

# Étude du comportement des mélanges (marne-chaux) dans le domaine routier

Lasheb M<sup>1</sup> et Melbouci B.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire Géo-matériaux Environnement et Aménagement, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou  
E-Mail:mici-89@hotmail.com

---

*RÉSUMÉ. Les caractéristiques variables des marnes altérées cause des problèmes à l'ingénierie, particulièrement dans le domaine de la géotechnique et impose des études approfondies pour le dimensionnement des ouvrages. En effet, la marne est une roche sédimentaire tendre, formée par un mélange d'argile et de calcaire en proportion variable, elle forme une famille de sol qui se situe entre ces deux composants. Le travail purement expérimental réalisé est mené particulièrement sur les marnes de Tizi-Ouzou dont l'objectif est d'étudier les performances nécessaires, non seulement pour supporter le trafic de chantier, mais aussi, pour supporter le corps de chaussée, le trafic routier ou même pour être utilisé en remblai. Lorsque ces caractéristiques sont médiocres, l'utilisation de la chaux pour stabiliser ces sols est nécessaire. L'étude réalisée sur la marne de Mdouha (Tizi-Ouzou) confirme l'amélioration de leurs caractéristiques physiques et mécaniques.*

*ABSTRACT. Variable characteristics of altered marls cause problems to engineering, particularly in the field of geotechnics and require extensive studies for the dimensioning of structures. Indeed, marl is a soft sedimentary rock, formed by a mixture of clay and limestone in variable proportion, it forms a family of soil that lies between these two components. The purely experimental work is carried out particularly on the Tizi-Ouzou marls whose objective is to study the performances necessary not only to support the traffic of construction site but also, to support the road traffic or even for being used in backfill. When these characteristics are poor, the use of lime to stabilize these soils is necessary. The study carried out on the Mdouha marl (Tizi-Ouzou) confirms the improvement of their physical and mechanical characteristics.*

*MOTS-CLÉS : marne, essais, traitement, portance du sol, Comportement.*

*KEY WORDS: marl, tests, treatment, bearing capacity, Behavior.*

---

## 1. Introduction – Utilisez le style « Titre 1 »

Les marnes sont abondantes dans les formations d'âge secondaire et présentent de nombreuses variétés (marnes sableuses, glauconieuses, dolomitiques.). La marne fait partie des matériaux dits « évolutifs » qui peuvent changer de nature ou de structure à la suite de leur extraction et en contact avec l'eau [DEL 75]. En géotechnique, la résistance des marnes est très élevée à l'état sec, mais en présence d'eau, elles deviennent gonflantes et non résistantes, ce qui limite leur utilisation comme matériaux de remblai dans les travaux d'infrastructure en génie civil.

De nombreuses études ont été menées sur la stabilisation des sols médiocres par plusieurs techniques d'ajout tels que les sels minéraux, les sables, les cendres volantes, le ciment, le bitume et la chaux. La stabilisation des sols à la chaux a des effets importants sur l'amélioration des caractéristiques géotechniques des sols lesquelles sont souvent très variables suivant leur nature minéralogique [LE ROU69].

Ce travail a pour but d'étudier le comportement de la marne de Mdouha soumise aux essais mécaniques traitée à différents pourcentages de chaux. Ce qui nous permettra d'apprécier l'évolution de ses caractéristiques géotechniques.

## 2. Identification du matériau marne

Les caractéristiques chimiques de cette marne sont représentées dans le tableau 1 suivant :

Tableau 1. Les caractéristiques chimiques de la marne Mdouha.

Matériau	VBS	CaCO <sub>3</sub> (%)	Cl <sup>-</sup> (%)	SO <sub>3</sub> (%)	Mo
Marne (Mdouha)	1.35	54.48	0.49	0.20	trace

La valeur au bleu de méthylène ((VBS) (NF P94-068) (essai à la tache) est comprise entre 0.12 et 1.5 ; c'est donc un sol limoneux et la teneur en carbonate de calcium (CaCO<sub>3</sub>) (NF P94-048)- (méthode du calcimètre) est comprise entre 30 et 70% ce qui nous confirme que ce matériau est une marne. Elle est inorganique (Mo= trace) et non agressive (Teneur en sulfate égale à 0.20<0.24).

