemment des entablements diaclasés, favorisant la concentration des eaux et par conséquent l'incision des marnes en aval.

2.2 Caractéristiques granulométriques

La granulométrie est la répartition pondérale en argile, limon et sables, des particules de terre fine. Elle permet de déterminer la texture et de préciser les comportements des sols.

2.2.1 Mode opératoire

Après destruction de la matière organique à l'eau oxygénée (H₂O₂), les échantillons sont traités préalablement à l'héxamétaphosphate de sodium et agités durant 4 heures pour obtenir une dispersion des particules. Les sables sont séparés sous l'eau par tamisage, puis séchés et fractionnés par une colonne de 18 tamis de la série Afnor.

L'analyse granulométrique de la fraction inférieure à 50 µ est réalisée au moyen d'un Sedigraph 5000D, dont le principe est de mesurer la vitesse de chute et la concentration des particules par photodensimétrie; l'échantillon est placé dans une cellule de sédimentation et traversé par un faisceau de rayons X. L'appareil restitue les mesures en diamètre de particules et en pourcentage équivalent sous la forme d'une courbe cumulative.

2.2.2 Résultats

Les marnes tertiaires sont constituées essentiellement de matériel fin (argile et limon) avec une teneur élevée en argile (36 à 50 %) (fig. 2.2 et tab. 2.3). La texture est de type argileuse dans les marnes bleues compactes et brunes. Les marnes vert-clair et grises, à texture limono-argileuse, sont sensibles à la battance.

2.3 Aptitude à la fissuration

Cette propriété exprime l'aptitude intrinsèque d'un matériau à se fragmenter sous l'effet des alternances humectation - dessiccation. Le classement proposé résulte de la synthèse de deux démarches basées sur la recherche de seuils (Monnier et Stingel 1982).

La première repose sur la confrontation de la composition granulométrique et d'un critère d'évolution structurale de type oui - non: (apparition d'au moins une fissure lors de la dessiccation d'une pâte humide appliquée en couche mince autour d'un noyau rigide sphérique) (Hénin & Bosquet 1964).

La seconde est basée sur le gonflement potentiel qui exprime la variation de volume d'un élément de sol, de l'état sec à une humidité saturante à très bas p_f (Bui Huutri & Monnier 1973). Osty (1971) précise que seuls les matériaux franchement argileux ($A > 40\%$) conservent en présence des matières organiques une potentialité élevée de fissuration. Le résultat de ces recherches est présenté sous la forme d'un triangle textural renseigné en classes d'aptitude à la fissuration (fig. 2.3).

Tous les échantillons analysés sont sensibles à la fissuration. Des fentes profondes (1 m et plus) et larges (plusieurs cm) se développent dans les marnes durant la période de sécheresse. A la période pluvieuse l'eau s'engouffre dans les fentes jusqu'au niveau imperméable. Un drainage oblique s'établit jusqu'en bas de pente et permet le départ des ravinements. Les essais de simulation de pluie réalisés in-situ sur les parois raides des marnes vert-clair (pente = 50%) ont permis d'observer le rôle des fissures dans l'infiltration concentrée. Dans les ravineaux aucun ruissellement ne s'est produit à l'aval des fentes durant la phase de simulation (90 mn). Des cavités de largeur et profondeur d'ordre décimétrique se forment.

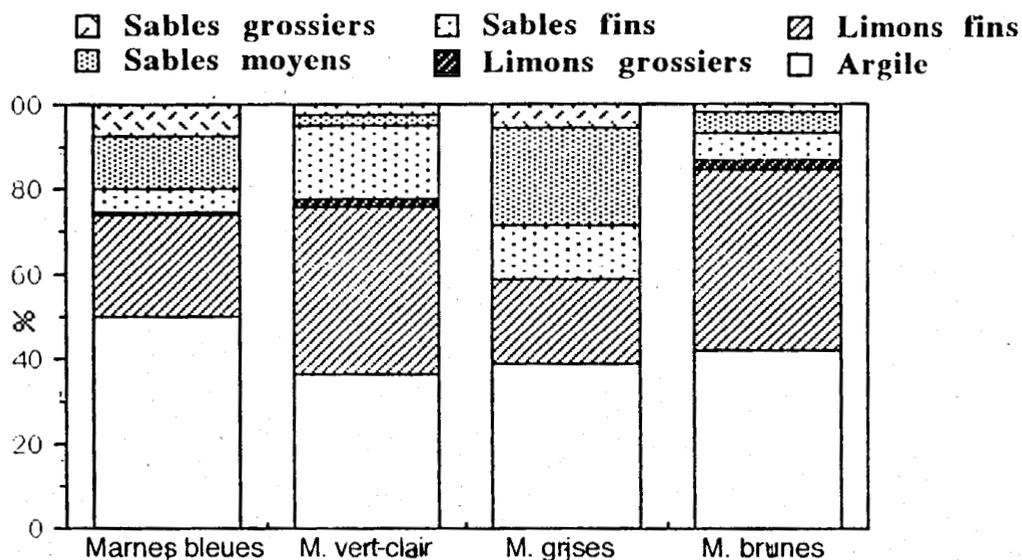
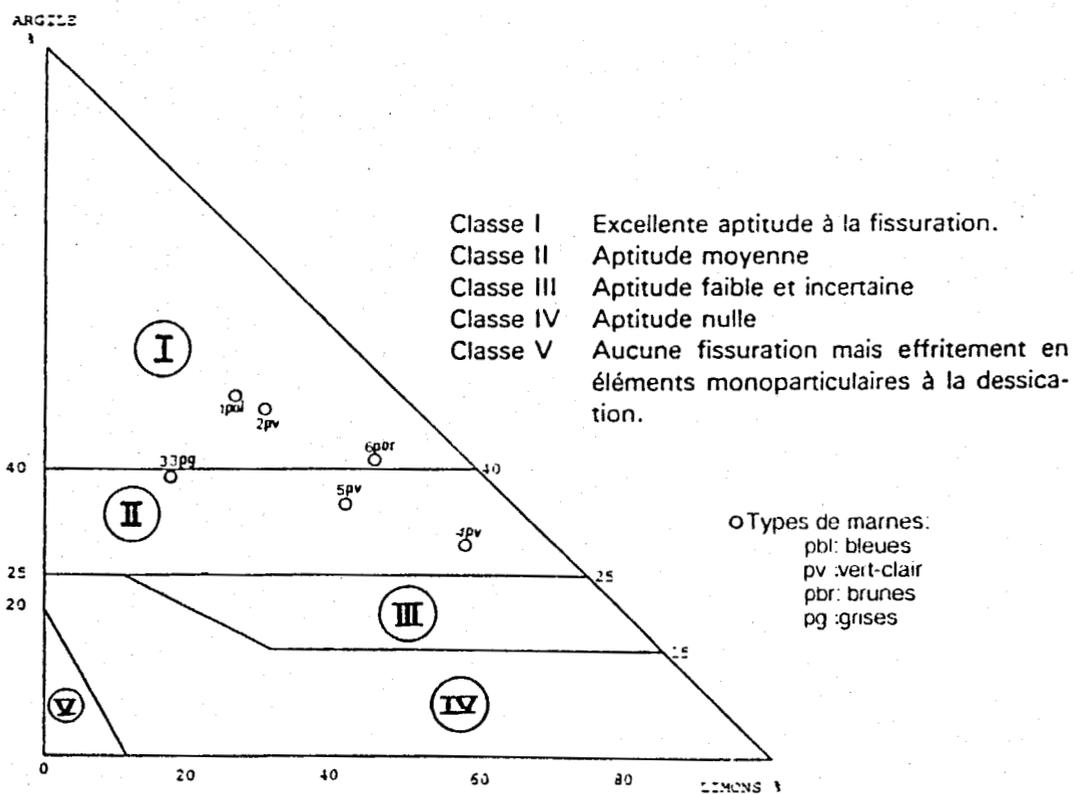


Fig. 2.2 : Granulométrie des types de marnes



b) Triangle textural renseigné en classes d'aptitudes à la fissuration

D'après MONNIER et STENGEL (1982)

Fig. 2.3 : Classification des types de marnes du point de vue des aptitudes à la fissuration

2.4 Composition minéralogique

9 échantillons de différents types de marnes ont été prélevés sur les parois de ravins dans les PBV 1 à 6. Dans les marnes vert-clair, on a prélevé des échantillons à différentes profondeurs pour caractériser la minéralogie de la roche-mère compacte et des horizons d'altération.

