

Utilisation du sable de dunes en construction routière saharienne

Mustapha. AKACEM* ; Abdelkader. HACHICHI **

*Département de Sciences de la Technologie, Université d'Adrar, Email: akacem1960@yahoo.fr

**Département de Génie Civil, UST Oran, hachichi_geotech@yahoo.fr

I - Introduction

Les matériaux constituant les corps de chaussées, jusqu'à nos jours, ont été limités à certains matériaux dits nobles (sables roulés, granulats, ...etc.), mais ces derniers sont en voie d'épuisement sous l'effet de l'exploitation intensive et la rareté des carrières de qualité. Les tufs d'encroûtements gypso-calcaires, les matériaux les plus utilisés en corps de chaussées (CB et CF) dans les zones sahariennes telles que le sud algérien, bien que sub-normaux et ne répondant pas aux normes européennes, ont montré un comportement acceptable pendant de longues années jusqu'à ces dernières années où ce type de matériaux commence à présenter certaines limites sous l'effet de l'intensité du trafic surtout. Dans l'objectif de préserver les gîtes de granulats en voie d'épuisement aux futures générations et d'exploiter les sables éoliens en abondance dans ces régions, notre travail vise à valoriser les sables de dunes dans le corps de chaussée en mélange avec les tufs.

Plusieurs raisons font que l'utilisation des sables de dunes est plus que rentable :

- ❖ disponibilité et abondance du sable de dunes,
- ❖ pauvreté de plusieurs régions en matériaux de qualité,
- ❖ épuisement des gisements en matériaux concassables,
- ❖ compatibilité des caractéristiques géotechniques des sables de dune avec les conditions climatiques de la région.

L'actuel travail présente une contribution à l'étude du comportement des tufs de la région d'El-Goléa seuls et en mélange avec les sables de dunes selon différentes formulations. Le but est d'évaluer la variation des performances mécaniques notamment la résistance à la compression simple, l'aptitude au compactage et le poinçonnement CBR. L'article traite aussi l'influence de l'ajout de ciment en faibles teneurs sur les performances du mélange.

L'étude aboutit sur des recommandations pratiques concernant la prédiction du comportement des tufs modifiés.

II - Methods

1- Matériaux étudiés: Dans l'étude expérimentale, on utilise le tuf de la région d'El-Goléa, comme étant matériau de base, mélangés en proportions variables avec du sable allant de 10% à 40%, on va voir l'effet sur les caractéristiques géotechniques. Des essais d'identification sont effectués sur le tuf, le sable de mélange et les mélanges: tuf + sable de dunes.

2- Essais de comportement : Les essais fréquemment utilisés pour connaître le comportement des matériaux routiers sont : L'essai Proctor modifié ; L'essai CBR ; L'essai de résistance à la compression simple

2.1- L'essai Proctor modifié: On utilise cet essai lorsque le matériau est destiné à être utilisé en couche de chaussée.

Les différents auteurs ayant réalisé des essais de ce type s'accordent sur les constatations suivantes (Colombier, 1988) :

- > Les densités OPM optimales sont en général comprises entre 1.7 et 2 t/m³ ; les valeurs inférieures à 1.6 t/m³ dénotent d'une altération de l'encroûtement, et d'un matériau calcaire trop fin ;
- > Les teneurs en eau optimales sont très variables, mais en général élevées, et comprises entre 8 et 15%, elles peuvent atteindre ou dépasser par fois 20% ;
- > Les densités les plus faibles correspondent aux teneurs en eau les plus élevées ;
- > Les courbes OPM sont relativement plates pour les tufs non plastiques ($I_p < 5$) ; la densité optimale est peut influencée par la variation de la teneur en eau ;
- > La présence d'argile ($I_p > 10$) conduit à des courbes pointues, la densité chute lorsque l'on s'écarte de la teneur en eau optimale.

2.2- L'essai CBR : L'essai de poinçonnement CBR est souvent réalisé sur les tufs d'encroûtements, car son résultat est retenu dans les spécifications de nombreux pays. L'essai est réalisé, soit immédiatement après le compactage soit après quatre jours d'immersion.

Les résultats CBR immédiats sont très variables selon les caractéristiques du tuf étudié, l'indice CBR est d'autant plus élevé que le matériau comporte un squelette dur et que la courbe granulométrique est régulière. Les indices maxima sont les plus souvent atteints pour une teneur en eau légèrement inférieure à W_{OPM} . Pour les tufs d'encroûtements calcaires utilisés en corps de chaussée, les valeurs de l'indice CBR varient entre 50 et 150 (Colombier, 1988). L'indice CBR après immersion chute plus ou moins par rapport à l'indice immédiat en fonction de la présence d'argile. Les valeurs de l'indice CBR après immersion sont en général comprises entre 30 et 10 (Colombier, 1988).

