

ETUDE DU CONTEXTE GEOLOGIQUE DES GISEMENTS D'ARGILES D'ADRAR DANS DES APPLICATIONS EN GÉNIE CIVIL

Hassan Moulay Omar¹, Mohamed Abbou¹, Khadidja Belaidi¹, Belkacem Mekerta¹ et Abdelaziz Semcha¹

¹Faculté des Sciences et de la Technologie, Université d'Adrar - Algérie

RESUME

Beaucoup de gisements d'argiles et de tufs à ciel ouvert se trouvent en abondance au niveau de la région d'Adrar (Sud-Ouest de l'Algérie). Nous allons comparer d'une part l'influence des processus de leurs formations géologiques sur les caractéristiques mécaniques, et d'autre part obtenir des solutions adéquates aux nombreux problèmes géotechniques que subissent les chaussées en zones sahariennes, soumises à des conditions climatiques extrêmes. Cette communication entre dans le cadre de la caractérisation des gisements d'argiles et de tufs répartis dans des bassins de sédimentations recouvrant des rayons de 200 Km environ au niveau de la région d'Adrar. Leurs utilisations en corps de chaussées nécessitent des travaux expérimentaux effectués sur les matériaux de ces gisements pour comparer les caractéristiques de l'optimum Proctor modifié du tuf avec celles des mélanges tuf plus 10, 20, 30, 40 et 50% d'argile, et aussi des mélanges de différents pourcentages de tuf, argile et sable. La représentation graphique des caractéristiques de l'indice de portance et de la résistance à la compression à l'optimum Proctor modifié des différents mélanges, permet d'illustrer l'intérêt de la valorisation des sédiments en constructions routières.

Mots clés : Argiles d'Adrar, tuf, sable, valorisation, construction routière

INTRODUCTION

Les processus sédimentaires dans le cycle géologique des milieux de dépôt, l'étude de leurs évolutions sédimentaires au cours du temps et la reconstitution de l'architecture des différents environnements au sein d'un bassin de sédimentation, peuvent être la source d'explications de la variation de la nature des sols argileux. Ces processus sont la source d'influence sur les propriétés physico-chimiques et mécaniques des sols formés ; ils ont un rôle très important dans les critères de choix des matériaux de construction dans le domaine du génie civil.

Le travail présenté dans cette communication a pour objectif de caractériser les sédiments de la région d'Adrar dans le domaine géotechnique, en ciblant la réalisation des chaussées. Nous rechercherons un optimum par rapport à des mélanges tuf-argile et tuf-argile-sable, qui doivent répondre aux exigences du trafic routier.

Cependant, la technique envisagée nécessite de nombreux essais sur des échantillons de sol avant de pouvoir être mise en œuvre. Ces essais concernent la classification, l'identification et quelques propriétés mécaniques.

CONTEXTE GEOLOGIQUE

Les sols argileux se forment par un processus lent d'altération sous l'action du climat, suivi de

phénomènes d'érosion, de transport et de sédimentation. Le pourcentage des minéraux argileux autour de 90 % sont d'origine détritique, l'altération peut être physique (désagrégation des minéraux primaires) ou chimique par transformation des minéraux. La formation de certains minéraux argileux est accélérée à partir d'une solution (minéraux néoformés) [1].

Les argiles sont des minéraux naturels utilisés par l'homme depuis des millénaires du fait de leur abondance et de leurs propriétés remarquables qui les destinent à de multiples applications : matériaux de construction, céramiques, moules pour la métallurgie, extraction pétrolière, fabrication des ciments, agriculture, alimentation animale et humaine. Le terme argile vient du mot grec «Argilos» qui veut dire blanc ou du latin « Argila », et c'est la couleur du matériau utilisé en céramique qui a conduit les anciens à lui donner cette appellation [2].

La formation des encroûtements calcaires correspond à certaines conditions climatiques critiques. Pour que les sols s'encroûtent de manière appréciable, les précipitations doivent être capables de solubiliser des quantités importantes de carbonates, sans toutefois excéder un certain seuil au-delà duquel elles pourraient emporter la totalité ou la majeure partie de ces carbonates vers les bassins marins ou lacustres. Ces conditions climatiques peuvent être illustrées par le climat qui

règne dans les zones méditerranéennes subhumides et semi-arides [3].

Dans la bibliographie, les tufs encroûtements se définissent comme étant des formations superficielles, tendres, friables, poreuses, légères et de couleur claire. Elles datent du Quaternaire et résultent d'un certain nombre d'échanges par dissolution et précipitation. Suivant leurs compositions chimiques, les tufs d'encroûtements se groupent en trois catégories ; les tufs calcaires, les tufs gypseux et les tufs mixtes [4].