2.4.1 Diffractométrie

La diffraction aux rayons x permet d'identifier les minéraux de la fraction argileuse des types de marnes et d'expliquer certains comportements physiques du matériel (gonflement et désagrégation sous l'effet des alternances humectation-dessiccation). Les analyses ont été effectuées selon la technique mise au point à l'Institut de Géologie de l'ULP.

L'analyse est effectuée sur la pâte orientée de la fraction inférieure à 2μ . On fait subir aux échantillons quatre traitements successifs avant chaque passage aux rayons X: un séchage à l'air libre, une saturation à l'hydrazine monohydratée, une saturation à l'éthylène-glycol, et enfin un chauffage à 490°C pendant 4 heures. Les diagrammes obtenus (fig. 2.4) permettent d'identifier les minéraux et d'estimer leurs proportions dans l'échantillon.

Les méthodes suivies montrent que la fraction inférieure à 2μ comporte les mêmes minéraux argileux (illite, chlorite, interstratifiés gonflants et kaolinite), mais dans des proportions relatives différentes (tableau 2.2). Les interstratifiés (10 - 14 Å) représentent les produits de transformation des illites et des chlorites. Ils sont particulièrement abondants dans les marnes brunes et vert - clair où ils peuvent être considérés comme des édifices proches des smectites gonflantes.

La désagrégation des marnes à la suite des cycles humectation - dessiccation étant proportionnelle à la pression de gonflement spécifique de chaque type d'argile (Buffalo 1989), les marnes brunes remaniées et vert-clair dominantes dans la zone septentrionale sont de ce point de vue, sensibles à l'altération.

L'analyse d'échantillons prélevés à différentes profondeurs montre une augmentation des proportions d'interstratifiés des horizons profonds vers la surface (tableau 2.2). Ceci tend à montrer une sensibilité accrue à l'altération des horizons superficiels.

Fig 2.4 : Diagrammes de diffraction des marnes brunes et vert-clair

Echantillon 1.2p : Marnes brunes remaniées par solifluxion

N : Normal
Eg : Ethylène glycol
H : Hydrazine
C : Chauffé à 490°C

130401

Eg

N

Echantillon 2.1p : Marnes vert-clair

130402

Eg

N

Echantillon	Localisation	Type de marnes	Minéraux argileux (%)			
			illite	interstratifiés (10 - 14 Å)	Chlorite	Kaolinite
1.1p	x=321,7 y=245,1	bleues compactes	35	25	30	10
1.2p		brunes remaniées	traces	85	traces	15
2.1p		vert-clair	traces	85	traces	15
3.1p	x=320,6 y=245	grises	35	30	25	10
5.1p	x=326,4 y=249,9	vert-clair	35	30	30	5
6.1p	x=326,5 y=250,2	brunes remaniées	30	45	15	10

Tableau 2.1 : Minéraux argileux dans les marnes tertiaires affleurantes dans les PBV

Echant.	Localisation syst. Lambert (km)	Profondeur (cm)	Type de marnes	Minéraux argileux (%)			
				illite	Interstratifiés (10-14 Å (10 - 14 Å))	Chlorite	Kaolinite
2.1p	x=321,5 y=245,5	0-5	vert-clair	traces	85	traces	15
2.2p		5-15	vert-clair	40	20	35	5
2.3p		15-30	vert-clair	40	30	15	15
5.1p	x=326,4 y=249,9	0-5	vert-clair	35	40	15	10
5.2p		5-15	vert-clair	35	30	30	5

Tab.2.2 : Variations des proportions relatives de minéraux argileux en fonction de la profondeur dans les marnes vert-clair

Echantillon	Type de marnes	Argile (%)	Limon (%)		Sables (%)		texture	matière organique (%)
		0 - 2 μ	2-20 μ	20-50 μ	50-200 μ	200-2000 μ		
1.1p	bleues compactes	49,7	24,2	0,3	5,7	20,1	argileuse	3,4
2.1p	vert-clair	48,1	28,4	2	11	10,7	argileuse	3,3
3.1p	grises	39	19,8	0,3	12,2	28,8	limono-argileuse	3
5.1p	vert-clair	36,2	39,3	2,3	17,5	4,7	limono-argileuse	2,1
6.1p	brunes	41,6	42,9	2,2	6,2	7,2	argilo-limoneuse	4,1

Tab. 2.3 : Granulométrie et matière organique des types de marnes dans les PBV

2.5 Les mécanismes d'altération des marnes

L'altération des marnes se traduit essentiellement par une dégradation de la structure de la roche en surface sous l'effet de divers mécanismes (Buffalo 1989; Gallart 1989).

2.5.1 Les alternances humectation - dessiccation

L'humectation d'un échantillon de marnes desséché, provoque l'emprisonnement des bulles d'air dans les clivages ouverts. L'eau est attirée dans les fentes capillaires par une force de succion, cette force se traduit par une pression sur les bulles d'air. La pression hydrostatique développée agit sur les parois, ce qui produit une contrainte de traction qui tend à prolonger la fissure par écartement des lèvres. La succession d'une série de cycles peut détacher totalement les feuillets d'argile. La composition minéralogique et granulométrique influencent l'efficacité de la désagrégation à la suite des cycles humectation - dessiccation.

D'autres mécanismes d'altération mécanique (haloclastie, thermoclastie) et chimique (dissolution des minéraux) peuvent intervenir dans l'altération des marnes.

Les glissements pelliculaires sont de deux types, en fonction de la structure de la couche d'altération : soit très superficiels (1 à 3 cm), soit d'épaisseur décimétrique.

2.5.2 Les profils d'altération

Les profils d'altération effectués sur les parois d'incisions permettent de distinguer deux variantes selon le type de marnes:

a. Marnes vert-clair (fig.2.5)

On note de la base au sommet:

1. La roche-mère constituée de marnes vert-clair de l'Oligocène.
2. Horizon désagrégé (10 à 15 cm): constitué de marnes altérées et affectées de micro glissements gravitaires de la couche altérée.
1 et 2 sont séparés par un plan de rupture.
3. Une croûte de battance (1 à 1.5 cm): la granulométrie argilo-limoneuse y est sensible.

