

AMELIORATION DE LA PORTANCE DU SABLE DE DRAGAGE EXTRAIT DE L'AVANT-PORT DE DUNKERQUE.

Nor Edine Abriak, École des mines de Douai, Département Génie Civil, Douai, France
Pascal Grégoire, Port Autonome de Dunkerque, Département Accès Nautiques et Infrastructures, Dunkerque, France et Université d'Artois, pôle de Béthune, Laboratoire Artois Mécanique et Habitat (L.A.M.H.), Equipe hydrologie, sol et environnement, Béthune, France

ABSTRACT

The Port of Dunkerque Authority has a considerable annual quantity of sand to be dredged from its outer harbour to avoid it silting up. This present study aims at improving the lift of this sand; since the mechanical characteristics obtained from this last are insufficiently efficient, especially with regard to the immediate lift index, various formulations have been tested. In this study, we show the benefit of adding 0/4mm correcting sand as a grain size corrector both for increasing the dry density and at the level of the immediate lift index.

RESUME

Le port autonome de Dunkerque dispose annuellement d'une quantité considérable de sable de dragage de l'avant-port pour éviter son ensablement. La présente étude a pour objectif d'améliorer la portance de ce sable, puisque les caractéristiques mécaniques obtenues de ce dernier n'étant pas suffisamment performantes surtout au regard de l'indice portant immédiat, différentes formulations ont été testées. Nous montrons dans cette étude l'intérêt d'un ajout de sable correcteur 0/4 mm en tant que correcteur granulométrique à la fois sur l'augmentation de la densité sèche et sur le niveau de l'indice portant immédiat.

1. ROLE DE L'INDICE PORTANT IMMEDIAT (IPI)

La stabilité immédiate (IPI) d'un sable traité caractérise son aptitude :

- à être porté à une densité élevée (compactabilité),
- à ne pas se déformer au jeune âge sous le trafic de chantier

Un compactage aisé et une traficabilité correcte dans les conditions normales de sollicitation seront obtenus avec un indice portant immédiat (IPI) compris entre 40 et 60.

Il est recommandé, pour faciliter le déroulement du chantier, de viser une valeur moyenne de l'IPI non inférieure à 35 (couche de fondation) et 45 couche de base. En aucun cas, les valeurs minimales ne devront être inférieures à 25 (couche de fondation) et 35-40 (couche de base).

Pour améliorer la portance d'un sable fin, il existe de nombreuses voies; parmi celles qui ont déjà été explorées, mais avec un sable d'une nature assez différente du sable de Dunkerque, on peut citer :

- ajout de limon (10 % maxi),
- laitier (25%),
- filler calcaires (20 % + cendres volantes (10%),
- cendres volantes (8 %) + filler calcaires (16%) + chaux (6 %).

Seuls les deux derniers mélanges filler calcaire + cendres volantes sans ou avec chaux ont donné des IPI voisins ou supérieurs à 50 mais avec une grande sensibilité à la teneur

en eau au-delà de la valeur de l'optimum Proctor dans le cas particulier du sable étudié.

2. ETUDE DE COMPACTAGE - RECHERCHE D'UN INDICE PORTANT SUFFISANT.

Les caractéristiques obtenues sur sable de dragage seul n'étant pas suffisamment performantes surtout au regard de l'indice portant immédiat, différentes formulations ont été testées.

Le tableau 1 récapitule ces formulations. Sont mentionnées les valeurs optimales (teneur en eau et densité sèche optimale correspondante) ainsi que la valeur maximale de l'indice portant immédiat.

Le fil directeur de la démarche a été, dans un premier temps, l'acquisition d'un I.P.I. satisfaisant. Le déroulement de l'étude diffère quelque peu du programme de travail précédemment établi qui a dû être ajusté au fur et à mesure de l'obtention des résultats.

