



Etude Du Comportement Mécanique Des Marnes De La Grande Kabylie (Algérie) Pour Une Utilisation Dans La Construction Routière (S25)

Omar Boudlal, Mohammed Khattaoui, Mohammed Djemai, Tafsouth Djebra

► To cite this version:

Omar Boudlal, Mohammed Khattaoui, Mohammed Djemai, Tafsouth Djebra. Etude Du Comportement Mécanique Des Marnes De La Grande Kabylie (Algérie) Pour Une Utilisation Dans La Construction Routière (S25). CFM 2015 - 22ème Congrès Français de Mécanique, Aug 2015, Lyon, France. <hal-03446214>

HAL Id: hal-03446214

<https://hal.science/hal-03446214v1>

Submitted on 24 Nov 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

Etude Du Comportement Mécanique Des Marnes De La Grande Kabylie (Algérie) Pour Une Utilisation Dans La Construction Routière

O. BOUDLAL^a, M. KHATTAOUI^b, M. DJEMAI^c, T. DJEBRA^d

- a. Maître de conférences, Laboratoire de recherche en Géomatériaux, Environnement et Aménagement (L.G.E.A), Département de Génie Civil, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou (UMMTO), Algérie. Email : boudlal_geniecivil@yahoo.fr
- b. Professeur, Département de Génie Civil, Faculté du génie de la construction, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou (UMMTO). Email : khattaoui_mohammed@yahoo.fr
- c. Maître de conférences, Laboratoire de recherche (L.G.E.A), Département de Génie Civil, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou (UMMTO). Email : mohdjm54@yahoo.fr
- d. Etudiante en Master Recherche (géotechnique et environnement), Laboratoire (L.G.E.A), Département de Génie Civil, Université (UMMTO).

Résumé :

En rapport avec le développement du pays, les secteurs du génie civil et particulièrement des travaux publics vivent une dynamique exceptionnelle en Algérie. En effet, plusieurs projets sont réalisés et d'autres en voie de réalisation, par conséquent, la demande en granulats s'accroît considérablement au point où les sources habituelles restaient parfois incapables de satisfaire les besoins nationaux.

Dans le but d'exploiter de nouvelles sources de granulat, le présent travail consiste en la caractérisation et l'étude du comportement mécanique des sols marneux de la Grande Kabylie en vue de leur utilisation dans la construction routière (couches de fondations et couches de base).

Pour ce faire, des échantillons sont prélevés sur les principaux sites marneux de la région. Ils sont ensuite soumis au laboratoire à plusieurs séries d'essais, à savoir les essais d'identification et les essais mécaniques routiers (Proctor modifié, Portance CBR après immersion et compressibilité à l'œdomètre).

Les résultats obtenus, montrent que les marnes étudiées présentent des comportements très différents. En effet, les marnes d'Azazga et de Tamda, présentent des caractéristiques mécaniques très intéressantes et peuvent être proposées en leur état naturel comme matériaux routiers du moins pour les chaussées à faible trafic. La marne de Boukhalfa par contre, présente des caractéristiques mécaniques très faibles et ne peut être utilisée à l'état naturel sans un traitement éventuel.

Abstract :

In relation to the development of the country, civil engineering sectors, particularly public works live exceptional dynamic in Algeria. Indeed, several projects are realized and others in progress, therefore, the demand for aggregates increases considerably to the point where the usual sources remained sometimes unable to satisfy national needs.

In order to exploit new sources of aggregate, this work involves the characterization and study of the mechanical behavior of Great Kabylia marl's for use in road construction (foundations layers). To do this, samples were taken on the main marl sites in the region. They are then submitted in the laboratory with several test series, namely the identification tests and road mechanical tests (Proctor, CBR Bearing after immersion and oedometer compressibility).

The results show that the studied marl exhibit very different behaviors. Indeed, marl of Azazga and Tamda, have very interesting mechanical characteristics and can be offered in their natural state as road material at least for low-traffic roads. Marl of Boukhalfa by against, has very low mechanical characteristics and can't be used in its natural state except maybe after treatment.

Mots clefs : Etude expérimentale, sols marneux, caractérisation, comportement mécanique, construction routière.