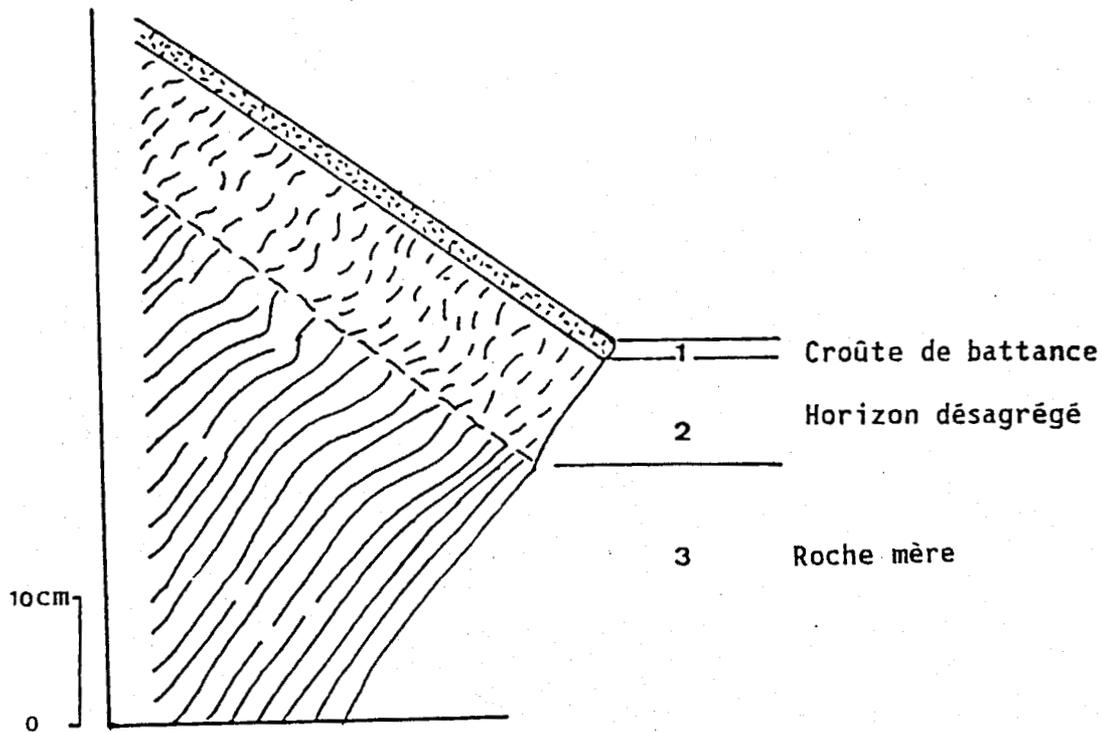


Fig. 2.5 : Profil d'altération schématique des marnes vert-clair

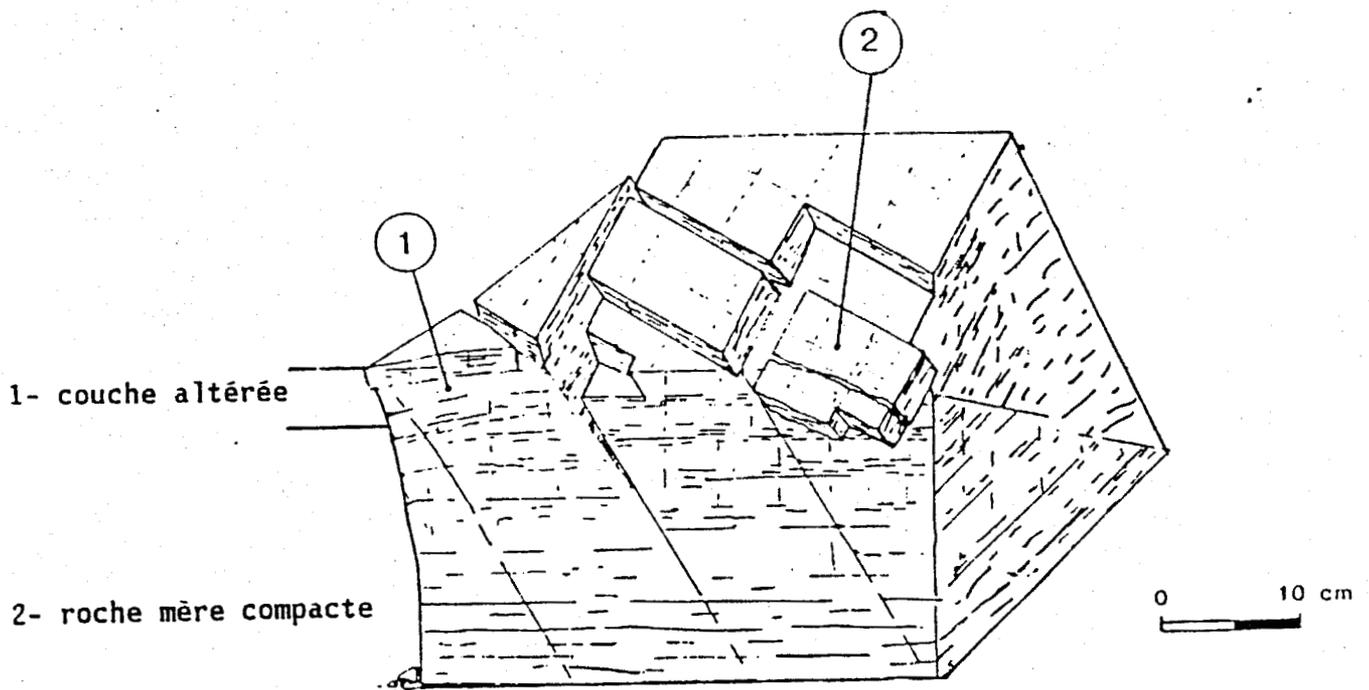


Fig. 2.6 : Bloc diagramme schématique: désagrégation des marnes bleues compactes.
 1 - Eboulement marneux d'un bloc limité par des fractures.
 2 - Effondrement en masse guidé par un plan de fracture
 (d'après Buffalo 1989)

b. Marnes bleues compactes (Fig.2.6)

La désagrégation de la roche en surface est facilitée par l'ouverture de fractures et de schistosité en surface. Les marnes sont débitées en parallélépipèdes sur une épaisseur de 10 à 15 cm. De ce fait d'importants éboulements se produisent durant la période sèche. Des profils d'altération comparables ont été décrits dans les marnes miocènes de la région de Dehesas de Ghadix en Espagne (Finlayson et al. 1987) et dans les marnes noires du Callovien inférieur et moyen en France (Buffalo 1989).

Conclusion

La zone d'étude est constituée pour l'essentiel de marnes tertiaires. L'analyse minéralogique montre que les types dominants (marnes vert-clair et brunes) renferment des proportions élevées d'interstratifiées (30 à 85%). Ces derniers sont des édifices proches des smectites gonflantes favorables aux processus d'altération. L'analyse granulométrique en rapport avec le comportement physique des marnes met en évidence l'aptitude des marnes tertiaires au développement des fissures profondes favorisant le départ des ravines. Les marnes vert clair et grises ont une texture limono-argileuse sensible à la battance et donc à la production du ruissellement.

III UTILISATION DE LA CARTE DES TYPES DE MARNES DANS UNE PERSPECTIVE APPLIQUÉE; DETERMINATION DE LA SENSIBILITE DES TERRAINS MARNEUX AU RAVINEMENT AU MOYEN DE S.I.G.

3.1 Les facteurs considérés (Fig. 3.1)

Les facteurs sélectionnés par analyse multivariée à l'échelle des petits bassins versants (pente et exposition des versants, type de marnes et utilisation des terres) sont pris en compte. Des informations additionnelles se rapportant à la situation par rapport au niveau de base sont apportées.

3.1.1 Situation par rapport au niveau de base

Le fond de vallée constitue le point relativement fixe dans le temps qui règle l'évolution des versants. Tricart (1977) analysant les rapports entre le façonnement des interfluves et l'évolution des réseaux hydrographiques distingue deux termes du bilan de dissection:

- les interfluves influent sur l'évolution des axes de drainage par le calibrage et la quantité des matériaux fournis.

- les axes de drainage influent sur l'évolution des versants par le changement de leur géométrie (pente et longueur) qui résulte de l'incision ou de l'exhaussement des thalwegs. Ainsi on distingue:

- le bilan de dissection négatif caractérisé par un engorgement des axes de drainage sous les apports des interfluves et le bilan de dissection positif caractérisé par une dissection de plus en plus poussée. La vallée s'incise, ce qui accroît les dénivellations et la raideur du relief. Cette situation, réalisée dans le cas de notre zone d'étude, influe sur la progression de l'érosion régressive.

Le facteur situation par rapport au niveau de base prend en compte la distance par rapport aux oueds principaux (Oued Mina, Haddad, Abd et Taht) et l'altitude.

a. Distance par rapport aux oueds principaux

La carte élaborée en considérant une distance de 2 km détermine 7 classes. Ce découpage contient un nombre de classes élevé par rapport à la réalité du terrain, c'est pourquoi on a adopté après plusieurs essais le découpage en tranches de distances progressives: < 2 km; 2 - 6 km; 6 - 12 km (fig. 3.2).