Le dosage en liant généralement conseillé varie dans une fourchette de 5 à 7 % pour des sables grossiers. Notre sable se situant entre fin et grossier mais dans une plage granulaire très serrée, nous avons parfois porté le dosage en ciment jusqu'à 10 %. Il s'agissait avant tout de quantifier l'influence des éléments fins sur le comportement du matériau amélioré. La phase suivante d'évaluation des caractéristiques mécaniques conduira à l'optimisation du dosage en liant.

Tableau 1. Formulations testées.

	Sable de dragage (%)	Sable du Boulonnais 0/4 (%)	Ciment CLK (%)	Cendres volantes (%)	Filler calcaire Boulonnais (%)	Boulonnais 0/15 mm (%)	W Optimum (%)	Densité sèche maximale (%)	I.P.I maximum
A	100						15	1,63	3
B	72	21	7				10	1,84	33
C	67	20	4	9			11,9	1,90	15
D	60	30	10				8,9	1,95	55
E	52	40	8				8,6	2,01	58
F	62	20	8		10		10,3	1,92	28
G	71		4			25	11	1,80	8
H	45	45	10				8,1	2,00	32
J	55	25	10				8,2	1,84	13
K	62,5	30	7,5						13
L	65	30	5						14

Plusieurs formulations ont été réalisées en faisant varier les proportions relatives de sable de dragage, de sable correcteur 0/4 mm du Boulonnais et de ciment.

D'autres formulations ont été corrigées grâce à un apport de fines de différentes natures en plus du sable correcteur du Boulonnais.

Enfin, la formulation proposée par la société Pertuy et le C.E.T.E de Nancy a été réalisée, mais en adoptant l'énergie du Proctor modifié comme il est d'usage dans les études de graves routières.

2.1 Interprétation des résultats

Pour plus de clarté dans la présentation des courbes de résultats, nous avons regroupé sur une même série de graphiques les courbes comportant le 0/4 du Boulonnais et sur une autre série de graphiques celles qui comportent des fillers d'apport; la formulation du C.E.T.E seule à comporter des granulats supérieurs à 5 mm y est associée.

2.1.1 Formulations à base de dragage, de sable 0/4 et ciment CLK

Pour les compositions repérées B, D, E, H, J, K, et L. à base de sable de dragage, de sable du Boulonnais et de ciment CLK, on peut constater l'intérêt d'un ajout de sable correcteur 0/4 mm en tant que correcteur granulométrique à la fois sur l'augmentation de la densité sèche et sur le niveau de l'indice portant immédiat (Figures 1 et 2)). Dans le cas le plus favorable, l'augmentation de la densité sèche est de 23 % par rapport au sable de dragage non traité; quant à l'indice portant immédiat, il est multiplié par près de 20 fois.

Du point de vue de la densité sèche, on observe deux familles de courbes de compactage:

- une famille dont la densité sèche maximale se situe entre 1,95 et 2,01, ce sont les mélanges E, H et D,

- un regroupement de courbes dont la densité sèche maximale avoisine 1,85. Ce sont les mélanges J, B, L et K.

Le classement en fonction de l'indice portant immédiat fait ressortir essentiellement les mélanges E et D dont l'indice portant immédiat demeure supérieur à 45 sur une plage de teneur en eau allant de 5% à 8,5 %.

Avec 7 % de liant, le mélange B possède un IPI assez proche (à 2 points près) de la limite souhaitable pour la couche de fondation et de la limite inférieure pour la couche de base.

2.1.2 Mélanges comportant des fillers en plus du sable correcteur 0/4 mm

Un apport de fines dans les mélanges a été tenté sous forme de cendres volantes ou de filler calcaire. Avec ces matériaux, la courbe de compactage s'aplatit, la densité sèche s'élève un peu mais sans égaler les meilleures formulations à base de sable 0/4 mm du Boulonnais (Figures 3 et 4). Dans les deux cas, les indices portants immédiats sont insuffisants pour une mise en oeuvre correcte.