Les propriétés physiques de cette marne sont représentées dans le tableau 2.

Tableau 2. Les caractéristiques physiques de la marne Mdouha

Caract.	W(%)	e	η(%)	Sr(%)	Yh (KN/m <sup>3</sup> )	Yd (KN/m <sup>3</sup> )	Ys (KN/m <sup>3</sup> )
Valeurs	1.62	0.1	9.09	42.53	24.33	23.94	26.25

La teneur en eau naturelle de cette marne est très faible et sa densité sèche est supérieure à 18 (KN/m<sup>3</sup>), c'est donc un matériau dense. Elle est caractérisée par une faible plasticité (Ip<7%) et selon l'abaque de Casagrande, elle peut être classée dans des limons peu plastiques.

**La chaux :** La chaux utilisée est une chaux éteinte provenant de l'usine de Bejaia.

## 3. Caractérisation du mélange Marne-chaux

Afin d'assurer une valorisation fiable, les performances mécaniques ont été augmentées par ajout de liant (chaux). Ainsi les paramètres de portance, indice de portance immédiat (IPI) et indice CBR après immersion (I<sub>CBR</sub>), ont été déterminés pour les différents pourcentages en liant introduit dans les mélanges.

### 3.1. Influence de la chaux sur les caractéristiques physiques

Une étude de sensibilité des différents mélanges a été menée via les essais physiques. Les résultats obtenus sont donnés comme suit.

**La teneur en eau** : les teneurs en eau déterminées en variant le pourcentage de (de liant) de 0 à 12% sont représentées dans le tableau 3:

*Tableau 3. Evolution des teneurs en eau en fonction des taux de la chaux*

Chaux(%)	0	2	4	6	8	10	12
W(%)	1.53	1.48	1.46	1.42	1.39	1.37	1.35

La teneur en eau diminue en augmentant le pourcentage de chaux. Ceci est dû à l'évaporation d'eau provoquée par la réaction exotherme et qui augmente (eau évaporée) en accroissant la quantité de la chaux.

**Les limites d'Atterberg** : la détermination de ces limites du mélange de marne et différents pourcentages du liant (chaux) selon la norme française (NF P94-051). Les résultats obtenus sont inscrits dans le tableau 4.

*Tableau 4. Evolution des limites d'Atterberg en fonction des taux de la chaux*

Chaux (%)	0	1	2	3
WI (%)	24.45	23.12	22.85	22.78
Wp (%)	21.2	21.49	21.75	22.35
Ip	3,25	1,63	1,1	0,43

La variation de l'indice de plasticité en fonction des taux du liant présenté dans le tableau 4, nous renseigne sur la sensibilité de la marne aux ajouts de la chaux. Ce décalage de l'indice de plasticité est étroitement lié à la quantité de chaux utilisée. Cette augmentation du pourcentage de chaux implique une réduction importante des indices des vides. Pour 1% de chaux ajoutée, « Ip » diminue approximativement de 50% ; ce qui nous montre que cette marne est très sensible à la chaux et lui confère une bonne amélioration. Une légère évolution de la limite de plasticité (Tableau 4), entraîne un petit rétrécissement du domaine plastique par la formation d'agrégations (floculation), provoquée par l'ajout de la chaux, entraînant une amélioration de la compacité.

**Les caractéristiques mécaniques de cisaillement** : Pour la marne traitée à la chaux, tous les mélanges sont confectionnés aux teneurs en eau de l'optimum Proctor  $w_{opt}$  correspondant pour chaque dosage en liants. En fonction des différents dosages en chaux, l'évolution des paramètres de cisaillement (C et  $\phi$ ) du mélange sont portés dans le tableau 5.

*Tableau 5: Evolution des caractéristiques du cisaillement en fonction des taux de la chaux.*

Taux de chaux(%)	0	1	2	3	4
C [kPa]	8,7	28	29,6	46,3	47
$\phi^\circ$	39,9	39	38,7	38,5	38,6

Les résultats du tableau 5 montrent que l'angle de frottement de la marne traitée reste pratiquement constant ; par contre la cohésion augmente avec le taux de liant. L'ajout de chaux à la marne provoque l'agglomération (floculation) des fines particules conduisant à des particules grossières, donc à une augmentation de la cohésion. Cette cohésion augmente lorsque l'indice de plasticité diminue. Pour 1% de chaux ajoutée, la cohésion passe de 8.71 à 28 kPa et tend à se stabiliser à 3% d'ajout.

