SUBSTITUTION DE LA FONDATION D'UNE ROUTE PAR UN COMPOSE GEOCELLULE / SABLE DE DUNES

Y.W. MERIEM: Département Génie Civil et Hydraulique, UKMO
M. KEBAILI: LEVRNZA, UKMO et ASAG

Résumé : L'étude en cours s'inscrit dans le cadre de projet de fin d'étude en vue d'obtention du diplôme de Master en voies et ouvrages d'art. Le sujet porte sur une investigation expérimentale de la convenance d'inclusion d'une géocellule (GCE) en corps de chaussée.

Le protocole expérimental consiste en la substitution de la couche de fondation d'une partie de route en voie de réalisation par un composé GCE + sable de dunes. L'objectif visé est d'éprouver les performances mécaniques du composé remplaçant les matériaux usuellement utilisés.

La partie à présenter de l'étude expose l'idée régissant l'approche technologique adoptée et dévoile les phases de mise en œuvre de la couche du composé en question. Quelques délicatesses de bonne exécution sont soulignées à l'occasion.

Mots clés: Géo-cellule, Sable de dunes, Chaussée, Chantier.

1- Introduction

La réalisation des routes dans le Sud de l'Algérie confronte de nombreux problèmes spécifiques. Les diverses difficultés techniques de réalisation de tronçons routiers sont liées aux conditions environnementales, au climat, au faciès géologique, aux situations hydrologiques et à la morphologie géographique des zones constituant ce grand espace.

La rareté des matériaux nobles est considérée comme difficulté géotechnique parmi les plus évidentes face au développement du réseau routier dans le Sud de l'Algérie. Les recherches géologiques de carrières d'agrégats indiquent, en effet, un faible nombre de poches où ce type de matériaux existe.

La population des régions Sud Algérien est en constante croissance. Le mode de vie est aussi moderne que pour le reste du pays. L'utilisation des véhicules est, donc, une nécessité évidente, de même que les déplacements entre les agglomérations.
A l'opposé, les matériaux nécessaires pour la réalisation des routes sont quasiment absents. Des études techniques (Mersout, 1989; Boublal, 2010) soulignent bien cet aspect des choses. La géotechnique routière est appelée à fournir, sinon produire, des solutions à cette requête. Une solution miracle ne peut, à priori, être retrouvée, cependant des contributions à la résolution du sujet sont possibles. Celles-ci sont à considérer à titre scientifique et technique de sorte à pouvoir être synthétisées et éprouvées en alliance.

D'une autre part, et à l'opposé de l'insuffisance des matériaux normalisés pour fin de réalisation de chaussées, existe deux matériaux quasi-disponibles quelque soit l'emplacement du site. Ceux-ci sont susceptibles d'être utilisés en corps de chaussées ou, du moins, en des emplacements annexes de chaussées telles que l'assise, la couche de forme et les accotements. Ces matériaux prétendant à intégration en corps de route ou en annexes de celle-ci sont:

- **Le sable de dunes**, aussi dénommé sable éolien. Ce dernier est reconnu existant dans l'ensemble du territoire Sud Algérien. Sa découverte ne requiert aucune recherche géologique, de même que sa composition géotechnique est entièrement reconnue. A peine elle diffère d'une zone à l'autre.
- **Les matériaux dits géosynthétiques**. Ces derniers sont répartis en familles dont chacune est appropriée pour une fin technologique. Bien des produits géosynthétiques sont utilisés au service d'une bonne conception de route. Les géomembranes (GMB), les géotextiles (GTX), les géodrains, les géogrilles (GRD) et les géosynthétiques bentonitiques (GSB) sont bien utilisables dans le domaine de la route aux pays développés. La maîtrise de la conception et de la mise en œuvre rendent possible leur utilisation dans les ouvrages routiers.

Le caractère particulier de la présente étude est la prospection de l'opportunité d'intégration d'un géosynthétique du type cellulaire dans la réalisation des routes.

2- Approche technologique

L'idée régissant la présente étude est l'investigation de l'adéquation de mise en œuvre d'un produit géocellulaire dénommé Alvéoter parmi les constituants structuraux d'une route. L'objectif visé en est de compenser le défaut d'existence de matériaux nobles usuellement utilisables en corps de chaussées. Ce matériau géocellulaire est présumé améliorer le comportement d'un sable de dunes pour que, ensemble (géocellule et sable de dunes) puisse être mis en œuvre en substitution aux matériaux en défaut.

