Proceedings
Seventh International Congress
International Association of Engineering Geology

5–9 SEPTEMBER 1994 / LISBOA / PORTUGAL

Editors
R. OLIVEIRA, L. F. RODRIGUES, A. G. COELHO & A. P. CUNHA
LNEC, Lisboa, Portugal

OFFPRINT

A. A. BALKEMA / ROTTERDAM / BROOKFIELD / 1994

Diputación de Almería — Biblioteca. Propriétés géomécaniques, un facteur de contrôle de l'érosion, Les., p. 1

Proceedings
Seventh International Congress
International Association of Engineering Geology

5–9 SEPTEMBER 1994 / LISBOA / PORTUGAL

Editors
R. OLIVEIRA, L. F. RODRIGUES, A. G. COELHO & A. P. CUNHA
LNEC, Lisboa, Portugal

R- 7376

OFFPRINT

EXCMA. DIPUTACION PROVINCIAL
Biblioteca
ALMERIA

A. A. BALKEMA / ROTTERDAM / BROOKFIELD / 1994

Diputación de Almería — Biblioteca. Propriétés géomécaniques, un facteur de contrôle de l'érosion, Les., p. 2

7th International IAEG Congress / 7ème Congrès International de AIGI, © 1994 Balkema, Rotterdam, ISBN 90 5410 503 8

Les propriétés géomécaniques, un facteur de contrôle de l'érosion: Cas d'une zone aride du sudest espagnol

Geomechanical properties, an erosion controlling factor: A study case of an arid zone located in the Southeast of Spain

F. Berrad, L. García-Rossell & M. Martín-Vallejo
IAGM-CSIC Universidad de Granada, Espagne

ABSTRACT: Some geomechanical properties were studied for soils of the Almanzora basin badlands (Almeria, Spain). Both laboratory and field works display some connection between the soils nature and that of the modelling processes of the landscape. Thus, it is possible to differentiate between areas with superficial mass movements and others where runoff is the unique agent of erosion. The two formes can be met however in a same area as a consequence of the coincidence of different lithological formations or because of a favourishing topographic situation of the material. To understand these differences, we had recourse to the study of particle size distribution, swelling, methylen blue value and Atterberg limits.

RÉSUMÉ: Quelques propriétés ont été étudiées dans le sens d'une caractérisation des matériaux, pour des sols de badlands du bassin versant de l'Almanzora (Almeria, Espagne). Une différenciation entre zones à mouvement de versant superficiels et zones où le ruissellement est l'unique agent érosif, est possible, montrant une certaine relation entre la nature des sols et celle des processus modelant le paysage. Les paramétres retenus sont: la granulométrie, la consistance, le gonflement et l'adsorption de bleu de méthylène.

1 INTRODUCTION

La dégradation des sols définie par Duchaufour comme un changement par rapport à un état antérieur ou par rapport au climax, et définie par la F.A.O comme une diminution quantitative et qualitative de la productivité (F.A.O 1980 et F.A.O et P.N.U.M.A 1984) affecte selon les dernières cartes réalisées de vastes extensions de part le monde.

Au sein de l'environnement méditerranéen et surtout des zones à activité économique fondamentalement agricole, comme le cas du sud-est espagnol indiqué zone dont 40 à 59.9 % des terres ont un risque actuel d'érosion , et 60 à 79.9 % des terres ont un risque potentiel d'érosion élevé (CORINE 1985-1990), l'étude quantitative et qualitative de l'érosion est d'une grande importance pour tenter de mieux comprendre ses processus et par là, faciliter la recherche des méthodes de prévention et de lutte.

L'érosion hydrique est considérée comme etant le processus le plus déterminant de la dégradation physique des sols dans ces régions où se rassemblent les causes naturelles décisives et qui sont: une aridité et une irrégularité des précipitations, un relief contrasté avec présence de hauts versants à fortes pentes, un substratum imperméable et riche en sels, et un couvert végétal faible.

Pour ce travail on a retenu l'évolution en badland, ceci pour leur grande extension et aussi pour être considérés comme l'expression la plus claire d'une érosion extrême. Les travaux touchants ce sujet ont presque toujours donné plus d'importance aux facteurs anthropiques et climatiques qu'aux propriétés des matériaux surtout du point de vue caractéristiques géotechniques (Pérez Soba.A 1980).

En effet, l'idée de l'application des méthodes de la mécanique des sols à l'étude des versants remonte à 1948 (V.R.Leuzinger) mais sa mise en pratique ne date que du début des années soixantes (Avenard 1961). Ce travail a donc pour objectif d'aborder en plus des pas classiques dans ce genre d'études (géologie, pédologie, géomorphologie...) le côté des essais pour la détermination des propriétés des sols (consistance, gonflement...) dans le cadre de la mécanique des sols.

2 Zone d'étude et description des sites

2.1 Milieu naturel

Le bassin versant de l'Almanzora se situe dans le secteur oriental de l'Andalousie (sud-est d'Espagne) et s'étend des hauts plateaux de la dépression de Baza jusqu'à l'embouchure de la rivière de même nom dans la mediterranée près de la ville balnéaire de Vera dans une direction fondamentalement Est-Ouest (Fig 1).

De point de vue topographique, le bassin offre une nette dissymétrie du relief: plus accidenté au sud représenté par les "Fila

Diputación de Almería — Biblioteca. Propriétés géomécaniques, un facteur de contrôle de l'érosion, Les., p. 3