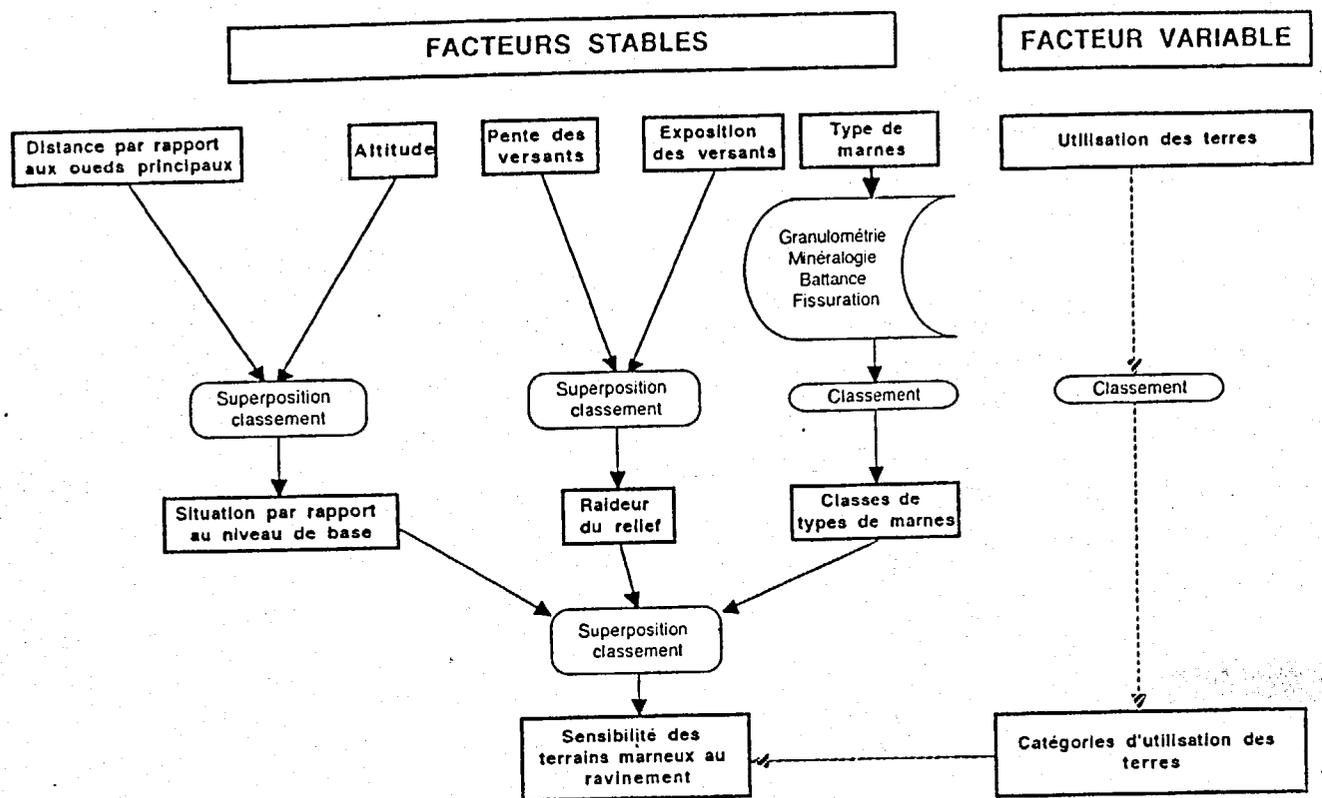


Fig. 3.1 : Organigramme décrivant la démarche pour déterminer la sensibilité des terrains marneux au ravinement.

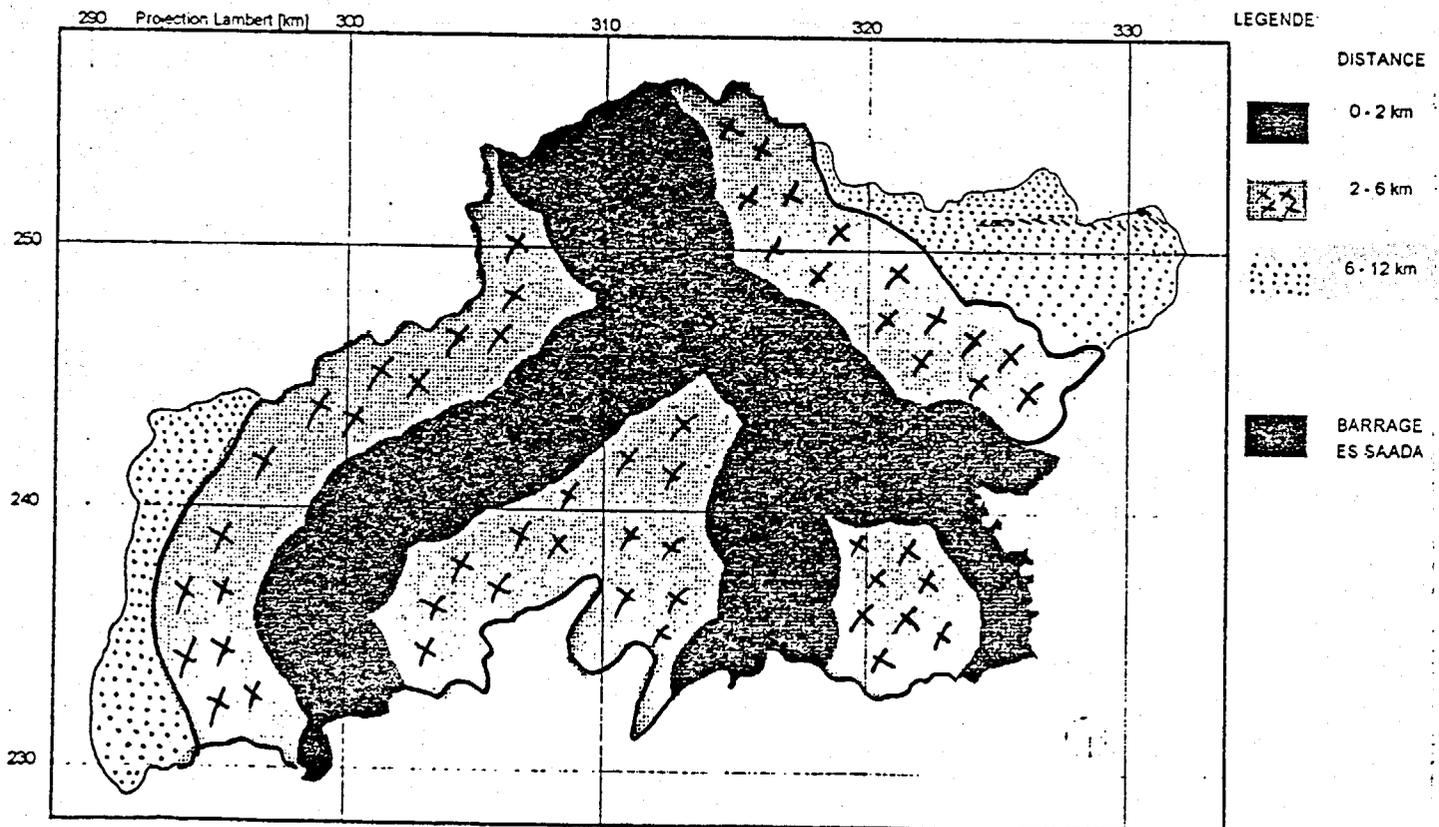


Fig. 3.2 : Carte des distances par rapport aux oueds principaux dans la partie occidentale de zone des marnes tertiaires.