Estimant la plage de teneur en eau trop limitée par rapport aux valeurs d'IPI qui conviennent, nous avons confectionné une grave comportant 25 % d'un granulat du Boulonnais 0/15 mm. Avec cette formulation, la courbe de compactage est assez plate, mais les indices portants plafonnent autour de 8 quelle que soit la teneur en eau. Il faut rappeler ici, que vouloir à tout prix s'inscrire dans le fuseau granulométrique préconisé pour les graves 0/20 mm conduirait à n'utiliser que 10 % de sable de dragage.

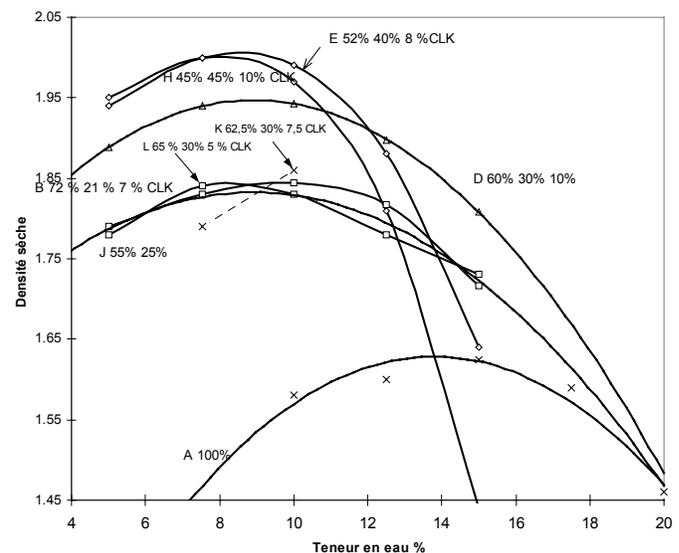


Figure 1 - Evolution de la densité sèche en fonction de la teneur en eau pour les différentes formulations exprimées, dans l'ordre, en % de dragage, % de sable du Boulonnais 0/4 mm et ciment CLK.

3. CONCLUSION

En conclusion de cette étude de compactage, les trois formulations qui répondent aux premiers critères de réalisation d'une grave à base de sable sont :

- E : 52 % de sable de dragage, 40 % de sable du Boulonnais 0/4 mm, 8% de CLK,
- D : 60 % de sable de dragage, 30 % de sable du Boulonnais 0/4 mm, 10 % de CLK,
- B : 72 % de sable de dragage, 21 % de sable du Boulonnais 0/4 mm, 7 % de CLK.

On peut noter qu'il est souhaitable que la plage de teneur en eau du mélange soit comprise entre 5 et 9 % pour atteindre une valeur satisfaisante de l'indice portant immédiat gage d'une bonne compactabilité.

Ces mélanges devant nécessairement être assurés par une centrale de dosage malaxage, le respect de cette plage de teneur en eau devrait pouvoir être assuré, les teneurs en eau du sable de dragage et du sable 0/4 mm du Boulonnais étant respectivement de 5,5 et 1,9 %.