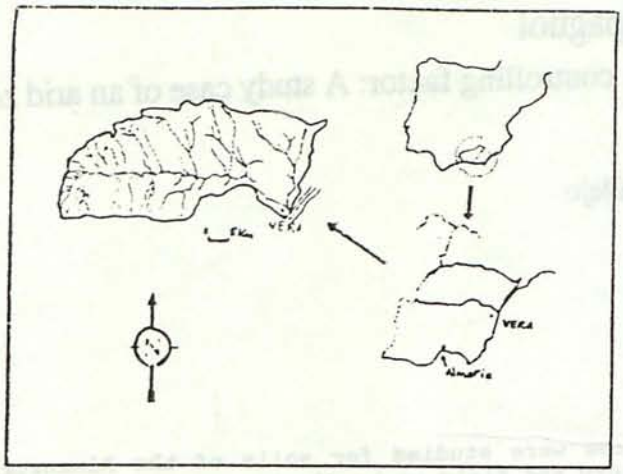

Fig. 1 Localisation géographique

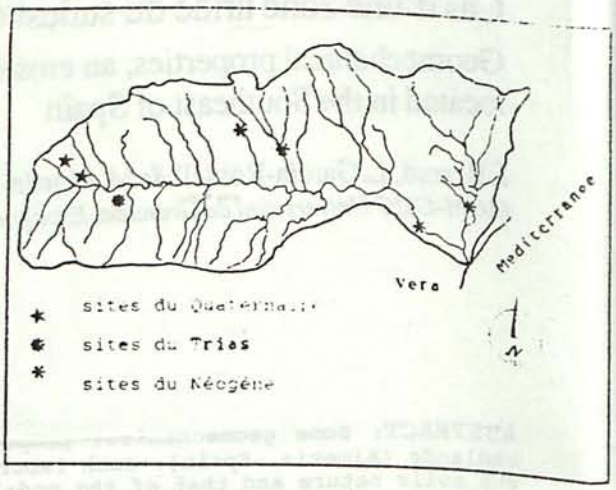

Fig. 2 Localisation de sites

bres" et moins abrupte avec des altitudes moderées dans la "sierra de las Estancias" au nord. Ces reliefs encerclent une cuvette intramontagneuse néogéne et quaternaire.

Géologiquement parlant, le bassin appartient à la cordillère Bétique et est situé sur ses zones internes: Complexe Nevado-Filabrides au sud et Alpujarrides au nord.

La lithologie est représentée par deux grands groupes de matériaux: les roches métamorphiques(schistes, micaschistes, calcoschistes..du Paléozoïque et du Trias) et carbonatées des zones internes et les matériaux de remplissage du bassin néogéne essentiellement marneux et conglomératiques en plus des sédiments quaternaires colluviaux, alluviaux et de glacis.

2.2 Distribution des badlands dans le bassin versant

La figure 2, montre les différents sites de badlands du bassin étudiés, c'est dans les matériaux marneux du Néogéne que le phénomène de ravinement intensif occupe de vastes étendues trés souvent limitées par des glacis. Ces badlands se regroupent souvent autour d'une rambla qui va augmenter de nombre et de longueur des émissaires vu la faible résistance que les marnes opposent aux pluies torrentielles et au ruissellement.

Les badlands du Quaternaire occupent la partie ouest du bassin et n'ont pas la même importance que les précedents,bien qu'ils soient mieux représentés que ceux des schistes du Trias des zones internes.

2.3 Description des sites

Pour une comparaison entre ces différents groupes, six sites ont été choisis, un autre site noté "H" est étudié pour plus de détail dans le cas du Néogéne.

Le Trias: site "64", situé à 700m d'altitude, le sol affécté par le ravinement est un sol d'altération de schistes et ardoises dont la répartition spatiale est peu homogéne.

Les badlands se developpent sur le flanc nord d'un ravin, le microbassin duquel provient l'échantillon est en forme d'éventail allongé de périmètre égal à 65m et de 60° de pente moyenne. La surface est dépourvue de végétation ce qui crée un contraste avec la forêt de Pin qui l'entoure. L'aspect général des autres badlands du Trias est très similaire avec présence d'un grand glissement sur le site "63" situé à 1000m d'altitude.

Dans ces matériaux d'altération le réseau de "rills" ou rigoles est assez net malgré une érosion laminaire avec lavage des fines et déplacement des gallets de forme applatie vers le bas de la pente où ils s'accumulent en éboulis propres.

Le Quaternaire:Les sites "60" et "61": situés à 920m au dessus du niveau de la mer. ce sont des sols essentiellement conglomératiques avec présence de sols au sens édaphologique du terme. Pour le couvert végétal il y'a dominance des champs de cultures souvent abondonnés. Les badlands sont du type "linear gully" ou ravin linéaire, créant des ravins abruptes séparés par des interfluves relativement plats inclinés de quelques 8°, en continuité avec le glacis. On n'y observe pas de phénomène de reptation "creep" ni de solifluxion, les formes d'érosion sont quelques "piping" ou érosion en tunnel peu fréquente et des éboulements sur des plans verticaux laissant des stries qui seront élimiées par l'érosion laminaire. Pour chacun des points on a fait la distinction entre la partie édaphique notée "A" et le matériel (sol dans le sens de la mécanique des sols) sousjacent noté"B".

Le microbassin du site "60" a un périmètre de 28m et une pente de 75° pour "A" et 43° pour "B", celui du point "61" a 39m de périmètre et une pente qui varie entre 70° dans la partie édaphique et 65° dans le sable au dessous.

Le Néogéne: site "65": à 550 m d'altitude des marnes grises et kakis devellopent un modelé en badland le long d'un talus sous le glacis quaternaire, avec des chutes de blocs du glacis qui arrivent jusqu'au niveau de la "rambla". les marnes sont dépourvues de végétation.

Les microbassins sont de dimensions assez importantes 65m de circonférence, séparés par des interfluves de forme arrondie. les pentes sont en moyenne de 48°. L'érosion en tunnels est evidente ainsi que des manifestations de la présence d'argiles gonflantes comme en témoignent les nombreuses fractures

Diputación de Almería — Biblioteca. Propriétés géomécaniques, un facteur de contrôle de l'érosion, Les., p. 4

dans les constructions. Les mouvements de surface sont présents mais non généralisés affectant surtout les points où le sol gris vient se superposer au sol kaki.

Site"66": présente des pentes de 40 à 60°, le périmètre est de 33m. Le régolithe noté "66S" est trés mince ne dépassant pas les 20cm. L'érosion en tunnels est trés développée au sein du régolithe et paraît profiter des nombreux systémes de diaclases remplies de gypse. Dans le voisinage du point d'échantillonage il n'y a pas de mouvements en masse, pas plus qu'on observe de manifestation claire du gonflement, le réseau de" rills" est net mais souvent devié par les tunnels.