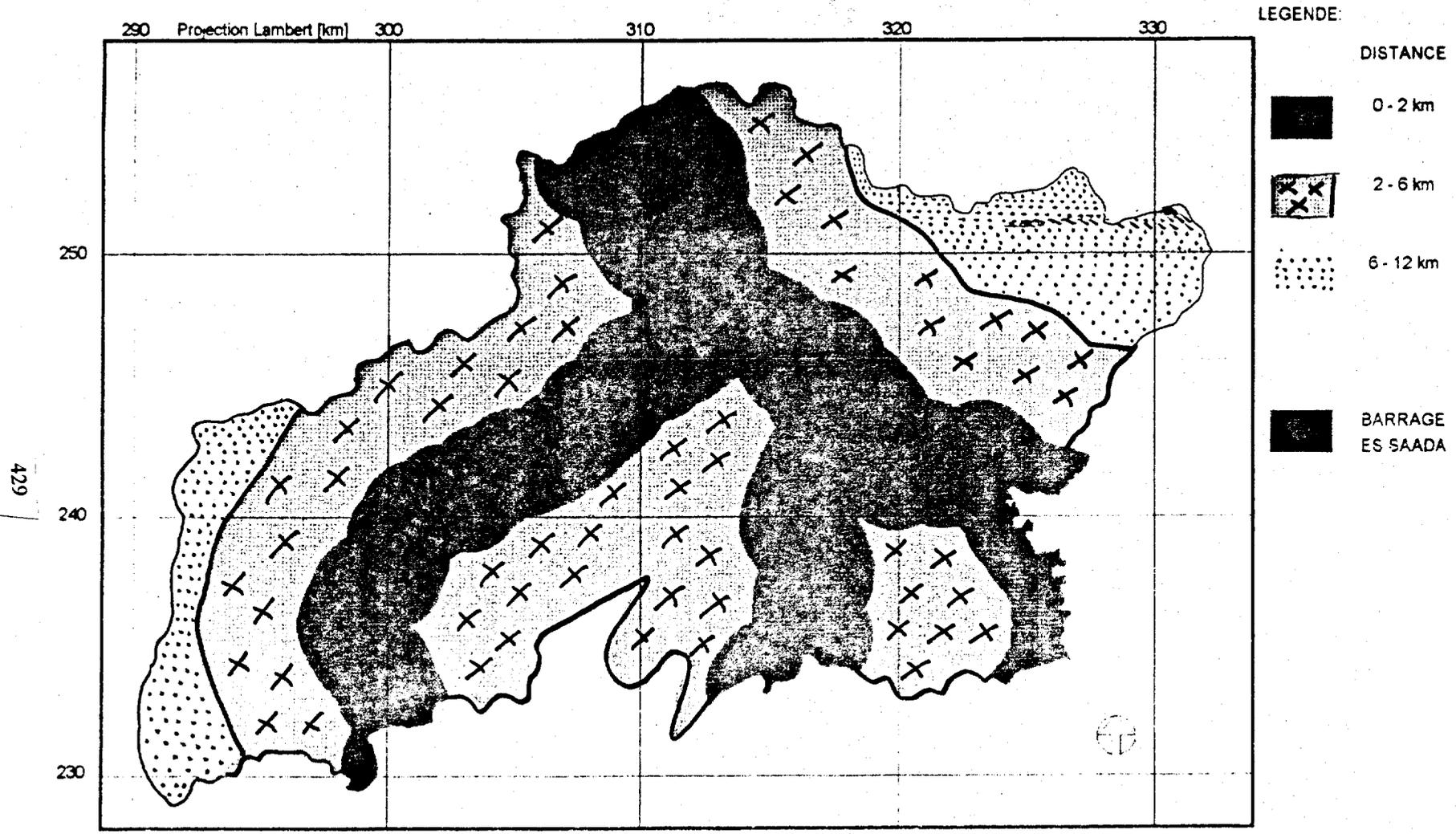


Fig. 3.2 : Carte des distances par rapport aux oueds principaux dans la partie occidentale de zone des marnes tertiaires.

b. Altitude

La carte hypsométrique (fig. 3.3) montre que la zone est comprise entre 140 et 750 m avec une prédominance des classes 140 - 350 m et 350 - 550 m.

Superposition des distances par rapport aux oueds principaux et des altitudes

La procédure de superposition des distances par rapport aux oueds principaux et des altitudes définit 9 classes. Après regroupement des classes de superficie inférieure à 1 ha avec d'autres voisines on a défini 7 secteurs (Fig. 3.4)

3.1.2 Pentés des versants

La carte des pentés établie en prenant en compte les courbes de niveau de 50 en 50 m manque de précision. Les pentés raides ne sont pas mises en évidence. Les courbes de niveau écartées de 10 m rendent mieux compte de la réalité du terrain mais n'ont pas été retenues faute de temps pour la digitalisation, l'intérêt de notre démarche étant surtout d'ordre méthodologique.

3.1.3 Exposition des versants

L'influence de l'orientation des versants sur les processus d'érosion linéaire est déterminée par l'intermédiaire de facteurs tels que l'ensoleillement et la situation par rapport aux vents dominants. Deux classes ont été distinguées: la première regroupe les expositions N, NW, NE et W et la seconde les expositions S, SW, SE et E. Les secteurs à pentés faibles (0 - 3%) n'ont pas été représentés comme ayant une orientation bien définie.

La procédure de superposition des pentés et des expositions des versants, après regroupement des secteurs n'ayant pas une exposition bien définie (pente <3%), détermine 5 classes (fig. 3.5)

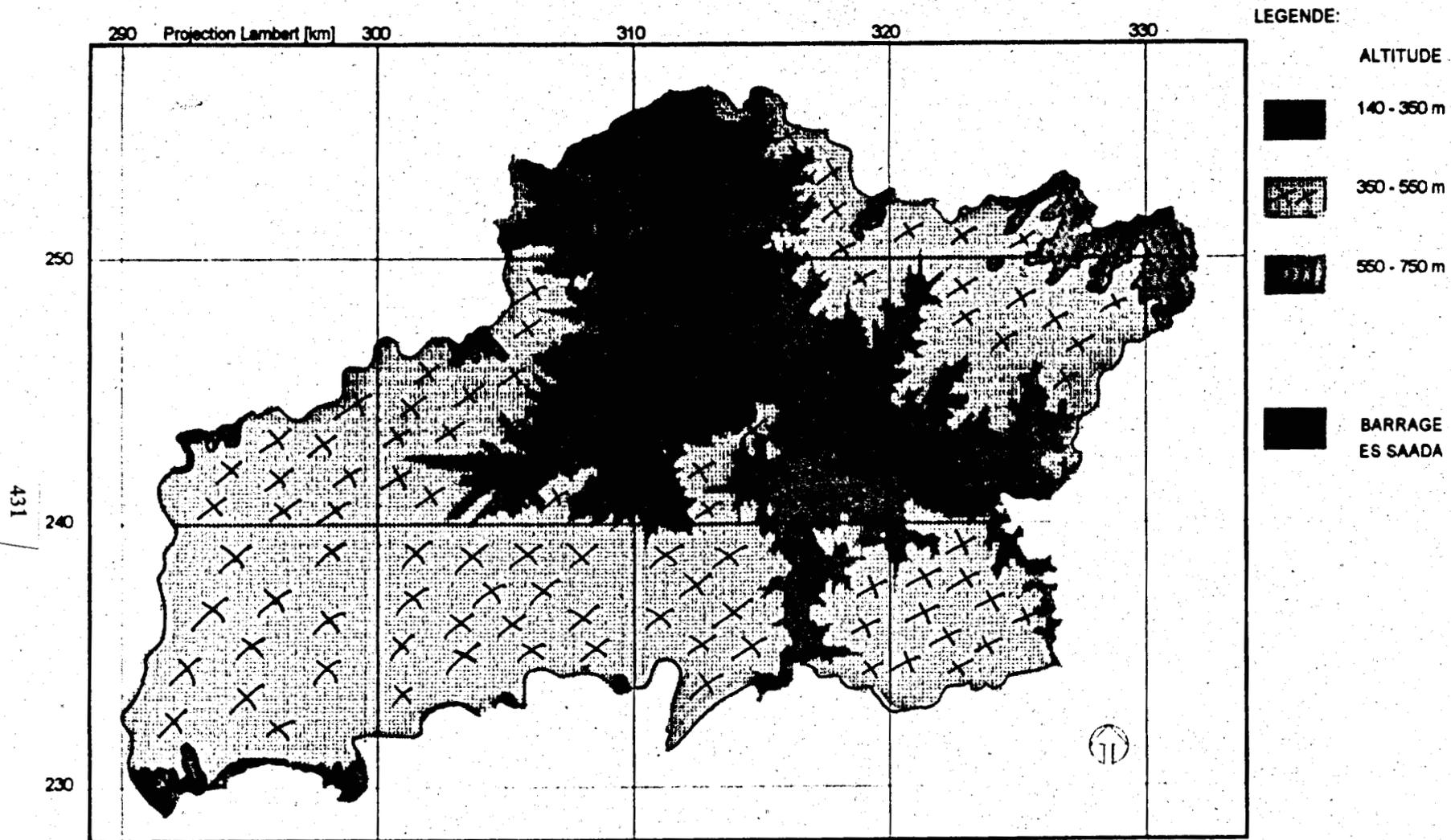


Fig. 33 : Carte hypsométrique de la partie occidentale de la zone des marnes tertiaires.