2.3- Essai de résistance à la compression simple : C'est un essai empirique, introduit pour les matériaux locaux pour la première fois par FENZY (1957) (cité par Alloul, 1981), il est réalisé sur tous les matériaux sahariens sur la fraction 5 mm. Le compactage à l'OPM est effectué à la presse et les éprouvettes démoulées (5 cm de diamètre et de 10 cm de hauteur) sont séchées, soit à l'étuve à 60°C pendant 48h, ou bien conservées à l'air libre.

2.3.1- Matériel : constitué essentiellement – pour l'essai à la compression simple - d'une presse hydraulique et d'éléments pour confectionner les éprouvettes (moule, contre moule, piston inférieur, pièce d'espacement, piston supérieur, et cylindre de démoulage).

2.3.2- Etapes de confection d'éprouvettes : Le matériau est malaxé manuellement ou à l'aide d'un malaxeur, les éprouvettes de forme cylindrique ($\varnothing = 5\text{cm}$; $h = 10\text{cm}$) sont confectionnées statiquement à la teneur en eau W_{opt} et la densité $\gamma_{d,max}$. Pour la confection d'une éprouvette, on prépare : - **Quantité sec du matériau :** $M_s = \gamma_{d,max} \pi \varnothing^2 h / 4$

- **Quantité d'eau :** $M_w = \gamma_{d,max} \pi \varnothing^2 h W_{opm} / 4$ - **Quantité humide du matériau :** $M_h = \gamma_{d,max} \pi \varnothing^2 h (W_{opm} + 1) / 4$



Photo 1 : éléments pour la confection d'éprouvettes

Etape 1 : Placer le moule sur le piston inférieur espacé à l'aide d'une pièce d'espacement, y verser la quantité de matériau humide préparée et placer le piston supérieur.

Etape 2 : compactage statique de l'éprouvette jusqu'à renfermement des deux pistons.



Etape 3 : démoulage de l'éprouvette, en utilisant le contre moule et le cylindre de démoulage

III - Results

Le sable de mélange : très fin (0-0.4 mm), fortement homométrique et propre ($ES = 83\%$), il a une limite de liquidité W_L de l'ordre de 24 et une limite de plasticité non mesurable, pratiquement dépourvus d'éléments fins, avec une valeur de bleu 0,11 et de densité sèche maximale de 1,61 KN/m³ pour une teneur d'eau optimale égale à 6,5%. Le tableau 1, montre l'apport de l'incorporation du sable de dune dans le matériau de base, et cela sur le stade de la propreté et la plasticité.

Désignations	Vb	Limites d'Atterberg		
		W_L	W_P	I_p
Tuf	0.37	28.29	17.92	10.37
Tuf + 10% sable	0.33	23.61	16.52	7.09
Tuf + 20% sable	0.29	20.87	16.38	4.29
Tuf + 30% sable	0.25	16.67	N.M	N.M
Tuf + 40% sable	0.21	14.65	N.M	N.M

Tableau 1: Propreté et plasticité des mélanges

On constate que l'indice de plasticité chute de 60% pour un ajout de 20% de sable de dune, et devient non mesurable à 30%.

De même que la plasticité, on voit bien que la valeur au bleu diminue au profit d'une augmentation du taux de sable de dune.

La figure 1, présente la courbe granulométrique du tuf étudié ainsi que le sable de dune de mélange.

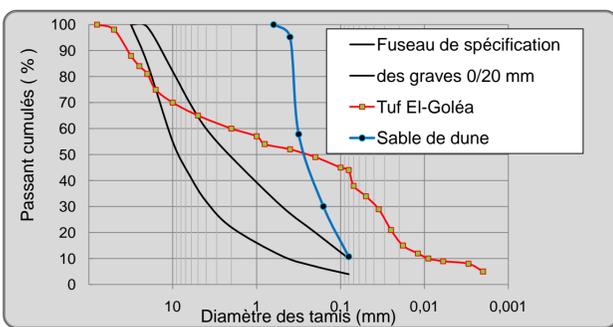


Fig. 1 Courbes granulométriques (tuf et sable de dune)

La figure 1, montre que la courbe granulométrique - étalée - du tuf est hors fuseau de spécification des gravels 0 / 20 mm non traités, par contre, on peut visiblement constater la distribution serrée du sable de dune.

1- Effet de l'incorporation de sable de dune sur la densité sèche: Pour voir l'influence de l'ajout de sable de dunes au tuf sur le poids volumique sec après compactage, on a fait l'essai Proctor modifié sur le tuf seul puis sur des mélanges avec les pourcentages de sable de 10, 20, 30 et 40%. La figure 2 présente la variation de $\gamma_{d,max}$ des mélanges en fonction de la quantité de sable de dune incorporée.

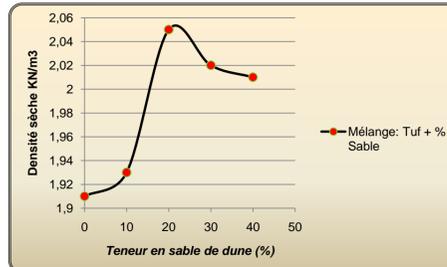


Fig. 2 Effet de la teneur en sable de dune sur le poids volumique.