Site "LO": Les annotations "LOJ" et "LOG" correspondent respectivement aux matériaux de couleur jaune et gris. Ce site a la même situation que le précédent c'est à dire à moins de 200m d'altitude.Les matériaux jaunes se présentent comme des veines à l'intérieu du gris, souvent verticales mais toujours en communication avec la surface .

Site "H": choisi pour la diversité de ses formations et des processus érosifs qui s'y observent. L'altitude est de 400m, les pentes variables, les versants de longueurs variables aussi avec présence au sein de quelques uns de plusieurs types de lithologies. L'érosion adapte dans ce secteur différents processus: tunnels de types et de diamètres variés, ruissellement, et divers types de mouvements de versant.

3 PROPRIÉTÉS DES MATÉRIAUX

3.1 Propriétés chimiques

- Le pH : la connaissance de ce potentiel du sol permet une première approximation à son chimisme, surtout à son degré de saturation en bases, duquel peuvent se déduire les propriétés éléctriques du complexe coloïdal.

les valeurs obtenues indiquent des sols basiques saturés en bases et des sols salino-alcalins trés saturés en bases avec possibilité de la présence de sodium. Le pH des échantillons a été mesuré por une suspension 1:5 à 20 °c

-La conductivité éléctrique de l'extrait de saturation varie entre 1.07 mS du "60B" et 103 mS du "66S".

-L'analyse chimique: les resultats des bases d'échange et des bases de saturation figurent sur le tableau nº1, ils illustrent la richesse en bases de la majorité des échantillons.

La figure (3) montre la relation entre pH, conductivité éléctrique(CE) et le sodium d'échange.

3.2 Minéralogie

Une analyse des diffractomètres (tableau nº2) montre qu'il n'y a pas de différences significatives dans le pourcentage en minéraux argileux entre la partie édaphique et le sol sousjacent dans le cas du Quaternaire, la différence en argiles pour un même niveau n'est pas grande entre les deux types de sols quaternaires. Les matériaux du Néogéne ont un porcentage d'argiles entre 30 et 46%.

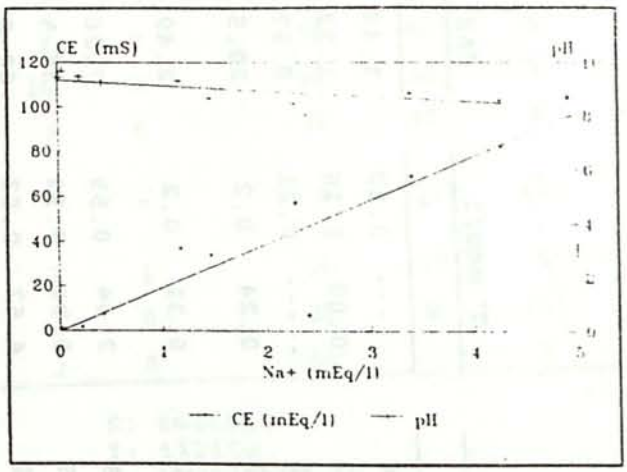

Fig. 3 Relations entre sodium d'échange, pH et conductivité éléctrique

La calcite est abondante sauf dans le cas de "61B" où prédomine le Quartz, et "65G" quartzeux aussi. Il faut signaler l'abscence du gypse qui remplie pourtant en abondance les diaclases et fractures des sols néogénes.

En ce qui concerne le type d'argiles, on note une faible représentation de la kaolinite, et des valeurs importantes des Smectites sauf pour le "64" qui posséde 0% de Smectites et 87% d'Illite.

3.3 Essais d'identification

Les résultats des essais viennent regroupés dans le tableau nº3. Les limites d'Atterberg (ASTM D4318/84) donnent pour le Néogéne des sols de la classe Ml c.à.d des limons peu plastiques, exception faite de "65K" classé "MH" ou limon trés plastique. Le Trias et le Quaternaire sont représentés par la classe "SM", ce sont des sables argilo-graveleux, bien que le "60B" soit un "Cl" ou argile peu plastique.

Pour la mesure du potentiel de gonflement on a utilisé la méthode de Lambe, méthode rapide et suffisante pour une comparaison qualitative entre les différents sols étudiés. L'essai ne donne un potentiel critique(selon Lambe) que pour le "65K", les autres sols ayant des indices de gonflement de Lambe entre 0.44 et 1.17 Kp/cm².

L'essai au bleu de méthylène (NF P18-592 (1980)) devrait servir de complément pour la minéralogie, la valeur de bleu varie entre 0.4 pour le "64" et 5.4 (g/100 g de sol) pour le "65K", valeurs bien concordantes avec la minéralogie des sols.

4 DISCUSSION DES RÉSULTATS:

Globalement il y'a une assez bonne relation pour l'ensemble des échantillons entre le pourcentage en fines (argiles et limons) et les limites de liquidité et de plasticité , (Fig 4), la corrélation etant de 0.97 dans le cas de la limite de liquidité.

C'est surtout le Quaternaire et le Trias qui favorisent cette bonne corélation,les matériaux du Néogéne forment un autre groupe offrant pour des contenus en fines trés

Diputación de Almería — Biblioteca. Propriétés géomécaniques, un facteur de contrôle de l'érosion, Les., p. 5

	Ca^{++} meq/l		Mg^{++} meq/l		Na^{+} meq/l		K^{+} meq/l		SAR
	*	▲	*	▲	*	▲	*	▲	
60A	7.55	21.47	1.00	1.15	2.13	0.66	-----	0.22	1.46
60B	3.78	23.76	1.46	2.82	1.4	0.53	0.09	0.16	1.22
61A	3.24	18.79	3.11	2.99	0.46	0.40	-----	0.21	0.37
61B	10.11	16.67	7.33	1.91	42.84	1.93	0.24	0.2	20.5
64	34.49	10.23	54.40	7.92	11.72	6.62	0.31	0.2	2.49
65K	29.12	40.53	14.13	5.07	23.95	2.03	2.64	0.59	7.28
65G	37.65	35.43	26.98	5.27	146.7	6.76	0.91	0.32	36.5
LOG	72.00	30.80	52.64	7.36	339.8	20.6	4.62	0.53	60.8
LOJ	52.80	24.28	49.67	9.83	228.2	18.3	1.79	0.51	45.1
66R	47.95	0.193	55.10	0.13	426.7	0.09	25.0	0.04	84
66S	42.80	27.23	63.02	17.12	492.6	55.43	4.52	0.91	95.8