SIG: IDRISI

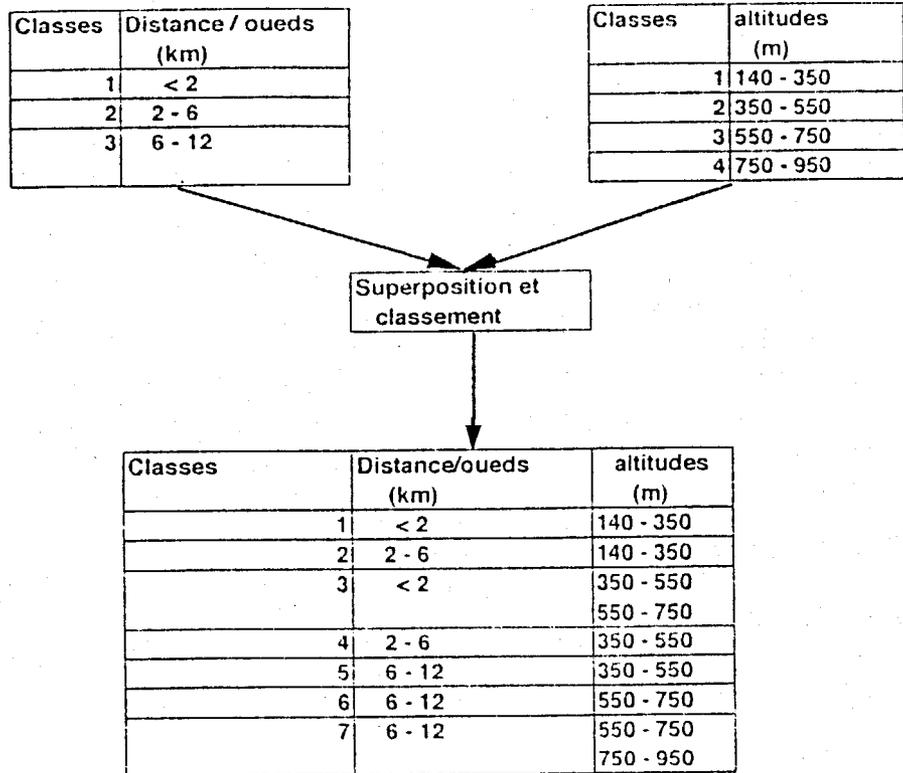


Fig. 3.4 : Classes définies par la superposition et le classement des distances par rapport aux oueds principaux et des altitudes.

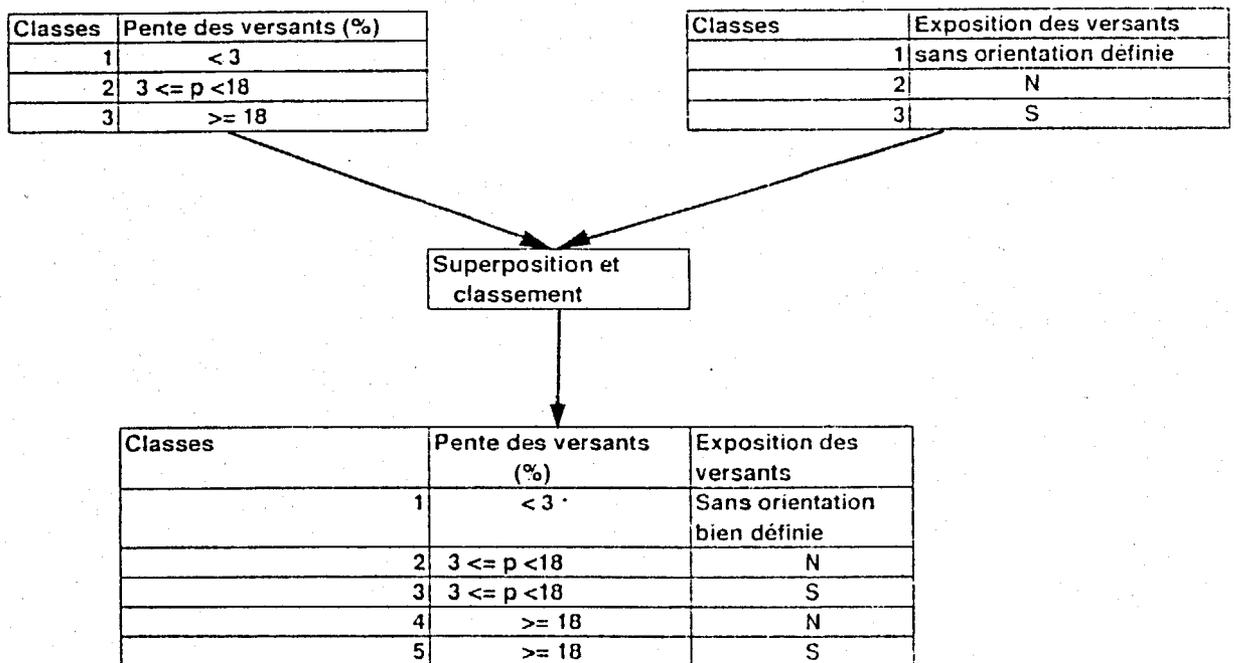


Fig.3.5 : Classes définies par la superposition et le classement des pentes et des expositions.

3.1.4 Types de marnes

Quatre types de marnes identifiés (vert-clair, grises, bleues compactes et brunes) ont été cartographiés sur le terrain (cf.§2.1; fig. 2.1). Certaines caractéristiques influençant le ravinement ont été considérées lors des relevés. Ainsi on a distingué les marnes épaisses de celles armées de grès et de calcaires. Les alluvions, les terrains calcaires, les sables vifs et les affleurements rocheux (grès et calcaire) ont été cartographiés mais non classifiés.

Classification des marnes

Prenant en compte les caractéristiques des marnes (nature des minéraux argileux, texture) et les indicateurs d'érodibilité (sensibilité à la battance et à la fissuration), les marnes ont été regroupées en 4 classes (tableau 3.1) selon le risque de ravinement décroissant.

3.2 Elaboration de la carte de sensibilité des terrains marneux au ravinement

Les données des facteurs explicatifs du ravinement ont été numérisées avec le système "DECAD" et traitées en format raster à l'aide du logiciel de SIG "IDRISI". Trois étapes de traitement ont été réalisées:

3.2.1 Superposition des paramètres

La superposition des paramètres situation par rapport au niveau de base, pente, exposition des versants et types de marnes à l'aide de la procédure "crosstab" définit 22 classes dont les caractéristiques et l'importance (% de la superficie de la zone) sont résumées dans le tableau 3.2.