2- Influence de l'ajout de sable de dune sur la portance : Les résultats d'essais de poinçonnement effectués sur les différentes formulations sont présentés par la figure 3, où on peut voir l'effet de l'ajout de sable sur l'indice CBR immédiat.

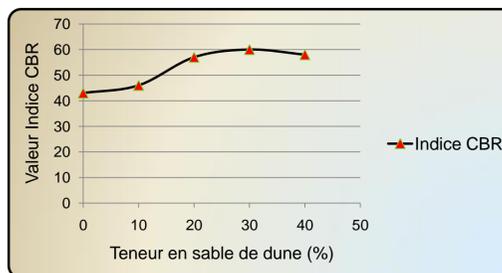


Fig. 3 Effet de l'incorporation de sable de dune sur la portance du mélange

3- Evolution de la résistance à la compression en fonction de l'âge : On mesure la résistance des éprouvettes de tuf compactées à la compression aux âges : (7, 14, 28, et 90 jours), les éprouvettes ont été soumises à un effort de compression appliqué parallèlement à l'axe du cylindre. Les résultats d'écrasement des éprouvettes aux différents âges sont représentés sur la figure 4, 5 et 6.

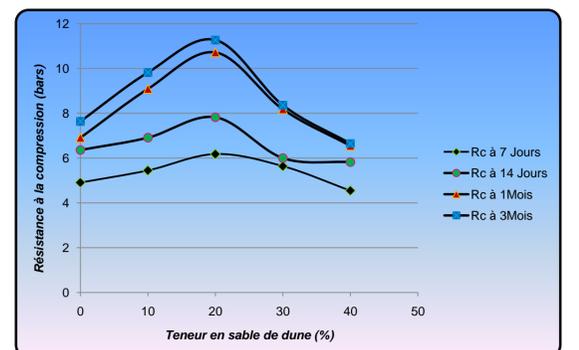


Fig. 4 Résistance à la compression des mélanges non traités

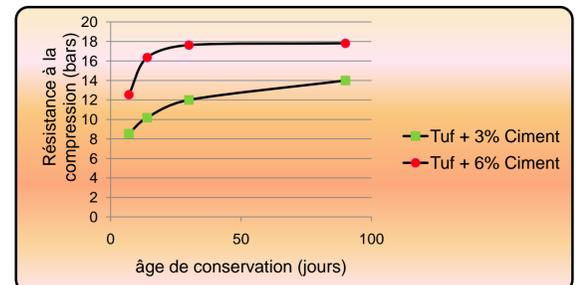


Fig. 5 Résistance à la compression du tuf traité

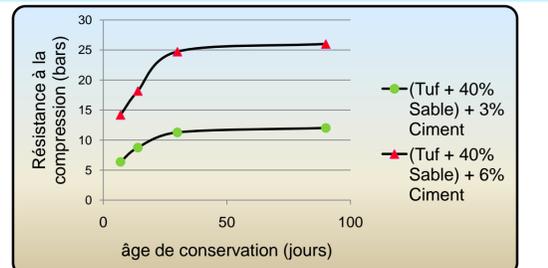


Fig. 6 Résistance à la compression des mélanges traités

IV - Conclusion

La densité sèche s'améliore visiblement lorsque la teneur en sable du mélange augmente jusqu'à 20%, puis elle décroît légèrement pour des taux au-delà de 20%.

L'incorporation du sable de dune améliore d'une manière claire la portance des mélanges. Aux différents âges de conservation, l'incorporation de sable de dune à une limite de 20%, améliore la résistance à la compression des mélanges, mais au-delà de ce pourcentage, on voit bien que cette résistance diminue considérablement, cela s'explique que jusqu'au taux de 20%, la résistance du mélange s'assure par la cohésion du tuf et le squelette des grains de sable, mais dépassé ce taux, la quantité de tuf va diminuer et sa entraîne une baisse de résistance dû à la cohésion entre particules de tuf. Pour le traitement du tuf seul, et d'après les résultats trouvés, on peut se contenter d'un tau de 3% de ciment, puisque la résistance se stabilise à 14 bars, et le gain qu'on peut avoir avec un traitement de 6% n'atteint que 4 bars, ce qui représente un tau de 29%, c'est peut pour une augmentation de 100% en liant, d'où si on opte pour un traitement en ciment, on a intérêt de se limiter à 3%, et on peut conclure que ce tuf seul n'est pas sensible envers le traitement en ciment.

Concernant le traitement du mélange tuf et sable de dune, on a choisi un mélange de 40% de sable de dune, et cela dans le but d'exploiter le maximum de ce matériau abondant.

Afin de préserver les gîtes de granulats en voie d'épuisement d'exploiter les sables éoliens en abondance aux zones sahariennes, l'utilisation des sables de dunes dans le corps de chaussée en mélange avec les tufs présente une solution raisonnable vu la pauvreté de ces régions en matériaux de qualité d'une part et le manque –avec le temps- des matériaux concassables d'autre part.

Les résultats obtenues lors des essais effectués sur les mélanges (tuf + sable de dunes) sans et avec traitement sont encourageantes