

VALORISATION DES SEDIMENTS DU BARRAGE TAKSEBT (ALGERIE) DANS LES CORPS DE CHAUSSEES

VALORISATION OF TAKSEBT DAM SEDIMENTS (ALGERIA) IN ROAD CONSTRUCTION

Omar BOUDLAL¹, Nassima FERRI², Mohammed KHATTAOUI³, Saadia IDRES⁴ et Ryma OUERD⁵

¹ *Maitre 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*

² *Doctorante, Département de Génie Civil, Université UMMTO, Algérie.*

³ *Professeur, Laboratoire de recherche (LGEA), Université UMMTO, Algérie.*

⁴ *Doctorante, Département de Génie Civil, Université UMMTO, Algérie.*

⁵ *Etudiante master, Département de Génie Civil, Université UMMTO, Algérie.*

RÉSUMÉ – Le travail réalisé a pour objectif, la valorisation des sédiments du barrage de Taksebt dans la construction routière en Algérie. Pour ce faire, des échantillons en mélanges de granulats routiers et de sédiments sont reconstitués au laboratoire, soumis ensuite à plusieurs types de sollicitations mécaniques. Les essais réalisés ont montré des résultats très intéressants, notamment pour des proportions de sédiments entre 5 et 10%.

ABSTRACT – This work aims, to valorization of sediment dam in road construction in Algeria. To do this, samples with mixtures of road aggregates and sediments of Taksebt dam are reconstituted in the laboratory, then, subjected to deferent types of mechanical stress. The achieved tests have shown very interesting results, particularly for sediments proportions between 5 to 10%.

1. Introduction

Le barrage TAKSEBT se situe sur la rivière de Takhoukhth, entre Aït Irathen et Ait Aïssi dans la wilaya de Tizi-Ouzou en Kabylie, Algérie. Il est d'une capacité de 175 million de m³, destiné à l'alimentation en eau potable des villes situées sur les couloirs des willayas de Tizi-Ouzou, Boumerdes et Alger.

Comme le barrage est situé dans une zone montagneuse caractérisée par un climat agressif, celui-ci présente des phénomènes d'érosion interne et externe très accrus, ce qui accélère son envasement et réduit par conséquent sa capacité d'emmagasinement d'eau.

Vu leurs effets néfastes tant sur le barrage et sur l'environnement, la valorisation de ces sédiments devient indispensable ce qui a incité les chercheurs à entreprendre plusieurs études dans ce sens afin de valoriser ces matériaux dans plusieurs domaines, à savoir le domaine routier, la fabrication des tuiles, de brique,... (Belas *et al.*, 2011 ; Bourabah, 2012 ; Kazi Aoual *et al.*, 2014 ; Labiod *et al.*, 2004 ; Remini, 2006 ; Remini et Remini, 2003 ; Semcha, 2006).

Cette étude a pour objectif la valorisation des sédiments de barrage dans le domaine routier en vue de leur utilisation dans les corps de chaussées (couches de fondation et couches de base).

2. Intérêts du travail réalisé

Ce travail peut avoir plusieurs intérêts, tant sur le plan économique et environnemental, à savoir :

- L'exploitation des quantités importantes de sédiments abandonnées dans les barrages ou dans la nature dont les effets sont néfastes sur l'environnement.
- Par conséquent, la récupération des espaces occupés par ces matériaux pour une éventuelle utilisation pour d'autres activités.
- Le renforcement des secteurs du génie civil et des travaux publics par de nouvelles sources de granulats routiers, sachant que les sources habituelles alluvionnaires restent parfois incapables de satisfaire les besoins nationaux.