3.2.2 Classement

Pour chaque type de marnes on a utilisé la procédure "reclass" pour regrouper des classes de pentes, d'exposition des versants, de distance par rapport aux oueds principaux ou d'altitude proches. Ces regroupements ont été effectués pas à pas, après chaque superposition de deux facteurs explicatifs (fig. 3.1) et en considérant les résultats d'étude des relations entre les processus de ravinement et les variables explicatives:

Ordre	Types de marnes	Minéraux argileux dominants	Texture	Sensibilité à la battance	Sensibilité à la Fissuration
1	Vert-clair grises	Interstratifiés (30 à 85%)	Limono-argileuse <i>Limono-argileuse</i>	Limitée Limitée	Moyenne à excellente Excellente
2	Vert-clair armées	Interstratifiés (30 à 85%)	Limono-argileuse	Limitée	Moyenne à excellente
3	Brunes épaisses	Interstratifiés (45 à 85%)	Argilo-limoneuse	limitée	Moyenne
4	Bleues compactes brunes armées	Illite (35%) Interstratifiés (25%) Interstratifiés (45 à 85%)	Argileuse Argilo-limoneuse	Faible Limitée	Excellente Moyenne

Tableau 3.1 : Caractéristiques minéralogiques, granulométriques et comportement des types de marnes

Classes initiales	Distance/oueds (km)	Altitude (m)	Exposition	Pente (%)	Marnes vert-clair et grises				Marnes vert-clair et grises armées				Marnes brunes				Marnes bleues et brunes armées			
					Surface (km ²)	%	Classement	Sensibilité au ravinement	Surface (km ²)	%	Classement	Sensibilité au ravinement	Surface (km ²)	%	Classement	Sensibilité au ravinement	Surface (km ²)	%	Classement	Sensibilité au ravinement
1 <2		140 - 350 350 - 550	P - N - S P - N - S	<3 <3	9,73	6,96	1	1	5,69	8,1	1	3	20,92	11,5	1	3	6,33	6,34	1	3
2	2 - 6 2 - 6 6 - 12 2 - 6 6 - 12	140 - 350 350 - 550 350 - 550 550 - 750 550 - 750	P - N - S P - N - S P - N - S P - N - S P - N - S	<3 <3 <3 <3 <3	12,78	9,15	4	2	9,83	13,99	4	3	18,07	9,93	5	4	32,13	32,2	5	4
3 <2		140 - 350	N	3 <= p < 18	5,83	4,17	1	1	4,05	5,76	1	3	20,48	11,26	2	3	3,72	3,73	2	3
4 <2		140 - 350	S	3 <= p < 18	12,6	9,02	1	1	1,7	2,41	1	3	16,6	9,12	1	3	3,18	3,19	1	3
5 <2		140 - 350	N	>= 18	4,06	2,9	3	1	2,73	3,88	3	2	6,47	3,56	3	2	3,25	3,3	3	2
6 <2		140 - 350	S	>= 18	6,09	4,36	2	1	1,63	2,32	2	2	5,55	3,05	4	2	3,19	3,2	4	2
7 2 - 6		140 - 350	N	3 <= p < 18	3,26	2,33	4	2	2,72	3,87	4	3	8,87	4,88	5	4	0,82	0,82	5	4
8 2 - 6		140 - 350	S	3 <= p < 18	4,83	3,45	4	2	2,01	2,87	4	3	6,14	3,37	6	4	0,69	0,69	6	4
9 2 - 6		140 - 350	N	>= 18	2,74	1,96	5	1	2,05	2,92	5	2	3,67	2,01	7	3	0,58	0,58	7	3
10 2 - 6		140 - 350	S	>= 18	3,47	2,48	6	1	1,45	2,06	6	2	3,47	1,91	8	3	0,35	0,35	8	3
11 <2		350 - 550	N	3 <= p < 18	2,89	2,07	1	1	2,64	3,76	1	3	5,78	3,18	2	3	4,03	4,03	2	3
12 <2		350 - 550	S	3 <= p < 18	2,64	1,89	1	1	1,23	1,75	1	3	4,55	2,5	1	3	1,96	1,96	1	3
13 <2		350 - 550	N	>= 18	1,75	1,26	3	1	0,75	1,07	3	2	2,77	1,52	3	2	1,39	1,4	3	2
14 <2		350 - 550	S	>= 18	2	1,43	2	1	0,84	1,2	2	2	2,83	1,56	4	2	1,37	1,38	4	2
15 2 - 6		350 - 550 550 - 750	N S	3 <= p < 18 3 <= p < 18	5,76	4,12	4	2	8,62	12,28	4	3	19,65	10,8	5	4	12,4	12,43	5	4
16 2 - 6		350 - 550 550 - 750	S S	3 <= p < 18 3 <= p < 18	9,57	6,85	4	2	12,22	17,39	4	3	10,37	5,7	6	4	8,75	8,77	6	4
17 2 - 6		350 - 550 550 - 750	S N	3 <= p < 18 >= 18	5,49	3,93	5	1	3,74	5,32	5	2	8,57	4,71	7	3	4,99	5,01	7	3
18 2 - 6		350 - 550 550 - 750	S S	>= 18 >= 18	8,98	6,43	6	1	5,02	7,14	6	2	8,9	4,89	8	3	3,7	3,7	8	3
19 6 - 12		350 - 550 550 - 750	N S	3 <= p < 18 3 <= p < 18	5,24	3,75	7	3	0,31	0,45	7	4	1,65	0,91	5	4	1,7	1,7	5	4
20 5 - 12		350 - 550 550 - 750	S S	3 <= p < 18 3 <= p < 18	7,82	5,59	7	3	0,78	1,1	7	4	1,44	0,79	6	4	4,46	4,47	6	4
21 6 - 12		350 - 550 550 - 750	N S	>= 18 >= 18	8,74	6,25	8	2	0,06	0,09	8	3	3,01	1,65	7	3	0,35	0,36	7	3
22 6 - 12		350 - 550 550 - 750	S S	>= 18 >= 18	13,5	9,65	9	2	0,19	0,27	9	3	2,17	1,19	8	3	0,4	0,4	8	3

Tableau 3.2 : Caractéristiques et importance des classes définies par les procédures de superposition et de classement des facteurs explicatifs et leur sensibilité au ravinement

- dans les marnes vert-clair et grises sensibles à l'incision, on a regroupé des classes d'exposition et d'altitude dont la distinction est jugée peu pertinente.

- dans les marnes brunes et bleues compactes évoluant respectivement par suffosion, solifluxion et glissement pelliculaire, l'exposition influence les processus d'altération à cause de l'ensoleillement. C'est pourquoi on a maintenu les classes d'exposition et on a procédé à des regroupements des pentes < 3% et 3 - 18% et des classes de distances par rapport au niveau de base proches.

Pour chaque procédure les résultats sont visualisés à l'écran, ce qui permet de vérifier la pertinence des décisions prises.

3.2.3 Regroupement des classes selon leur sensibilité au ravinement

Le classement de sensibilité au ravinement retenu est le suivant:

1. très fortement sensible
2. fortement sensible
3. moyennement sensible
4. faiblement sensible

Le classement est réalisé en considérant:

1. les facteurs explicatifs hiérarchisés comme suit:
 - a. type de marnes
 - b. situation par rapport au niveau de base
 - c. pente et exposition des versants
2. les processus de ravinement en cause:
 - a. l'incision affecte principalement les marnes vert-clair et grises
 - b. les processus de suffosion, solifluxion et glissement pelliculaire affectent les marnes brunes et bleues compactes.