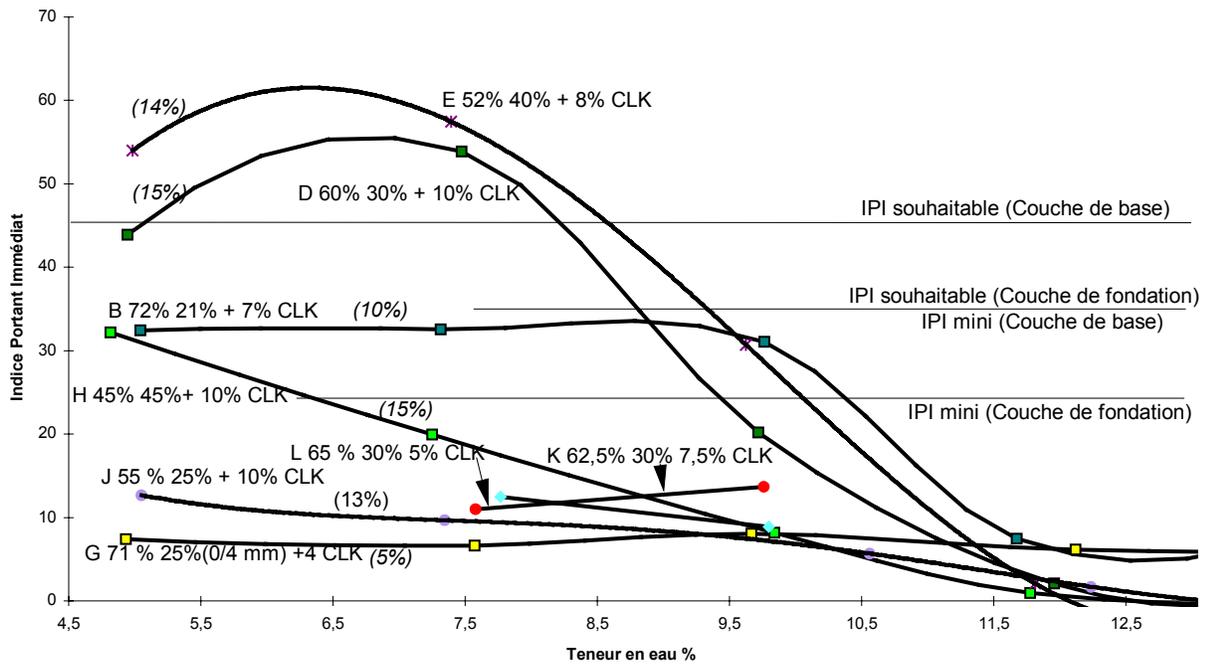


Figure 2 - Evolution de l'indice portant immédiat en fonction de la teneur en eau pour les différentes formulations exprimées, dans l'ordre, en % de sable de dragage, % de sable correcteur du Boulonnais 0/4 mm et ciment CLK.