* Solution de saturation
▲ Bases d'echange

Tableau 1 Bases d'échange et d'extrait de saturation

Diputación de Almería — Biblioteca. Propriétés géomécaniques, un facteur de contrôle de l'érosion, Les., p. 6

	A(%)	Q(%)	F(%)	C(%)	D(%)	G(%)	S(%)	I(%)	K(%)
60A	22	22	0	53	2	0	55	38	7
60B	21	23	2	52	2	0	38	60	2
61A	16	28	3	37	16	0	59	34	7
61B	17	58	17	5	3	0	34	62	4
64	-	-	-	-	-	-	0	87	13
65K	34	22	6	34	3	1	66	30	4
65G	46	31	9	11	3	0	28	56	17
66	30	20	7	4	3	0	56	37	7

A: argiles C: calcite S: smectite
Q: quartz D: dolomite I: illite
F: feldspaths G: gypse K: kaolinite

Tableau 2 Minéralogie de quelques échatillons

	Fines (%)	Wl(%)	Wp(%)	Ip(%)	Ir(%)	Ih (Kp/cm²)	Vb(g/100g de sol)
60A	42	32.5	21.5	11	0.2	0.55	1.25
60B	74	45.8	26.8	19	7.5	1	1.72
61A	40	28.5	21.1	7.3	6	0.77	1.09
61B	29	-	-	-	-	0.44	0.7
64	35	24.5	15.9	8.6	3.7	0.6	0.4
LOJ	98	49.5	31.9	17.6	5.5	0.97	3.58
LOG	98	46.4	30.9	15.6	4.4	0.97	3.69
65K	96	52	29	23		1.84	5.3
65G	96	43.3	29.3	14	0.2	1.17	2.02
66R	95	45	30	15	5.5	1.08	4.21
66S	96	48	30.6	17.4	2	0.6	4.32
HAR	85	48	28.6	19.4	-	1.15	-
HAS	91	45	29	16	-	1.15	-
HBR	98	53.5	30.5	23	-	1.38	-
HBS	96	46	29	17	-	0.81	-

(-) valeur non mesurée.

Tableau 3 Résultats des essais d'identification

Diputación de Almería — Biblioteca. Propriétés géomécaniques, un facteur de contrôle de l'érosion, Les., p. 7

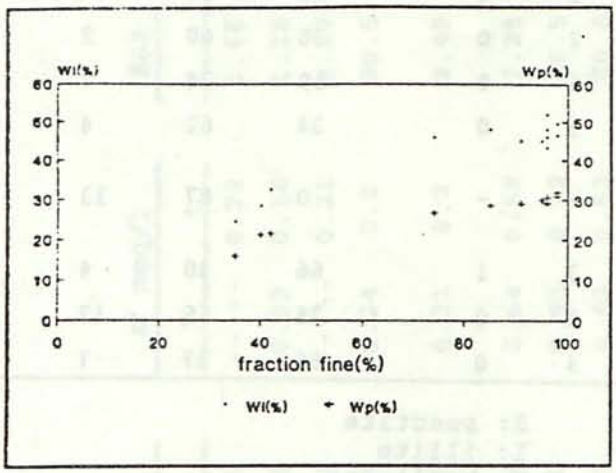

Fig. 4 Relation entre la teneur en fines et les limites de plasticité et de liquidité

similaires des valeurs de la limite de liquidité et d'indice de plasticité assez variables. Il en est de même de la relation pourcentage en fines-gonflement (r=0.65), (Fig 5).

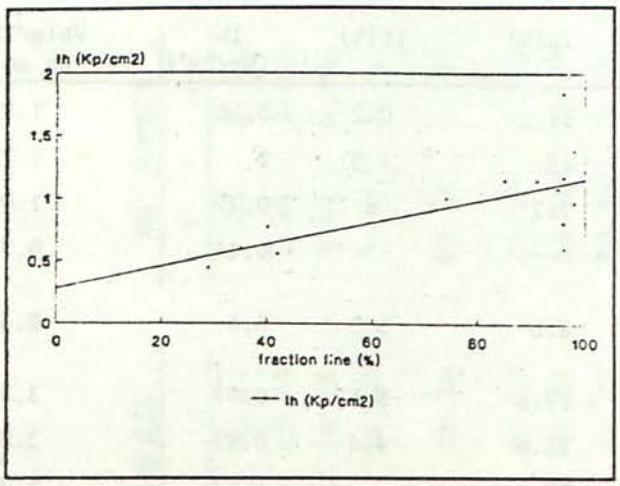

Fig. 5 Relation entre teneur en fines et gonflement

La minéralogie à elle seule n'éxplique pas ces différences alors qu'elle permet une interpretation satisfaisante de la valeur de bleu adsorbé, ce qui confirme le bon usage qui peut se faire de cette mesure pour détecter la présence d'argiles actives, Lautrin.D(1987), chose confirmée aussi en comparant le gonflement et l'adsorbtion de bleu, (Fig 6).

Les limites de liquidité et l'indice de gonflement donnent de curieuses corrélations avec le sodium d'échange: (Fig 7), en effet la limite de liquidité qui devrait avoir une corrélation négative avec le sodium par un effet de défloculation, parait être contrairement affectée (r=0.35). D'autre part une concentration importante du sodium d'échange conduit généralement à un gonflement plus important (Pousada Presa. 1984), cependant la corrélation obsérvée dans ce cas est (r=-0.31).

De tout ce qui précéde on peut déduire que les relations ne peuvent être établies en traitant les facteurs de façon individuelle et encore moins quand il s'agit de comparer des sols d'âges et de compositions differentes.