1 Introduction

Le présent travail est réalisé dans le but de répondre aux besoins nationaux en termes de matériaux routiers et d'exploiter de nouvelles sources de granulats permettant d'assurer l'approvisionnement des projets [1]. Il consiste en l'étude des sols marneux de la Grande Kabylie (Algérie) pour une éventuelle utilisation dans les corps de chaussées (couches de fondations et couches de base). L'étude est entamée par le prélèvement des échantillons sur les principaux sites de la région, ensuite les soumettre aux essais d'identification (physique, chimique et minéralogique) et aux essais mécaniques représentant les principales sollicitations routières, à savoir, les essais Proctor modifié, les essais CBR après immersion et les essais de compressibilité à l'œdomètre [2].

2 Prélèvement Et Préparation Des Echantillons

Les matériaux étudiés, représentent les principaux sites marneux dans la Grande Kabylie (Azazga, Boukhalfa et Tamda), [3]. Ils sont prélevés sous forme de blocs, à des profondeurs allant de 4 à 5 mètres. Les blocs correspondant à chaque type de marne, sont de la même façon, broyés et tamisés avec soins au laboratoire, de telle sorte à ne pas influencer leur structure minéralogique. Après identification, les échantillons sont reconstitués au laboratoire selon la classe granulaire (0/20) et soumis par la suite aux différents essais mécaniques routiers, à savoir, les essais Proctor modifié, les essais CBR après immersion et les essais œdométriques.

L'ensemble des essais (identification et mécaniques) sont réalisés au niveau du laboratoire de mécanique des sols de l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, Algérie.

3 Résultats Et Discussions

Les échantillons préparés au laboratoire ont fait l'objet de plusieurs essais (essais d'identification et essais mécaniques). Les résultats obtenus sont présentés au fur et à mesure dans ce qui suit.

3.1 Identification Des Matériaux

L'identification des sols marneux étudiés consiste grâce à des mesures issues d'essais normalisés, de dégager un ensemble de leurs caractéristiques physiques, chimiques et minéralogiques.

3.1.1 Caractérisation Physique

Les caractéristiques physiques correspondantes aux marnes étudiées sont présentées dans le tableau 1.

Tableau 1. Caractéristiques physiques.

Sites de prélèvement des échantillons	w (%)	wl (%)	wp (%)	Ip (%)	Ic (%)	ps (g/cm ³)	ph (g/cm ³)	pd (g/cm ³)
Azazga	01,13	22,47	17,05	05,41	3,93	2,56	2,56	2,53
Boukhalifa	12,71	32,70	24,39	08,31	2,40	2,62	2,33	2,06
Tamda	02,72	22,80	16,94	05,85	2,72	2,58	2,59	2,52

Avec : w : teneur en eau naturelle; wl: limite de liquidité; wp: limite de plasticité; Ip: indice de plasticité; Ic: indice de consistance; ps: masse volumique des grains solides; ph: masse volumique humide; pd: masse volumique sèche.

Les indices de plasticité (Ip) obtenus, sont globalement inférieurs à 12 et les indices de consistance Ic sont supérieurs à 1. Ces résultats, en se référant à la norme [4], permettent de classer les matériaux étudiés dans la catégorie des sols non à peu plastiques durs.

3.1.2 Caractérisation Chimique Et Minéralogique

Les analyses chimique et minéralogique des différents sols, ont montré des résultats très dispersés (Tableau 2 et 3 respectivement). En effet, à titre d'exemple, le carbonate CaCO₃ dont l'influence est très importante sur le comportement mécanique des marnes, se présente en proportions très différentes variant de 20 à 53%.

Tableau 2. Caractéristiques chimiques.

Sites de prélèvement des échantillons	VBS	CaCO ₃ (%)	MO (%)	SO ₄ (%)	Cl ⁻ (%)
Azazga	1,42	53,46	1,03	3,53	trace
Boukhalifa	5,57	20,88	0,99	1,02	trace
Tamda	2,14	50,04	1,00	2,99	trace

Avec : VBS : valeur au bleu de Méthylène ; MO : matières organiques ; SO₄⁻ : sulfates.