Localisation et identification

Les deux carrières choisies dans cette étude sont souvent utilisées en construction routière ou en bâtiments dans la région centre de la wilaya d'Adrar.

Carrière d'argile

C'est une carrière qui se trouve à quelques kilomètres au nord de la ville d'Adrar (Est de la RN6). Le matériau a une couleur rouge et sert à alimenter la briqueterie d'Adrar. A noter que les argiles traitées dans cette étude sont considérées comme matériaux locaux disponibles dans la région qu'on doit caractériser pour une utilisation en construction routière.

Selon les classifications LCPC et GTR [5], cette argile est très plastique At, de classe GTR A3 ts. Le Tableau 1 résume les résultats d'identification de l'argile traitée.

Tableau 1 Paramètres d'identification de l'argile traitée

Paramètres	Symbole	Unité	Valeur
Poids volumique des grains	γ_s	KN/m ³	26.6
Limite de liquidité	ω_L	%	77
Limite de plasticité	ω_P	%	36
Indice de plasticité	I_P	%	41
La valeur de bleu	VBS	m ² /g	8
Poids volumique sec maximal	$\gamma_d \text{ max}$	KN/m ³	15.1
Teneur en eau optimale	ω_{opt}	%	25.22

Carrière de tuf

Elle est située à l'approximation de l'aérodrome de la ville d'Adrar, le matériau est de couleur blanche. Ce gisement a été utilisé dans de nombreux projets.

D'après les classifications GTR [5], ce tuf est un matériau de classe : B41ts. Les résultats des essais d'identification sont rassemblés dans le Tableau 2.

Tableau 2 Paramètres d'identification du tuf étudié

Paramètres	Symbole	Unité	Valeur
Tamiséat < 80µm		%	6
Essai Los Angeles	LA	%	36
Equivalent de sable	ES	%	14.63
Valeur de bleu de méthylène	VBS	m ² /g	0.4
Poids volumique sec maximal	$\gamma_d \text{ max}$	KN/m ³	20.3
Teneur en eau optimale	ω_{opt}	%	9.02

Il est à noter que le sable utilisé est propre et mal gradué, il a été prélevé au niveau de la région de Bouda (wilaya d'Adrar).

TECHNIQUE DE MELANGE DES SOLS

Les tufs d'encroûtements incorporés par différents pourcentages d'argile et/ou de sable, paraissent pouvoir encore fournir une solution acceptable et sans utilisation de liants, à condition de trouver des formulations optimales qui donnent de meilleurs résultats.

De nombreux travaux antérieurs ont donné de bons résultats qui nous encouragent à les reprendre. L'objectif de ces études est de tester les possibilités d'amélioration des caractéristiques de tuf par une technique de stabilisation économique permettant de valoriser à la fois l'argile et le sable de dune. Les résultats antérieurs ont montré qu'un ajout de 25% de sable de dune a permis d'atteindre un gain de l'ordre de 25 % en eau de compactage, de 17% en densité sèche et de 30% en portance (Figure 1) [6]. Mais par contre l'incorporation du sable et d'argile à différents pourcentages dans nos résultats expérimentaux, a montré une diminution de la résistance à la compression simple, et les meilleurs résultats restent celle du tuf sans ajout (Figure 2).

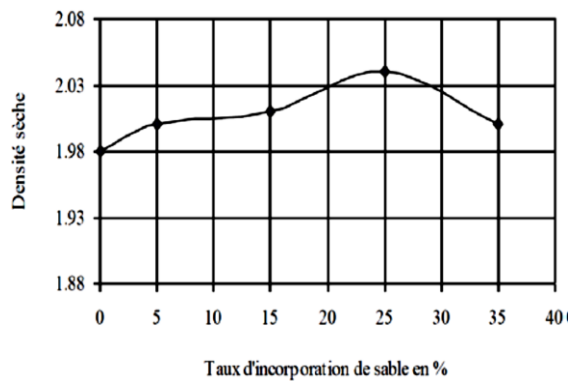


Fig. 1 Influence du taux d'incorporation de sable sur la densité sèche [6].

Mélange tuf - argile – sable

Nous nous sommes intéressés dans cette partie, à étudier l'effet de l'incorporation du sable et de l'argile à différents pourcentages sur les caractéristiques optimales de compactage. Cette incorporation a permis d'améliorer légèrement le poids volumique sec maximum du tuf (pour les faibles taux), d'augmenter considérablement l'indice CBR et malheureusement de réduire la résistance en compression simple.

Essai de portance CBR

L'essai de portance est réalisé conformément à la norme NFP 94-078 pour les différents mélanges Tuf-Argile-Sable. L'indice CBR est déterminé immédiatement juste après le compactage. Le Tableau 3 récapitule les différentes portances des différents mélanges.