Le calcul de l'indice de consistance de De Ploey (1980) à partir de la différence entre les teneurs en eau à 5 et à 10 coups de la coupelle de Casagrande donne des valeurs allant de 3 à 7%, il n'y a donc pas de valeurs inférieures à 3, valeur au dessous de laquelle les sols sont suscéptibles à l'encroûtement dans les zones tempérées, cet indice semble ne pas être valable pour des sols salins des zones semi-arides à arides, vu que la majorité des sols étudiés sont afféctéspar l'encroûtement.

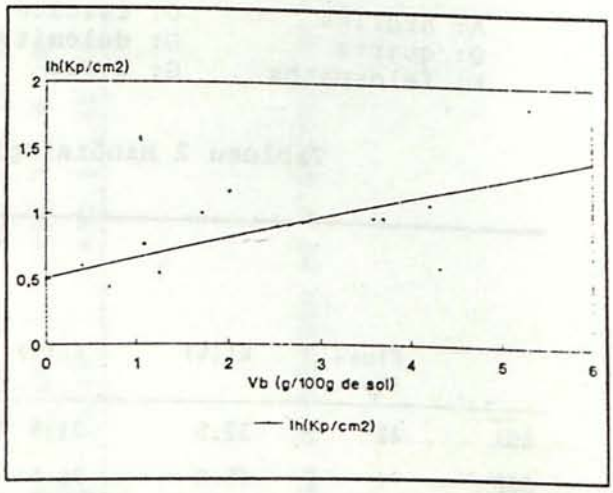

Fig. 6 Relation entre l'indice de gonflement de Lambe et la valeur de bleu de méhtylène

Une comparaison entre les phénoménes obsérvés sur le terrain et les propriétés des matériaux, montre les points suivants:

-Les manifestations du gonflement commencent avec des indices de Lambe de gonflement de l'ordre de 0.8Kp/cm2 donc à la limite d'un potentiel de gonflement marginal, cette manifestation se refléte surtout en une structure en "popcorn", Hodges (1982), avec une chute de la densité sous une mince croûte de quelque deux millimétres et une grande densité de fissures de dissécation qui ne semble pas avoir de relation claire avec l'indice de retraît Ir= Wp - Wr.

- Le réseau de "rills" est d'autant plus net que l'indice de gonflement est faible, car l'obstruction des "rills" initiés par une forte pluie ne permet pas au prochain événement pluvieux de continuer d'éroder dans le même lieu.

-L'érosion en tunnel ou en "piping" est très favorisée par la richesse en sels des matériaux, ces tunnels peuvent servir de réseau pour le cheminement de l'écoulement sous-cutané montrant dans quelques points surtout dans le site noté "H" des coulées boueuses à leur émergence au niveau du versant et aussi au niveau du talweg. Les langues des coulées sont de petite dimension avec quelques mètres de longueur et moins de 0.6 métres de largeur, la formation de ces coulées s'explique par une augmentation de la teneur en eau du sol, il faut noter cependant qu'une mesure de la teneur en eau d'une coulée a donné 40% donc il ne serait

Diputación de Almería — Biblioteca. Propriétés géomécaniques, un facteur de contrôle de l'érosion, Les., p. 8

pas forcement necéssaire de dépasser la limite de liquidité pour obtenir une coulée, les limites de liquidité les plus basses du secteur etant de 42%.

- les observations de terrain rendent de la grande complexité des phénoménes des mouvements en masse : ils peuvent être identiques pour des matériaux d'aspect différent "HA"et"HB" par exemple, comme ils peuvent être distincts dans des formations identiques. L'explication residerait dans le comportement à l'eau des formations:

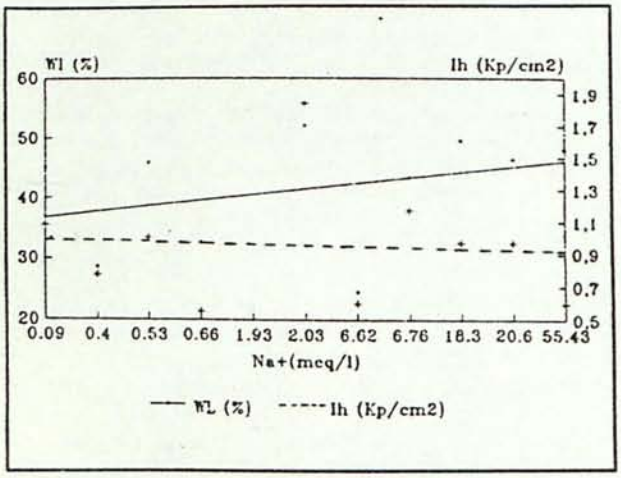

Fig.7 Relations entre sodium d'échange, gonflement et limite de liquidité

Les matériaux marneux du Néogéne ne sont pas totalement impérméables, le réseau de fissures permet l'infiltration d'un minimum d'eau permetant de dépasser la limite de plasticité aprés une averse importante comme il a put être constaté dans un suivi des variations de l'humidité du sol dans les 20 premiers centimétres du régolithe du site "H".

Dans une étude de détail du site "H", l'ouverture de plusieurs profiles , met en evidence la présence de plusieurs tranches au sein des régolithes ce qui pourrait enlever l'ambiguité du comportement qu'entraine l'étude des seuls régolithe et roche mére.

Une comparaison entre la teneur en eau à différentes hauteurs des versants montre aussi une plus grande concentration de l'eau à la base de ces derniers d'où une plus grande fréquence des mouvements, une autre observation à faire est que plus le talus est haut plus il y'a de possibilité d'instabilité supérficielle, les mouvements etant de plus grande fréquence pour des pentes supérieurs à 45° dans le site "H" et aussi là où il y'a eu sapement de la base, souvent par effondrement du toit d'un tunnel au contact talus-terrasse de culture.

- Dans le Quatérnaire on n'observe point de mouvement de type "solifluxion" et "coulée boueuse", ceci est evident pour le site "61" dont le niveau supérieur présente des limites plus importantes que l'inférieur. Mais le site "60" est aussi préservé de ce type d'instabilité, cela doît être surement dû au pendage casi nulle du plan séparant les formations de consistances différentes.

-Le Trias malgrés les fortes pentes et la difference de nature entre la roche mére et les matériaux d'altération ne presente pas aucun des types de mouvement en masse cités. Cependant dans le corps même des schistes du site "63", on note la présence d'un grand glissement de terrain.