Cependant, en se référant aux normes en vigueur [5-7]; les analyses chimiques réalisées montrent que les matériaux étudiés s'agissent d'une argile marneuse (CaCO₃ < 35%) et de marne (35% < CaCO₃ < 70%), inorganiques (MO < 3%) avec des traces de chlorures [8].

La détermination des assemblages minéralogiques réalisée par diffraction des rayons x (RX) sur les différents échantillons (Tableau 3), montre le caractère prédominant des minéraux inter-stratifiés (illite/potassique) au niveau des échantillons issus de Boukhalifa ; de l'illite et de la montmorillonite au

niveau de la marne de Tamda et de la montmorillonite avec présence de kaolinite dans la marne d'Azazga.

Tableau 3. Caractéristiques minéralogiques.

Sites de prélèvement des échantillons	Kaolinite	Illite	Montmorillonite	interstratifié (Illite/Montmorillonite)	Illite/Potassique	Muscovite	Quartz	Chlorite
Azazga	+	-	++	+	-	-	-	-
Boukhalfa	-	++	-	-	++++	++	-	-
Tamda	-	+++++	+++	++	-	-	+	-

3.2 Etude Du Comportement Mécanique

L'étude du comportement mécanique des matériaux étudiés, s'est portée sur les essais de compactage au Proctor modifié, les essais de portance CBR après immersion et les essais de compressibilité à l'œdomètre. Ces essais permettent de fixer une idée sur la réponse mécanique des différents matériaux sous différents types de sollicitations auxquelles sont généralement confrontés à l'échelle réelle, sous le trafic routier.

3.2.1 Essais De Compactage Au Proctor Modifié

Les essais de compactage sont réalisés selon la méthode du Proctor modifié. Les courbes de compactage obtenues sont présentées sur la figure 1. L'allure des courbes montre à première vue que, la marne issue de Boukhalfa est moins sensible à l'eau, avec une courbe plus aplatie. Tandis que, la marne de Tamda est plus sensible à l'eau avec une courbe plus bombée.

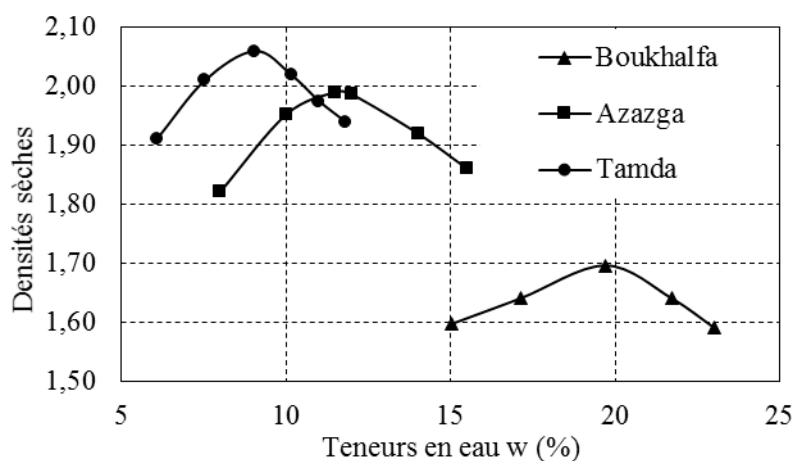


Figure 1. Courbes de compactage Proctor modifié.

Comme le précise la figure 2, les marnes prélevées des sites d'Azazga et notamment de Tamda, montrent une meilleure aptitude au compactage en présentant les densités sèches les plus élevées ($\gamma_d/\gamma_w > 2$) obtenues aux teneurs en eau les plus faibles ($w < 12\%$).