Tableau 3 Paramètres d'identification du tuf étudié

Mélanges	Indice CBR
100% Tuf	138.3
50% T+50%S	132.75
50% T+25%S+25%A	152.13
50% T+30%A+20%S	150.5
50% T+20%A+30%S	124.8

Évolution de la résistance à la compression simple

L'évolution de la résistance à la compression simple en fonction de l'âge des différents mélanges est représentée sur la Figure 2. Ces résultats montrent que la résistance à la compression simple croît d'une manière rapide, elle atteint des valeurs maximales à l'âge de 14 jours, puis elle diminue.

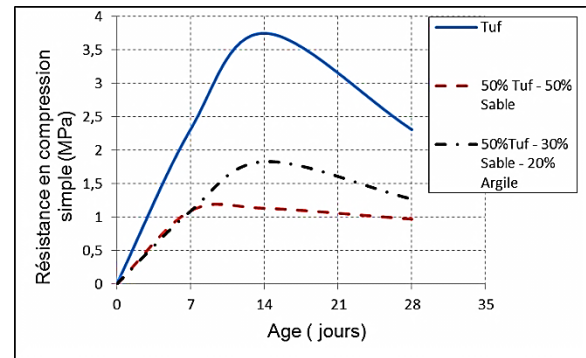


Fig. 2 Influence des taux d'incorporation de sable et d'argile sur la résistance à la compression

Mélange tuf - argile

Dans le même contexte, nous proposons aussi cette deuxième partie d'étude basée sur l'incorporation d'argile à différents pourcentages, tout en cherchant l'amélioration de la portance des tufs et sa résistance à la compression.

Essai de portance

L'essai a été réalisé selon la norme citée précédemment. Les résultats obtenus montrent que l'incorporation de l'argile, tend à améliorer la portance des mélanges en comparaison à celles du tuf sans ajout. La Figure 3 montre cette amélioration.

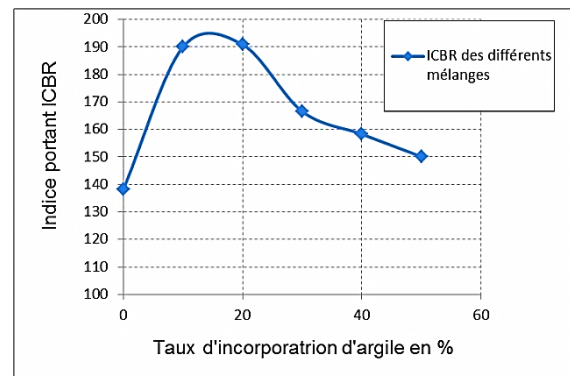


Fig. 3 Influence de taux d'incorporation d'argile sur la portance des mélanges.

La résistance à la compression simple

La préparation, la conservation et l'écrasement des éprouvettes sont faits de la même façon que précédemment. Le Tableau 4 indique les valeurs de la résistance à la compression à 28 jours correspondantes aux différents mélanges.

Tableau 4 Valeurs de la résistance à la compression des mélanges étudiés.

Mélanges	Résistance à la compression à 28 jours (Mpa)
100% Tuf	3.75
90% T + 10% A	1.54
80% T + 20% A	1.4
70% T + 30% A	1.77
60% T + 40% A	1.686
50% T + 50% A	1.523

RÉSULTATS ET INTERPRÉTATION

Essai CBR

Sur la base des normes françaises, l'indice CBR (ICBR) est utilisé pour estimer l'épaisseur d'un corps de chaussée. On le détermine immédiatement après le compactage ou après quatre jours d'immersion selon la norme NFP 94-078.

Les essais réalisés consistent à poinçonner immédiatement dans le moule CBR des éprouvettes de tuf confectionnées à l'optimum Proctor modifié, de les comparer avec celles de tuf incorporé par l'argile, le sable ou les deux à différents pourcentages, avec les mêmes conditions de compactage.

Le Tableau 3 représente la variation de l'indice CBR immédiat en fonction du pourcentage de sable et d'argile à ajouter à la fois. Il montre que la portance immédiate croît pour des pourcentages de sable inférieur à 20%, au-delà l'indice CBR décroît et donne des valeurs inférieures à celles de tuf seul. Pour l'argile, l'indice CBR croît aussi jusqu'à un pourcentage de 30%.

Les valeurs maximales de l'indice de portance immédiat sont obtenues par le mélange composé de 50% de tuf, 25% d'argile et de 25% de sable. On peut justifier ces résultats par l'augmentation de la capacité des mélanges par rapport au tuf.