5 CONCLUSIONS GENÉRALES

- La comparaison entre des sites où se developpent différents types de badlands, montre que la game des sols où apparait le ravinement est très ample, est que les différences sont essentiellement dû aux propriétés des matériaux, qui entrainent un comportement ou un autre.

-la superposition de matériaux dont la consistance est différente, surtout quand le niveau supérieur possede des limites d'Atterberg inférieures à celles du niveau sous-jacent, favorise les mouvements en masse à la superficie.

- le gonflement joue un rôle important dans l'évolution du reseau de concentration de l'écoulement superficiel, permetant dans le cas des sols à faible potentiel de gonflement l'enfoncement du réseau.

- la formation d'une croûte à la superficie diminue l'infiltration mais la présence de fissures de dissecation (trés favorisée par le type de climat) permet un minimum d'infiltration.

RÉFÉRENCES

Alexandre, D. 1982. difference between "Calanchi" and "Biancane" badlands in Italy: 71-87. *Badland geomorphology and piping*.

Avenard, J.M. 1989-1990. Sensibilité aux mouvements en masse (solifluxion): 119-129. *Cah.ORSTOM, sér. pédol*, vol 25, 1-2.

Avenard, J.M & Tricart,J. 1961. Téchniques de travail et idées de recherches. Application de la mécanique des sols à l'étude des versants: 146-156. *Revue de géomorphologie dynamique*. CNRS.

Cobertura, A.1993. *Edafología aplicada*. ed, Catedra: 326p. ISBN 84-376-1108-3.

De Ploey, J.1989. La conservation des sols: 38-41. *La recherche Agronomie. supl*. rech. 227.

Hodges, W.K & Bryan, R.B.1982. The influence of material behaviour on runoff initiation in the Dinosaur Badlands, Canada: 13-46. *Badland geomorphology and piping*.

Lautrin, D. 1987. Une procédure rapide d'identification des argiles: 75-84. *Bull. liaison lab P et ch*.-152. réf. 3184.

López Bermúdez, F & Romero-Diaz, M.A. 1989. Piping erosion and badland development in South-east Spain: 59-73. *Catena suppl* 14.

López Bermúdez, F & Albaladejo, J. 1990. Factores ambientales de de degradacíon en el area mediterranea: 15-42. *Soil degradation and rehabilitation in mediterranean environmental conditions*. ed, CSIC. ISBN 84-00-07045-3.

Martin-Penela, A.J. 1993. Pipe and gully systems development in the Almanzora basin (south Spain). *Z.sch.für Geomorphologie*.

Pérez Soba, A. 1980. *politica mundial ante el problema de la erosiòn de suelos en Almeria*.ISBN-84-500-7572-6, p.57-65.

Pousada Presa, E. 1984. *Deformabilidad de las arcillas expansivas bajo succión controlada*. tesis doct. MOPU.

DIPUTACIÓN DE ALMERÍA BIBLIOTECA

Diputación de Almería — Biblioteca. Propriétés géomécaniques, un facteur de contrôle de l'érosion, Les., p. 9

REMERCIEMENTS

Ce travail a été financé par les projets de la CICYT NAT-0.622.0/90; AMB-93-0844-C06-02 et par le projet LUCDEME.
Nos remérciements vont aussi au Dr.Valverde Espinosa pour sa précieuse aide.

Diputación de Almería — Biblioteca. Propriétés géomécaniques, un facteur de contrôle de l'érosion, Les., p. 10

FROM THE SAME PUBLISHER:

Beck, Barry F. (ed.) 90 5410 305 1
Applied karst geology – *Proceedings of the fourth multidisciplinary conference on sinkholes and the engineering and environmental impacts of karst, Panama City, FL, 25-27.01.1993*
1993, 28 cm, 304 pp., Hfl.165 / $95.00 / £61
35 papers, each with a practical orientation, detailing the problems of building man's structures on karst terrane: why and how to fix it, and how to avoid the problem next time. Keynote addresses; Geology of karst areas; Groundwater contamination in karst terrane; Geophysical investigations of karst; Karst hydrology; Engineering designs in karst areas; Remedial engineering in karst terrane; etc.

Novosad, S. & P.Wagner (eds.) 90 5410 302 7
Landslides – *Proceedings of the seventh international conference and field workshop on landslides in Czech and Slovak Republics, 28 August-15 September 1993* (No rights Poland, Czechia & Slovakia)
1993, 25 cm, 324 pp., Hfl.165 / $95.00 / £55
Landslides inventory, classification & terminology; Hazard mapping of landslides; Slope movements prediction & monitoring; Landuse & landslide problems, landslide control measures & their effects. A great deal of attention was focussed on the precise nature of landslide processes & on the prediction & monitoring of slope movements.Editors: Novosad IG/EG Consulting, Ostrova and Comenius Univ., Bratislava.

Knoring, L.D. & V.N.Dech (R.B.Zeidler, ed.) 90 5410 253 5
Mathematics for geologists (Geotechnika 10 – Selected translations of Russian geotechnical literature)
1993, 25 cm, 210 pp., Hfl.95 / $55.00 / £35
State-of-the-art review, classification &an orderly structure of presentation of the methodology & primary directions in mathematics for geology. Each group of methods is described in terms of its specific features of applicability to geologic tasks, the available geologic data & peculiarities of translation of geologic problems into the language of mathematics. Primary attention is drawn to construction of mathematical models and their interpretation; etc.

Giani, Gian Paolo 90 5410 122 9
Rock slope stability analysis
1992, 25 cm, 374 pp., Hfl.135 / $75.00 / £50
Up-to-date information in a new form dealing with the geomechanical problems of rock engineering design. Starting from geological surveys and discontinuity data collections it describes a number of procedures to assess the shear behaviour of joints and rock masses and the methods to model groundwater flow. The input data, required for a slope analysis, are completed by the description of the methods used to build a geomechanical model. Methods used to assess the stability degree of a rock slope are described as well as provisional techniques for the movement of unstable rocks. Rockfall models, toppling and buckling analysis; etc. Author: Politech.Torino.