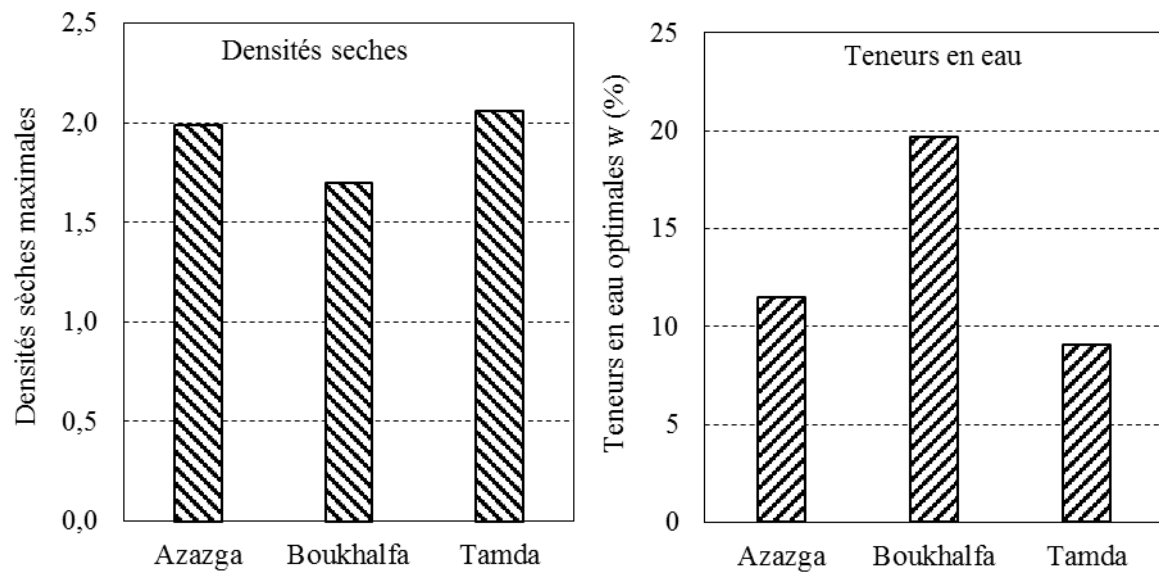


Figure 2. Densités sèches maximales et teneurs en eau optimales.

La marne issue de Boukhalfa, présentent par contre une densité sèche plus faible ($\gamma_d/\gamma_w < 1,7$) à une teneur en eau plus élevée ($w \approx 20\%$).

3.2.2 Essais De portance CBR après immersion

Les essais CBR réalisés après immersion (CBR_{imm}), permettent d'apprécier la portance des matériaux étudiés dans les plus mauvaises conditions hygrométriques. La figure 3, montre l'évolution des forces en fonction des enfoncements, ainsi que les indices CBR en fonction du type de matériau. Les résultats obtenus, montrent qu'il s'agit de matériaux à faible portance avec des indices CBR_{imm} faibles, notamment dans le cas de la marne de Boukhalfa.

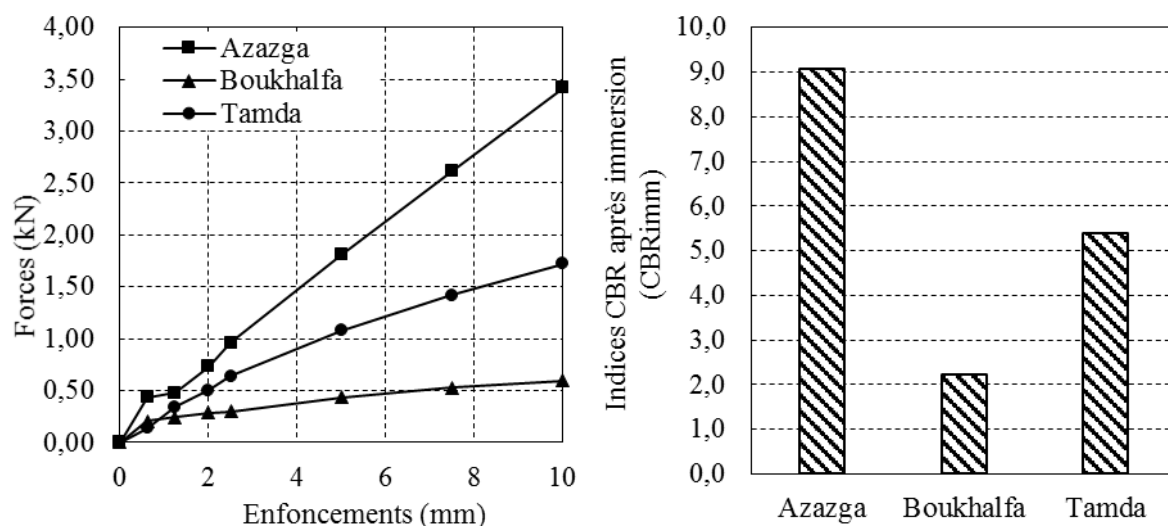


Figure 3. Résultats des essais CBR après immersion.