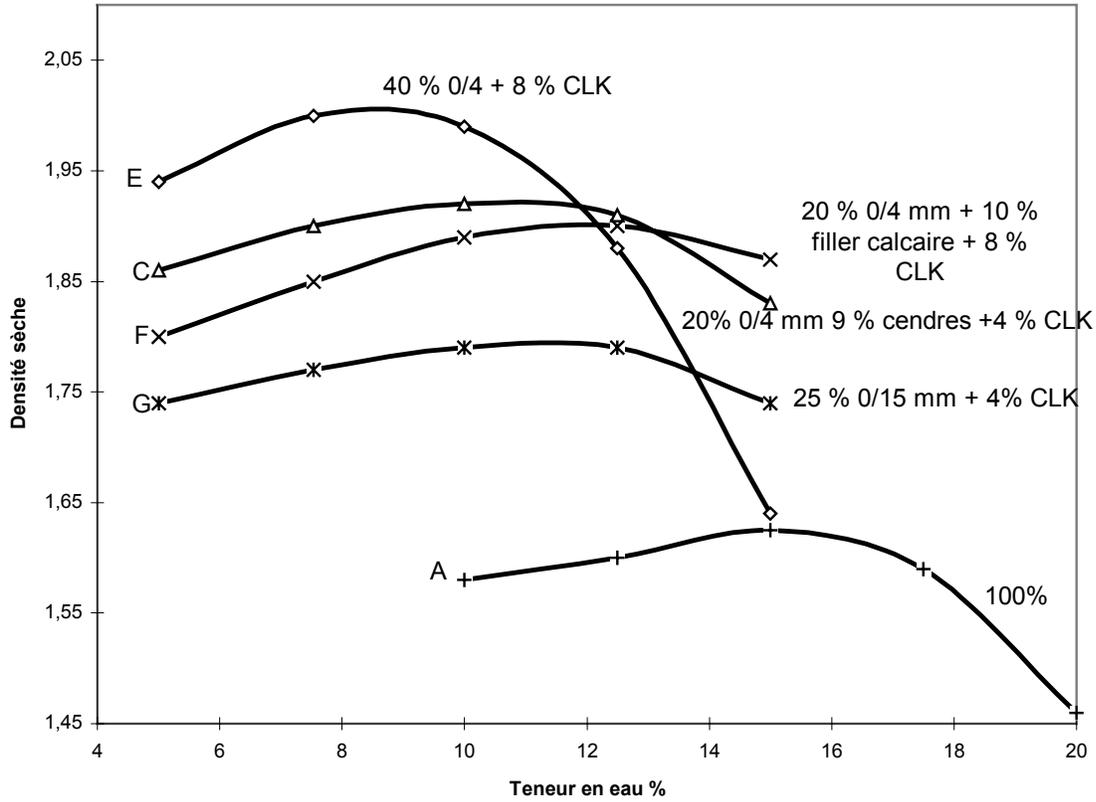


Figure 3 - Evolution de la densité sèche en fonction de la teneur en eau pour les différentes formulations exprimées, dans l'ordre, en % de sable correcteur du Boulonnais 0/4 mm, en % de fines et de ciment CLK

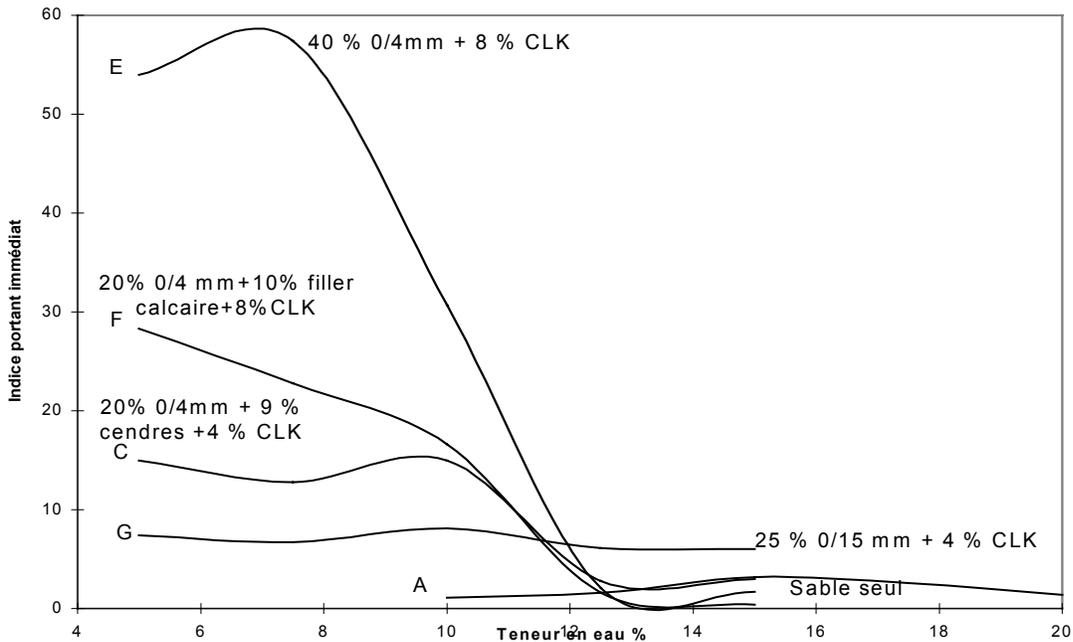


Figure 4 - Evolution de l'indice portant immédiat en fonction de la teneur en eau pour les différentes formulations exprimées, dans l'ordre, en % de sable correcteur du Boulonnais 0/4 mm, en % de fines et de ciment CLK