Peck, W.A., J.L.Neilson, R.J.Olds & K.D.Seddon (eds.)
Engineering geology of Melbourne – *Proceedings of the seminar, Melbourne, Victoria, Australia, 16 September 1992* 90 5410 083 4
1992, 25 cm, 418 pp., Hfl.150 / $85.00 / £55

Proceedings: 4th international congress International Association of Engineering Geology / Comptes-rendus: 4ème congrès international Association International de Géologie de l'Ingénieur, *Inde, 1982* 90 6191 266 0
1982–88, 28 cm, 3188 pp., 10 vols., Hfl.1220 / $695 / £450

Marinos, P.G. & G.C. Koukis (eds.) 90 6191 793 X
The engineering geology of ancient works, monuments and historical sites – *Preservation and protection* / **La géologie de l'ingénieur appliquée aux travaux anciens, monuments et sites historiques** – *Préservation et protection – Proceedings of an international symposium, Athens, 19-23 September 1988*
1988–90, 25 cm, 2388 pp., 4 vols., Hfl.595 / $340.00 / £220

Cripps, J.C., J.M.Coulthard, M.G.Culshaw, A.Forster, S.R.Hencher & C.F.Moon (eds.) 90 6191 167 2
The engineering geology of weak rock *Proceedings of the 26th annual conference of the Engineering Group of the Geological Society, Leeds, UK, 9-13 September 1990*
1993, 25 cm, 520 pp., Hfl.195 / $115.00 / £72
52 refereed & edited papers: Case histories, theoretical concepts & laboratory studies; Rock behaviour; Classification of rock masses & the engineering behaviour of very complex rock masses.

Bell, D.H.(ed.) 90 5410 032 X
Landslides / Glissements de terrain – *Proceedings of the 6th international symposium, Christchurch, 10-14.02.1992*
1992-94, 25 cm, c.1800 pp., 3 vols, Hfl.510 / $290.00 / £189
5 general and 5 specialist themes. The general themes include landslide investigations, stability analysis techniques, stabilisation measures, hazard assessment, and monitoring and instrumenstation. The specialist themes are seismicity and landslides, landslides and reservoirs, open-pit mine slopes, slope stability in tropical areas, and landslides in Australasia. Editor: Univ. Canterbury, Christchurch, New Zealand.

Plotnikov, L.M. 90 5410 220 9
Shear structures in layered geological bodies
(Russian translations series, 104) (No rights India)
1994, 24 cm, 178 pp., Hfl.95 / $55.00 / £35
A translation of *Strukturi sdviga v sloistykh geologicheskikh telakh*, Moscow 1991. Simple shear & its different types; Major deformation forces & reactions of stressed bodies; Manifestations of shear deformation mechanism in structures of geological bodies; Distribution of displacements in structures of simple shear; Simple shear interference structures; Laws governing changes in thickness; Some problems of dynamics of structural formation; Conclusion.

Watters, Robert J. (ed.) 90 6191 878 2
Engineering geology and geotechnical engineering – *Proceedings of the 25th symposium, Reno, 20-22 March 1989*
1989, 25 cm, 432 pp., Hfl.245 / $140.00 / £91

Beck, Barry F. (ed.) 90 6191 987 8
Engineering and environmental impacts of sinkholes and karst – *Proceedings of the third multidisciplinary conference, St. Petersburg-Beach, Florida, 2-4.10 1989*
1989, 28 cm, 392 pp., Hfl.205 / $120.00 / £76

Price, D.G. (ed.) 90 6191 130 3
Proceedings: 6th international congress International Association of Engineering Geology / Comptes-rendus 6ème congrès international, Association Internationale de Géologie de l'Ingénieur, *Amsterdam, Netherlands, 6-10 August 1990*
1990–94, 25 cm, 5000 pp., 6 vols, Hfl.970 / $555.00 / £360

Proceedings: 5th international congress International Association of Engineering Geology / Comptes-rendus: 5ème congrès international Association Internationale de Géologie de l'Ingénieur, *Buenos Aires, 20-25 October 1986* 90 6191 660 7
1986–90, 28 cm, 2831 pp., 4 vols., Hfl.1220 / $695.00 / £450

Beck, F. Barry & William L. Wilson (eds.) 90 6191 692 5
Karst hydrogeology: Engineering and environmental applications – *Proceedings of the second multidisciplinary conference on sinkholes and the environmental impacts karst, Orlando, Floriac, 9-11 February 1987*
1987, 28 cm, 475 pp., Hfl.205 / $120.00 / £76

All books available from your bookseller or directly from the publisher:
A.A.Balkema Publishers, P.O.Box 1675, Rotterdam, Netherlands
For USA & Canada: A.A.Balkema Publishers, Old Post Rd, Brookfield, VT, USA

Diputación de Almería — Biblioteca. Propriétés géomécaniques, un facteur de contrôle de l'érosion, Les., p. 11

FROM THE SAME PUBLISHER:

Beck, Barry F. (ed.) 90 5410 305 1
Applied karst geology – *Proceedings of the fourth multidisciplinary conference on sinkholes and the engineering and environmental impacts of karst, Panama City, FL, 25-27.01.1993*
1993, 28 cm, 304 pp., Hfl.165 / $95.00 / £61
35 papers, each with a practical orientation, detailing the problems of building man's structures on karst terrane: why and how to fix it, and how to avoid the problem next time. Keynote addresses; Geology of karst areas; Groundwater contamination in karst terrane; Geophysical investigations of karst; Karst hydrology; Engineering designs in karst areas; Remedial engineering in karst terrane; etc.

Novosad, S. & P.Wagner (eds.) 90 5410 302 7
Landslides – *Proceedings of the seventh international conference and field workshop on landslides in Czech and Slovak Republics, 28 August-15 September 1993* (No rights Poland, Czechia & Slovakia)
1993, 25 cm, 324 pp., Hfl.165 / $95.00 / £55
Landslides inventory, classification & terminology; Hazard mapping of landslides; Slope movements prediction & monitoring; Landuse & landslide problems, landslide control measures & their effects. A great deal of attention was focussed on the precise nature of landslide processes & on the prediction & monitoring of slope movements.Editors: Novosad IG/EG Consulting, Ostrova and Comenius Univ., Bratislava.