La variation de l'indice CBR immédiat en fonction du pourcentage d'argile à ajouter est représentée sur la Figure 3, elle montre la croissance remarquable de l'indice CBR jusqu'à 15% d'incorporation qui présente un pourcentage de fine suffisant pour que le tuf atteigne sa compacité maximale. Puis il commence à diminuer pour des pourcentages d'argile supérieure à 15%, car les tufs comportent aussi des fines.

Essai de résistance à la compression simple

Cet essai a été adapté aux matériaux sahariens algériens pour leur exploitation en techniques routières, il est réalisé sur la fraction < 5mm. L'essai consiste à suivre le phénomène de durcissement, appelé auto-stabilisation, des éprouvettes des

différents mélanges tuf-sable-argile compactés en mesurant l'évolution dans le temps de la résistance à la compression simple [7].

Les résultats présentés sur la Figure 2, montrent que la résistance à la compression du tuf croît d'une manière rapide au jeune âge inférieur à 10 jours, ceci s'explique par la diminution rapide de la teneur en eau due au séchage rapide des zones de surface. Elle atteint une valeur maximale à 14 jours, puis elle commence à diminuer.

Pour les mélanges tuf-argile-sable la croissance de la résistance à la compression croît d'une manière moins rapide. De plus le mélange composé de 50% tuf, 50% sable présente une diminution de 50% de la résistance à la compression.

Pour les mélanges tuf-argile représentés dans le Tableau 4, on remarque la même diminution de 50% environ.

L'incorporation du sable et ou de l'argile dans le tuf diminue la résistance à la compression simple, car l'auto-stabilité et le durcissement des tufs sont basés sur deux paramètres essentiels ; la teneur en eau et la teneur en carbonate de calcium. L'ajout de sable et d'argile au tuf présente un inconvénient.

CONCLUSIONS

L'objectif de cette communication est de montrer la possibilité de l'amélioration des caractéristiques mécaniques du tuf par des techniques de stabilisations économiques.

Les essais de compactage et de portance effectués sur le tuf, des mélanges tuf-sable-argile et tuf- argile ont montré que la teneur en eau optimale diminue et la densité maximale augmente légèrement avec l'ajout du sable et ou de l'argile.

L'étude de l'indice de portance a montré l'existence des formulations optimales binaires et d'autres ternaires.

La formulation optimale composée de 85% de tuf et 15% d'argile a donné un indice CBR de 190, avec un taux d'augmentation de 40% par rapport au tuf seul.

Par ailleurs, les essais de la résistance à la compression simple ont montré que la valeur optimale est obtenue pour le tuf sans incorporation.

La résistance à la compression diminue considérablement pour tout pourcentage d'ajout de sable et ou d'argile, elle atteint des valeurs minimales à l'âge de 28 jours avec un taux de réduction de 50% d'environ.

Le point faible de ces formulations réside dans la chute de la résistance à la compression simple. Pour compenser et expliquer ce défaut, une analyse chimique des différentes formulations doit être effectuée.

Un traitement avec un faible pourcentage de liant hydraulique est nécessaire. Ce traitement au

ciment, à la chaux ou les deux à la fois a montré dans des travaux antérieurs, une amélioration notable des performances mécaniques des mélanges optimisés.

REFERENCES

- [1] Belabbacci Z. Stabilisation des sols gonflants. Thèse de Doctorat En Sciences. Université Abou-Bekr Belkaid, Tlemcen, Algérie, 2014, pp 5-41.
- [2] Moulay Omar H. Etude de la stabilisation des sols gonflants par liants hydrauliques - Application aux sols de la région d'Oran. Thèse de Magister, USTOMB, Algérie, 2008, pp 4-37.
- [3] De Os Horta, O. S. Les encroûtements calcaires et les encroûtements gypseux en géotechnique routière. Service des publications du laboratoire de M.D.S., Base SONATRACH, Blida, Algérie, 1979, 110 p.
- [4] Ben Dhia M.H. Les encroûtements calcaires en Tunisie et dans le monde. Bull. de liaison des laboratoires des ponts et chaussées, 1983, 126, pp. 5-14.
- [5] GTR. Guide technique des Travaux Routiers. LCPC-SETRA, Réalisation des remblais et des couches de formes. Fascicule II annexes techniques, Septembre 1992, 204 p.
- [6] Morsli M, Bali A, Bensaïbi M, Gambin M. Etude du durcissement d'un tuf gypso-calcaire de Hassi-Messaoud, Algérie. Revue Européenne de Génie Civil'', Vol. 11, 2010, pp. 1219-1240.
- [7] Goual I, Goual M.S, Taïbi S, & Abou-Bekr N. Amélioration des propriétés d'un tuf naturel utilisé en technique routière saharienne par ajout d'un sable calcaire. European Journal of Environmental and Civil Engineering, Vol. 16, No. 6, June 2012, pp. 744-763.