3. Présentation des matériaux utilisés

3.1. Les granulats routiers

Les granulats routiers utilisés sont fournis par une entreprise de réalisation des travaux publics. C'est les granulats généralement utilisés pour la réalisation des couches de fondations et de couche de base des chaussées au niveau de la région de la grande Kabylie, Tizi-Ouzou (Algérie). Ces granulats forment la classe granulaire 0/20, cette dernière est caractérisée par la courbe granulométrique présentée sur la figure 1. Selon le système unifié de classification des sols (USCS), les granulats routiers utilisés se présentent sous forme d'une grave propre bien graduée, de granulométrie étalée.

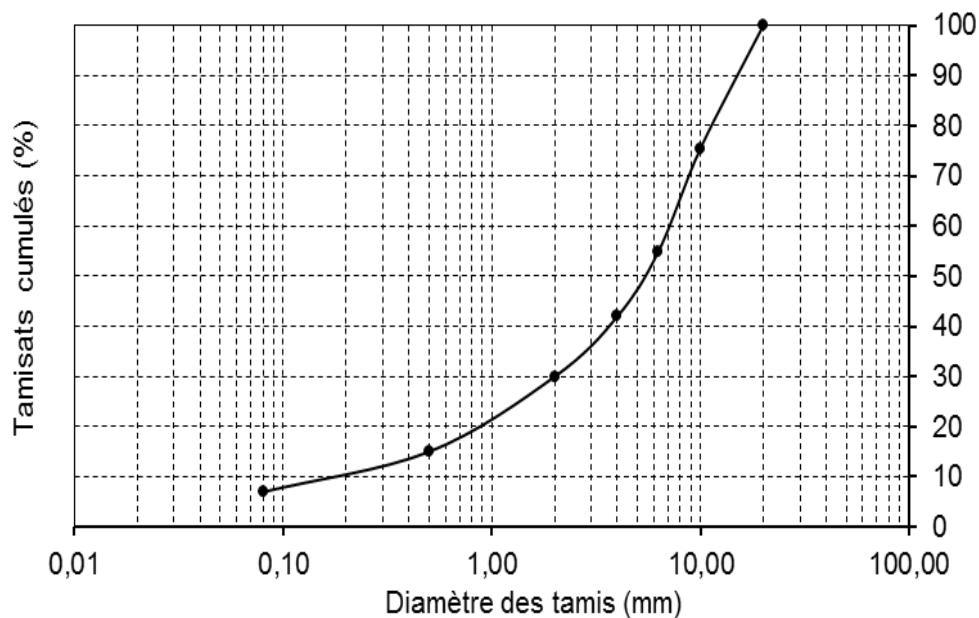


Figure 1. Courbe granulométrique du matériau utilisé.

3.2. Les sédiments du barrage Taksebt

Les sédiments du barrage Taksebt utilisés comportent le passant au tamis 1mm. Leurs caractéristiques physiques ainsi que le rapport d'essais d'analyse chimique établi par le Laboratoire de l'habitat et de la Construction du Centre/Groupe L.H.C.C (Unité de Oued Smar, Alger) est résumé dans le tableau 1.

Tableau 1. Caractéristiques physico-chimique des sédiments du barrage Taksebt.

Composants	Désignation	Pourcentage massique (%)
Limite de liquidité	w_L	45.67
Limite de plasticité	w_P	34.17
Sulfates	SO_4^-	00.32
Chlorures	Cl^-	Traces
Carbonates	$CaCO_3$	03.18
Matières organiques	MO	01.46

4. Echantillons préparés et essais réalisés

Les échantillons soumis aux essais mécaniques sont préparés à base de granulats routiers et de sédiments de barrage, sous forme de mélanges selon les proportions suivantes :

- Echantillon 1 : Granulats routiers seuls : (GR+00% de sédiments) ;
- Echantillon 2 : Granulats routiers + 05% de sédiments ;
- Echantillon 3 : Granulats routiers + 10% de sédiments ;
- Echantillon 4 : Granulats routiers + 15% de sédiments ;
- Echantillon 5 : Granulats routiers + 20% de sédiments ;
- Echantillon 6 : Granulats routiers + 25 de sédiments.