Les procédures de superposition (crosstab et overlay) et de classement par regroupement (reclass) du logiciel "IDRISI" effectuées à partir des paramètres classifiés ont permis d'élaborer la carte de sensibilité au ravinement des terrains marneux de la partie occidentale de la zone d'étude (fig. 3.6) Il en ressort une prédominance des terrains sensibles aux processus d'érosion linéaire (57% de la superficie). 25% des terrains sont très fortement et fortement sensibles à l'incision, et sont localisés pour l'essentiel sur la rive droite de l'Oued Mina et le secteur aval de la rive gauche de l'Oued Haddad. 32% de la superficie sont

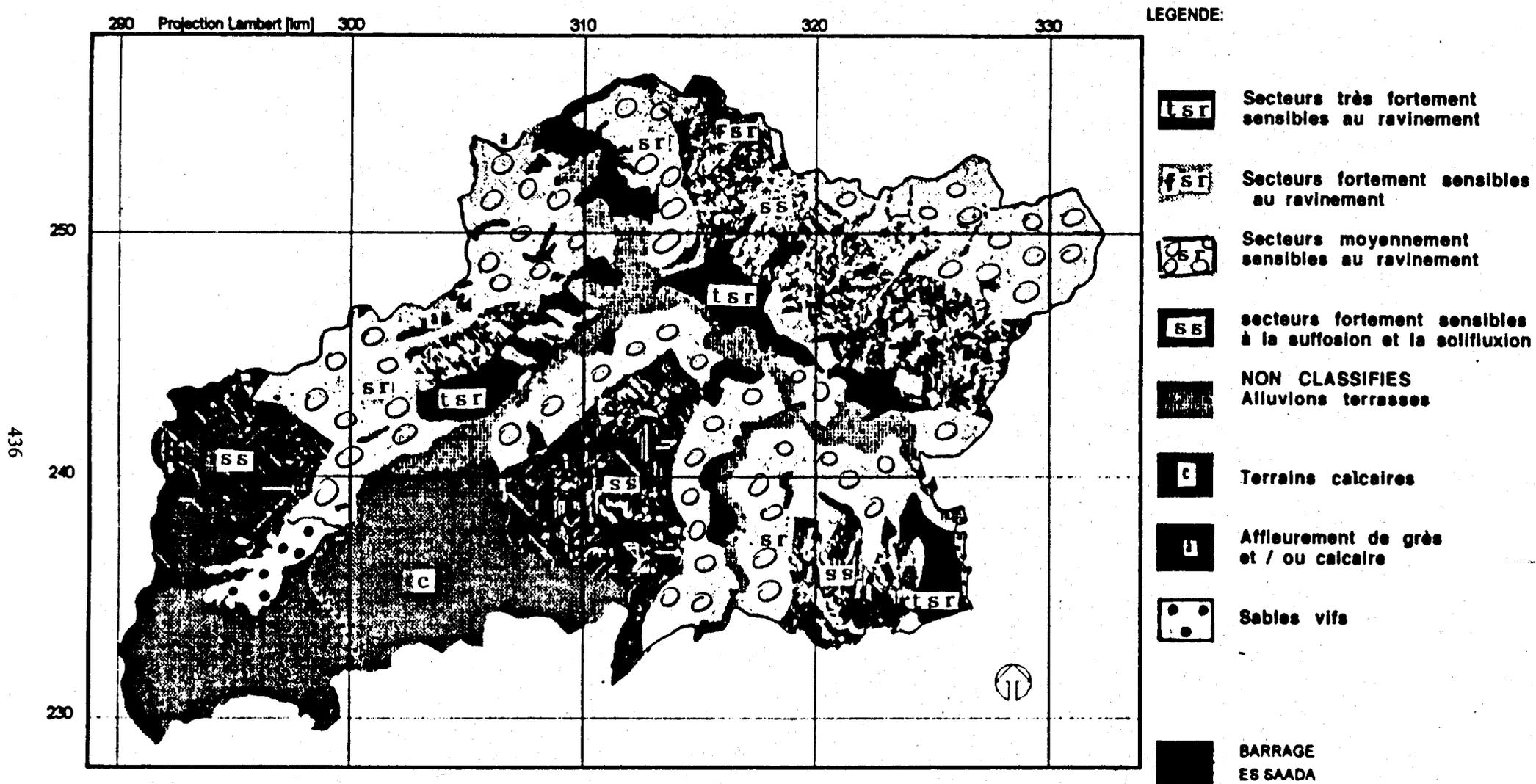


Fig. 3.6 : Carte de sensibilité au ravinement des terrains marneux dans la partie occidentale de la zone d'étude.

fortement sensibles à la suffosion et à la solifluxion. 32% sont moyennement sensibles à l'incision et 10% de la superficie correspondant aux alluvions, sables vifs, affleurements rocheux et lac de barrage n'ont pas été classifiés.

Conclusion

L'approche méthodologique pour la production d'une carte de sensibilité des terrains marneux au ravinement comprend deux étapes:

- la première concerne les relevés in situ des facteurs déterminant le ravinement et la numérisation des données à l'aide du système "DECAD". Trois facteurs stables (type de marnes, pente et exposition des versants) sélectionnés à l'échelle des petits bassins versants et un facteur additionnel (situation par rapport au niveau de base) influençant les progrès de l'incision régressive à l'échelle de la zone des marnes ont été retenus comme paramètres du système d'information géographique.

- la seconde concerne la combinaison des facteurs explicatifs à l'aide des procédures de superposition et de classement du logiciel de SIG "IDRISI". L'analyse est menée par itérations successives, les procédures et les décisions sont adaptées et les résultats visualisés à chaque niveau de l'analyse. Il en découle la production d'une carte de sensibilité des terrains marneux au ravinement. Le document peut servir comme base pour guider la localisation des aménagements. Les unités très fortement et fortement sensibles aux processus d'érosion peuvent être considérées comme des secteurs où les efforts d'aménagement doivent être portés en priorité.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AGENCE NATIONALE DES RESSOURCES HYDRAULIQUES (ANRH) en collaboration avec
DEUTSCHE GESELLSCHAFT FUR TECHNISCHE ZUSAMMENARBEIT (GTZ) et INSTITUT
GOETHE D'ALGER (1991). *Actes du colloque sur l'érosion des sols et l'envasement des
barrages* (Alger décembre 1991). 247 p.
- BUFALO M. (1989) : L'érosion des terres noires dans la région de Buech (Hautes-Alpes, France).
Thèse de doctorat en géologie, Aix-Marseille III, 230 p.
- COLLET C. (1992) : Système d'information géographique en mode image. Collection Gérer
l'environnement. Presses polytechniques et universitaires romandes Lausanne, 186 p.
- DELTEIL J. (1972) : Notice explicative de la carte géologique de l'Algérie au 1/50.000^{ème} Oued El
Abtal. 185 (2^{ème} édition). service géologique de l'Algérie, Alger, 26 p.
- HENIN S. ET BOSQUET J. (1964) : Relation entre le comportement des sols (effritement
fissuration) et leur texture. C.R. Acad. Agric. Fr., 842-846.
- KIEKEN M., MAGNE J; (1957) : Aperçu géologique sur les monts de la Mina Tell oranais (Algérie).
Publ. du service de la carte géologique de l'Algérie (nouvelle série). Bulletin n° 13, travaux
des collaborateurs, 206-215.
- KOURI L., VOGT H. (1993) : Gully processes and types in marls, Oued Mina basin, Algeria.
Workshop "Soil Erosion in Semi-Arid Mediterranean Areas" october 28-30TH 1993,
Taormina. European Society For Soil Conservation (ESSC), Centro Studi di Economia
Applicata all' Ingegneria (CSEI) Catania, Italy. Book of Abstracts p. 14.
- MONNIER G., STINGEL P. (1982) : La composition granulométrique des sols: un moyen de prévoir
leur fertilité physique. *Agronomie* 122, 503-512.
- OSTY P.L. (1971) : Essai de quantification de l'aptitude à la fissuration des terres très argileuses.
C.R. Acad. Agric. Fr., 75-87.
- TESSIER D. (1984) : Etude expérimentale de l'organisation des matériaux argileux: hydratation,
gonflement et structuration au cours de la dessiccation et de la réhumectation. Thèse
sciences Paris 7, 364 p.
- TRICART J; (1977) : Précis de Géomorphologie. Tome 2 : Géomorphologie, dynamique générale.
ed; Sedes Paris.
- VOGT T., CHADER A., MEZIANI R., RAMDANE M., SCHWEIKLE V. (1992) : Bassin versant de
l'Oued Mina. Cartographie des sols de la zone des marnes par télédétection. rapport,
Strasbourg. 42 p.
- VOGT T. GOMER D. (1992): Estimation of runoff and soil using GIS to integrate Landsat T.M data,
DEM and hydrological field data. European "International Space Year". Conférence Munich
30-3 au 4-4 1992. Satellite Symposium S2 "Image Processing, GIS and Space Assisted
Mapping".