Les matériaux usuellement utilisés sont clairement caractérisés par leur bonne qualité mécanique. Cette dernière est traduite au biais du frottement intrinsèque du matériau, de la rigidité structurelle de celui-ci et de la compacité. Les matériaux alluvionnaires, les gros granulats et les agrégats dérivés sont considérés les meilleurs à être entreposés en corps de chaussées. Lorsque de tels matériaux granulaires sont disponibles en quantité insuffisante, ceux possédant une haute cohésion sont recherchés. Les matériaux gypso-calcaires et les tufs sont parmi ceux les plus connus et utilisés dans le Sud Algérien. Le sable éolien n'est pas si frottant que les matériaux graveleux, ni possède de cohésion. Apparemment il ne convient nullement pour être utilisé en corps de chaussée, ni même pas dans les organes annexes.

Les inconvénients jugés majeurs des sables de dunes pour être utilisés en corps de route sont la cohésion nulle et l'aptitude nulle au compactage. Dans le jargon technique, le matériau est dit friable et incompactable. Mais il faut reconnaitre les avantages géotechniques d'un sable de dunes: portance, bon frottement interne, bonne perméabilité, insensibilité à l'eau, … En contrepartie, le géosynthétique cellulaire offre la possibilité de rétention (macroscopique) du matériau encaissé. En d'autres termes, la géocellule empêche l'effritement du sable par confinnement latéral. Le sable travaillerai, donc, en compression uniaxiale dont il est reconnu hautement résistant.
L'approche technologique gouvernante de l'investigation entamée est de marier géocellule et sable de dunes. L'ensemble est mis en place comme fondation de la chaussée. A savoir à quel degré ce composé peut faire fonction d'une fondation de route. Pratiquement parlant, la géocellule est étalée dans l'emprise de la fondation, puis remplie de sable éolien jusqu'à couverture. Le sable de dunes présente le bel avantage d'être facilement rempli dans les alvéoles. Le compactage de celui-ci est inutile du moment que le matériau est incompactable. En revanche, une certaine adresse est nécessaire pour garantir un remplissage parfait des alvéoles de la GCE. Les photographies 1 et 2 illustrent l'objectif visé par la présente étude.

Photographies 1 et 2 : Mise en œuvre du composé géocellule / sable de dunes

3- Résultats préliminaires

Deux petites planches d'essai ont été réalisées sur la RN51 au Pk50+300. Les deux planches sont de dimensions 3.5m x 8m chacune. Dans les deux planches, le composé géocellule /sable de dunes (GCE/SDD) est mis en place comme couche de fondation de la route. Une des planches (A) est constituée du seul GCE/SDD, l'autre (B) est composée de GCE/SDD surmonté d'une nappe de GTX de protection (AP). Les caractéristiques sommaires des matériaux mis en œuvre sont résumées sur le tableau 1.

Tableau 1. Caractéristiques des matériaux utilisés :

Sable de dunes (Proximité du site)		**Géocellule (GCE) type: Alvéoter**		**Géotextile (AP 70)** d'après Hassani, 2015	
γ_d(kN/m^3)	14.6	Forme: ⬡ d - D (cm)	20 - 25	M_{surf} (g/m²)	680
c (kN/m^3) / φ(°)	0 / 29	M_{surf} (g/m²)	600	Ep_{2kPa}(mm)	3.6
$d_{10}/d_{20}/d_{50}/d_{90}/d_{100}$	0.1/0.15/0.25/0.45/1	R_{trac} SP (kN/m)	15	R_{trac} (kN/dm)	4.34
ES (%)	81.94	R_{cis} (kN/m)	09	ε_{max}(%)	91.72
Insolubles (%)	96	R_{pelage} (kN/m)	09	R_{pyr} (kN)	4.3

L'étude entamée s'inscrit dans le cadre du projet de fin d'étude en cours de l'auteur (Meriem, 2016). Les essais programmés sont ceux relatifs à l'essai de plaque, Clegg et de densité sur place. Les essais sont menés sur les deux planches (A et B) et sur la zone ordinaire de la route de sorte à comparer les résultats obtenus. D'autres essais, jugés intéressants, tels que la mesure des contraintes dans la chaussée au passage d'engins n'ont pas été possible par défaut de moyens d'expérimentation et de financement des services. Par ailleurs, des observations de l'état des planches sont projetées après achèvement des travaux et mise en service de la route.