**Caractéristiques oedométriques** : l'évolution des indices des vides initiaux sont représentés dans le tableau 6 :

*Tableau 6. Evolution des indices des vides initiaux  $e_0$  et  $de\sigma_c'$  en fonction des taux de la chaux.*

Chaux(%)	0	1	2	3	4	5	6
$e_0$	0.62	0.59	0.58	0.56	0.55	0.53	0.52
$\sigma_c'$ (kPa)	135	152	175	210	225	230	230

Les indices des vides de la marne traitée à la chaux diminuent légèrement. En effet, en fonction du pourcentage d'ajout, les particules de chaux occupent les vides du matériau marne. Par contre, les contraintes effectives de pré-consolidation augmentent avec le taux d'ajout de chaux et se stabilisent à partir du 5% d'ajout. Une bonne amélioration de la compressibilité est reconnue sur ces marnes car les contraintes de pré-consolidation développées ont pratiquement doublé jusqu'à 4% d'ajout.

**Caractéristiques de compactage :** La portance des marnes de Mdouha se traduit par l'augmentation des valeurs des indices de portance  $I_{CBR}$  après immersion en proportion avec le taux des liants (Tableau 7). Concernant l'indice  $I_{CBR}$  immédiat, des écarts plus significatifs sont observés pour les différents dosages du liant. En effet, le traitement à la chaux permet d'obtenir des portances après immersion plus importantes (jusqu'à 96,25) respectivement pour la marne traitée avec 4% de chaux. L'ajout du liant (chaux) engendre des valeurs du gonflement faibles, ceci était prévisible du fait que la chaux absorbe l'excès d'eau susceptible de provoquer le gonflement. Notons également une nette amélioration du rapport ( $I_{CBR}/IPI$ ) en fonction du dosage en liant. Ceci témoigne de l'efficacité du traitement du point de vu de la portance. Ainsi, non seulement le risque de perte de cohésion en cas de saturation hydrique de la couche est écarté, mais les rapports ( $I_{CBR}/IPI$ ) sont tous nettement supérieurs à 1, ce qui est un critère de pérennité des traitements envisagés [GTR, 2000].

Tableau 7. Evolution des caractéristiques du compactage en fonction des taux de chaux.

chaux (%)	0%	1%	2%	3%	4%
$\gamma_d$ (KN/m <sup>3</sup> )	20.85	20.28	20.13	19.99	19.98
$W_{opt}$ (%)	9.13	10.71	11	11.20	11.24
<b>IPI (opt)</b>	57.35	36.43	19.22	26.84	39.21
<b><math>I_{CBR}</math> Imméd.</b>	66.06	25.01	16.90	18.97	25.18
<b><math>I_{CBR}</math> Immers.</b>	65.41	71.44	79.40	109.68	96.25
<b>G (%) 4j</b>	0.51	0.32	0.28	0.16	0.17
<b><math>I_{CBR}/IPI</math></b>	1.14	1.96	4.13	4.09	2.45

#### 4. Conclusion

A la lumière de tous ces résultats, nous pouvons conclure que le traitement à la chaux reste le mieux adapté pour ces marnes, tout en respectant le critère économique. A partir de 3% de dosage en chaux, les mélanges des matériaux (marne – chaux) remplissent toutes les conditions d'utilisation comme couche d'assise de chaussée. La teneur en matière organique est nulle, le rapport ( $I_{CBR}/IPI$ ) est supérieur à 1 et les performances mécaniques explorées montrent que la portance de la marne traitée s'est nettement améliorée avec une valeur du gonflement insignifiante; ce qui place ces mélanges au-dessus des exigences du GTR (2000).

#### 5. Bibliographie

[DEL 75] Delahaye et le Roux, Désordres sur des remblais en marne, Bulletin de liaison des laboratoires des ponts et chaussées N° 75, 1975, pp. 113-124.

[Le ROU 69] Le Roux, Contribution à l'étude du traitement à la chaux des matériaux argileux. Thèse de doctorat, University des sciences d'Orsay, 1969.