Knoring, L.D. & V.N.Dech (R.B.Zeidler, ed.) 90 5410 253 5
Mathematics for geologists (Geotechnika 10 – Selected translations of Russian geotechnical literature)
1993, 25 cm, 210 pp., Hfl.95 / $55.00 / £35
State-of-the-art review, classification &an orderly structure of presentation of the methodology & primary directions in mathematics for geology. Each group of methods is described in terms of its specific features of applicability to geologic tasks, the available geologic data & peculiarities of translation of geologic problems into the language of mathematics. Primary attention is drawn to construction of mathematical models and their interpretation; etc.

Giani, Gian Paolo 90 5410 122 9
Rock slope stability analysis
1992, 25 cm, 374 pp., Hfl.135 / $75.00 / £50
Up-to-date information in a new form dealing with the geomechanical problems of rock engineering design. Starting from geological surveys and discontinuity data collections it describes a number of procedures to assess the shear behaviour of joints and rock masses and the methods to model groundwater flow. The input data, required for a slope analysis, are completed by the description of the methods used to build a geomechanical model. Methods used to assess the stability degree of a rock slope are described as well as provisional techniques for the movement of unstable rocks. Rockfall models, toppling and buckling analysis; etc. Author: Politech.Torino.

Peck, W.A., J.L.Neilson, R.J.Olds & K.D.Seddon (eds.)
Engineering geology of Melbourne – *Proceedings of the seminar, Melbourne, Victoria, Australia, 16 September 1992* 90 5410 083 4
1992, 25 cm, 418 pp., Hfl.150 / $85.00 / £55

Proceedings: 4th international congress International Association of Engineering Geology / Comptes-rendus: 4ème congrès international Association International de Géologie de l'Ingénieur, *Inde, 1982* 90 6191 266 0
1982–83, 28 cm, 3188 pp., 10 vols., Hfl.1220 / $695 / £450

Marinos, P.G. & G.C. Koukis (eds.) 90 6191 793 X
The engineering geology of ancient works, monuments and historical sites – *Preservation and protection* / **La géologie de l'ingénieur appliquée aux travaux anciens, monuments et sites historiques** – *Préservation et protection – Proceedings of an international symposium, Athens, 19-23 September 1988*
1988–90, 25 cm, 2388 pp., 4 vols., Hfl.595 / $340.00 / £220

Cripps, J.C., J.M.Coulthard, M.G.Culshaw, A.Forster, S.R.Hencher & C.F.Moon (eds.) 90 6191 167 2
The engineering geology of weak rock *Proceedings of the 26th annual conference of the Engineering Group of the Geological Society, Leeds, UK, 9-13 September 1990*
1993, 25 cm, 520 pp., Hfl.195 / $115.00 / £72
52 refereed & edited papers: Case histories, theoretical concepts & laboratory studies; Rock behaviour; Classification of rock masses & the engineering behaviour of very complex rock masses.

Bell, D.H.(ed.) 90 5410 032 X
Landslides / Glissements de terrain – *Proceedings of the 6th international symposium, Christchurch, 10-14.02.1992*
1992-94, 25 cm, c.1800 pp., 3 vols, Hfl.510 / $290.00 / £189
5 general and 5 specialist themes. The general themes include landslide investigations, stability analysis techniques, stabilisation measures, hazard assessmeat, and monitoring and instrumenstation. The specialist themes are seismicity and landslides, landslides and reservoirs, open-pit mine slopes, slope stability in tropical areas, and landslides in Australasia. Editor: Univ. Canterbury, Christchurch, New Zealand.

Piotnikov, L.M. 90 5410 220 9
Shear structures in layered geological bodies
(Russian translations series, 104) (No rights India)
1994, 24 cm, 178 pp., Hfl.95 / $55.00 / £35
A translation of *Strukturi sdviga v sloistykh geologicheskikh telakh*, Moscow 1991. Simple shear & its different types; Major deformation forces & reactions of stressed bodies; Manifestations of shear deformation mechanism in structures of geological bodies; Distribution of displacements in structures of simple shear; Simple shear interference structures; Laws governing changes in thickness; Some problems of dynamics of structural formation; Conclusion.

Watters, Robert J. (ed.) 90 6191 878 2
Engineering geology and geotechnical engineering – *Proceedings of the 25th symposium, Reno, 20-22 March 1989*
1989, 25 cm, 432 pp., Hfl.245 / $140.00 / £91

Beck, Barry F. (ed.) 90 6191 987 8
Engineering and environmental impacts of sinkholes and karst – *Proceedings of the third multidisciplinary conference, St. Petersburg-Beach, Florida, 2-4.10 1989*
1989, 28 cm, 392 pp., Hfl.205 / $120.00 / £76

Price, D.G. (ed.) 90 6191 130 3
Proceedings: 6th international congress International Association of Engineering Geology / Comptes-rendus 6ème congrès international, Association Internationale de Géologie de l'Ingénieur, *Amsterdam, Netherlands, 6-10 August 1990*
1990–94, 25 cm, 5000 pp., 6 vols, Hfl.970 / $555.00 / £360

Proceedings: 5th international congress International Association of Engineering Geology / Comptes-rendus: 5ème congrès international Association Internationale de Géologie de l'Ingénieur, *Buenos Aires, 20-25 October 1986* 90 6191 660 7
1986–90, 28 cm, 2831 pp., 4 vols., Hfl.1220 / $695.00 / £450

Beck, F. Barry & William L. Wilson (eds.) 90 6191 692 5
Karst hydrogeology: Engineering and environmental applications – *Proceedings of the second multidisciplinary conference on sinkholes and the environmental impacts karst, Orlando, Florida, 9-11 February 1987*
1987, 28 cm, 475 pp., Hfl.205 / $120.00 / £76

All books available from your bookseller or directly from the publisher:
A.A.Balkema Publishers, P.O.Box 1675, Rotterdam, Netherlands
For USA & Canada: A.A.Balkema Publishers, Old Post Rd, Brookfield, VT, USA

Diputación de Almería — Biblioteca. Propriétés géomécaniques, un facteur de contrôle de l'érosion, Les., p. 12