Les résultats des essais Clegg sont corrélables à l'indice portant Californien. Le nombre d'essais effectués est assez élevé, le tableau 2 en résume quelques uns. De même, deux essais de plaque sont opérés sur chaque planche, en sus d'un autre sur la zone ordinaire de la chaussée. Les essais de mesure de la densité de la couche de base compactée en grave concassée (densitomètre à membrane) n'ont pu être effectués avant la mise en œuvre de la couche de roulement. Ce, pour cause des vents de sable durant la période prévue pour cet essai. Le vent empêche, en effet, la prise d'échantillons pour mesure de leurs masses. De tels résultats auraient été significatifs pour l'interprétation de l'ensemble de la compagne d'essais.

Tableau 2. Résultats des essais Clegg et à la plaque :

	Essai CLEGG							**Essai de plaque**					
	Résultats obtenus					**Moy**	**$CBR_{déduit}$(%)**	**Ev_1**(MPa)		**Ev_2**(MPa)		**Ev_2/Ev_1**	
Planche (A)	19	23	20	47	32	28	54.88	937.5	803.57	2250	1500	2.4	1.87
Planche (B)	19	27	19	19	17	20	28	1406.25	234.38	4500	1500	3.2	6.4
Zone ordinaire	33	36	37	32	28	33	76.23	2812.5		∞		∞	

Les résultats exposés dans le tableau 2 montrent les sujets suivants:

- Les indices CBR, déduits des essais Clegg, dévoilent que la couche de base est assez bien portante. Ceci implique que le compactage est effectué à grande énergie fournie. Cependant, la moyenne des résultats obtenus sur la planche B (avec GTX) sont faibles par rapport aux prévisions. Cette moyenne est, en effet, prévue supérieure à celle obtenue sur la planche A (sans GTX). La mesure de la densité du sol sur-place aurait souligné le taux de compactage de chaque planche, ce qui permet de comparer les compacités, d'une part, entre les deux planches et, d'autre part, par rapport à la compacité seuil imposée par l'étude géotechnique.
  D'un point de vue analytique, on peut estimer que les résultats obtenus sur l'ensemble des trois zones devaient être comparables compte tenu du fait que la portée de l'essai Clegg n'atteint pas la fondation de la route où le composé GCE/SDD est mis en place.
- Les résultats des essais de plaque sont trouvés bizarrement bons. Les valeurs des modules Ev_1 et Ev_2 sont visiblement élevées par rapport à ceux couramment obtenus sur des chaussées similaires. Les résultats mêmes des essais effectués sur la zone ordinaire sont bien élevés, ce qui rend difficile de les interpréter, puis de comparer l'ensemble des résultats obtenus sur les trois zones.
- Les résultats de la planche B sont, quand-même, trouvés supérieurs à ceux de la planche A. Ceci est justifié de par la présence de la nappe de GTX de protection sus-jacent à la couche GCE/SDD dans la planche B.

En considération des soupçons portés sur la bonne qualité des résultats obtenus sur les planches d'essai, la reprise de tout le protocole expérimental est jugée nécessaire. Un second projet de réalisation de route dans l'enceinte de la ville est lancé. La mise en œuvre de la compagne d'essais y est prévue.

4- Conclusion

L'étude entamée est une première partie du projet de fin d'étude de l'auteur Meriem. Le programme réalisé représente près de 40% de celui prévu. Le principal sujet évoqué au titre du présent article est l'introduction éventuelle du produit géocellule en couche de fondation de chaussée.

L'inclusion escomptée de la GCE est requise en vue de compenser les défauts mécaniques du sable de dunes pour être utilisé dans la réalisation des chaussées. L'intérêt d'une telle utilisation est évident compte tenu de l'abondance du matériau sable dans le Sud Algérien.
Les résultats obtenus des essais de plaque réalisés sur deux petites planches (A et B) sont trouvés anormalement bons. Une reprise des travaux expérimentaux effectués, et un complément d'analyses mécaniques sont nécessaires pour confirmer les résultats bons mais insuffisants de cette première compagne d'essais.

Références

[1] Boublal, M, 2010, 'Géotechnique routière au Sahara 1950-2010' Séminaire Nat. Route et sûreté de circulation, Université KM, Ouargla Nov.2010. 13 pages.

[2] Hassani, F.Z., 2015, 'Titre du mémoire' Mémoire de Master, UKMO, 61 pages.

[3] Mersout, B, 1989, 'Technique routière Saharienne', LNTPB, 26 pages.
Tome 2, 3éme congrès Algérien de la route « Association routière Algérienne », 18/19/20 Mars 2001