En termes de gonflement (voir figure 4), bien que les matériaux étudiés soient considérés peu gonflants ; néanmoins, la plage de variation de l'indice de gonflement relatif G est assez importante

(de 0,06 à 0,74). Ainsi, l'échantillon issu de Boukhalfa peut être considéré très gonflant comparativement aux autres matériaux.

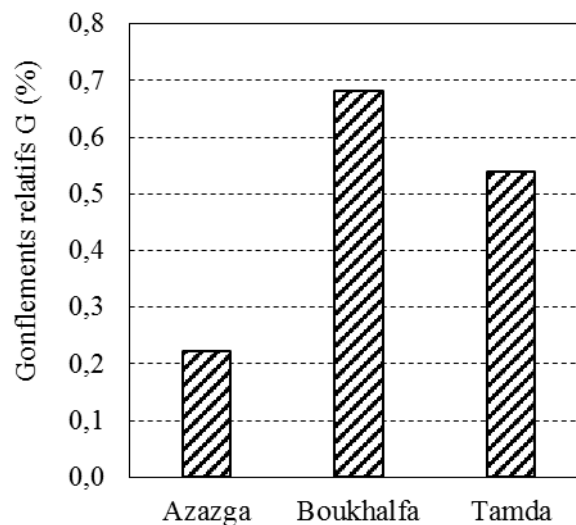


Figure 4. Gonflements des matériaux après immersion.

3.2.2 Essais De Compressibilité A L'œdomètre

Les essais œdométriques présentés sur la figure 5, sont réalisés sur un appareillage, muni d'une cellule œdométrique de 75mm de diamètre. Ils permettent d'apprécier le comportement mécanique des matériaux étudiés en compressibilité et en gonflement, sous les cycles de chargement (3400 kPa) et de déchargement respectivement [9].

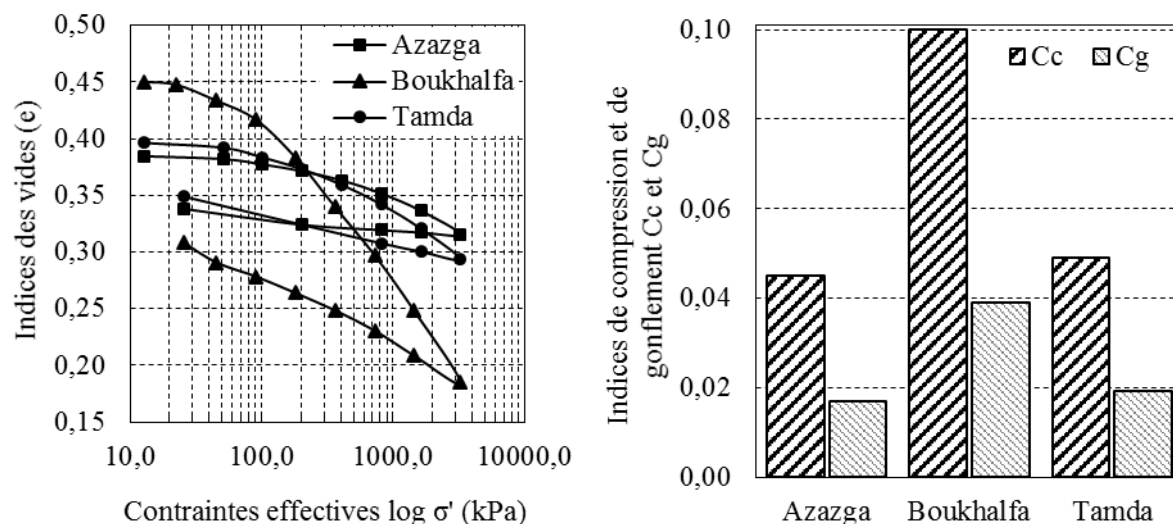


Figure 5. Résultats des essais œdométriques.

Les courbes présentées sur la figure 5, montrent que le comportement du matériau issu de Boukhalfa se distingue sensiblement du comportement des matériaux issus des autres sites. En effet, la matière de Boukhalfa est plus compressible en chargement avec un gonflement plus important au déchargement [10]. Elles présentent les indices de compression et de gonflement les plus importants. Elle est classée selon Terzaghi dans la catégorie des sols moyennement compressibles et peu gonflants

($C_c > 0,1$ et $C_g > 0,2$). Tandis que les matériaux issus d’Azazga et de Tamda sont moins compressibles et moins gonflantes, avec ($C_c < 0,05$) et ($C_g < 0,02$), ce qui permet de les classer dans la catégorie des sols peu compressibles et peu gonflants.

3 Conclusion

A l’issue de cette étude, nous pouvons conclure que les matériaux marneux issus d’Azazga et de Tamda ont présenté des résultats très intéressants vérifiant les conditions exigées par les normes en vigueur sous les sollicitations appliquées. Ils peuvent par conséquent être proposés en leur état naturel comme granulats routiers du moins dans le cas des chaussées de faible à moyen trafic.

Le matériau d’origine de Boukhalfa présente par contre, de faibles caractéristiques et des comportements défavorables sous les différents essais réalisés. Il ne peut ainsi être utilisé en son état naturel, sauf peut-être après traitement.

Cette étude, peut-être d’un intérêt capital sur le plan économique pour la région de la Grande Kabylie. Elle présente des matériaux dont les qualités sont très attirantes (disponibilité, propreté, économie d’extraction, économie de transport,) pour une exploitation routière. Néanmoins, elle doit être complétée par d’autres essais, notamment à long terme sous l’effet d’agents climatiques (température, gel-dégel,...) et des sollicitations cycliques pour confirmer d’avantage leur utilisation et éventuellement étendre leur exploitation pour les chaussées à fort trafic.

Références

- [1] P. Dupont, Méthodologie d’étude d’approvisionnement en granulats d’un grand centre urbain, Contribution des laboratoires des Ponts et Chaussées au premier symposium international sur les granulats, 21 au 23 mai, Nice, France, 1984, pp. 25-29.
- [2] J.H. Keyser, Durability of materials and construction. Durability of Building Materials and Components. Edition American Society for Testing and Materials, Ottawa, Canada, 1980.
- [3] D. Raymond, Evolution sédimentaire et tectonique du nord-ouest de la Grande Kabylie (Algérie), au cours du cycle alpin. Thèse doctorat d’état, Département des sciences naturelles, Université Pierre et Marie Curie, Paris, France, 1976.
- [4] AFNOR, Sols : reconnaissance et essais. Description-Identification, Dénomination des sols , Terminologie-Éléments de classification. Norme française, XP P 94 011. 1999.
- [5] AFNOR, Sols : Reconnaissance et essais, Détermination de la teneur en carbonate. Norme française, NF P 94 – 048. 1996.
- [6] AFNOR, Analyse chimiques : Essais pour déterminer les propriétés chimiques des granulats. Norme française, NF EN 1744, Partie 1. 1998a.
- [7] AFNOR, Sols : Reconnaissance et essais, Détermination de la teneur pondérale de la matière organique d’un matériau. Norme française, NF P 94 – 047. 1998b.
- [8] D. Delahaye, A. Le Roux, Désordres sur des remblais en marne, Bulletin de liaison des laboratoires des ponts et chaussées. - 75 -Réf. 1975, pp. 113-124.
- [9] J. Costet, G. Sanglerat. Cours pratique de mécanique des sols, plasticité et calcul des tassements. Editions Dunod, Paris, France. 1981.
- [10] O J. Pejon, A. Le Roux, D. Guignard. Comportement à l’eau des roches argilo-marneuses, suivi du gonflement, importance de la minéralogie et des textures. Bulletin de l’association internationale de géologie de l’ingénieur, Paris N°55, 1997, pp.105-119.