L'ensemble des essais est réalisé au laboratoire de mécanique des sols de l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou (Algérie). Afin d'étudier le comportement des mélanges sous les principales sollicitations routières en fonction de leur teneur en sédiments, les échantillons préparés sont soumis aux essais mécaniques suivants :

- Essais de compactage au Proctor modifié ;
- Essais de portance immédiat (IPI) et essais de portance après immersion (CBR_{imm}) ;
- Essais de cisaillement direct à la boîte de Casagrande.

5. Résultats et discussions

5.1. Essais de compactage au Proctor modifié

Les essais Proctor sont réalisés selon la norme NF P 94-093. Ils permettent de montrer l'aptitude au compactage des mélanges étudiés en fonction de leurs teneurs en sédiments. Les courbes de compactage correspondant aux différents mélanges sont présentées sur la figure 2.

A première vue, nous pouvons constater que les courbes Proctor représentant les différents mélanges se distinguent clairement de celle correspondant aux granulats routiers seuls. Par rapport à cette dernière, nous pouvons remarquer que les courbes représentant les mélanges à 5 et 10% de sédiments sont situées pratiquement du côté sec, tandis que les courbes correspondant aux mélanges dont la teneur en sédiments est supérieure à 10% sont situées du côté humide.

L'évolution de la densité sèche maximale et de la teneur en eau optimale des mélanges étudiés en fonction de leurs teneurs en sédiments est présentée avec plus de précision sur la figure 3.

La densité sèche des mélanges s'améliore de plus en plus jusqu'à atteindre une valeur maximale pour une teneur en sédiments de 10%. Au-delà de cette proportion, les mélanges commencent à perdre de leurs densités, toutefois, ces densités restent supérieures à 2. De tels résultats sont assez suffisants pour un matériau routier (Autret, 1983). Ceci est dû au fait que cette proportion de vase adéquate rentre facilement dans les vides entre les granulats routiers ce qui réduit leur volume (vides) et rend les mélanges plus denses. A cet effet, la quantité d'eau nécessaire pour le compactage qui occupera les vides restants dans les mélanges est réduite.

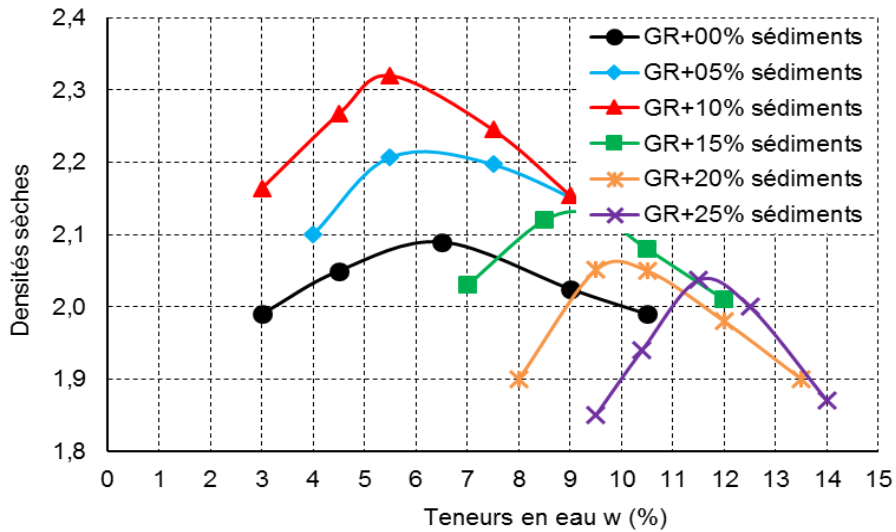


Figure 2. Courbes de compactage au Proctor modifié.

Une proportion supérieure à 10% de sédiments, dépasse le volume des vides existants entre les granulats routiers, elle commence à entourer ces derniers ce qui engendre des structures désorganisées des mélanges avec des densités sèches réduites et des teneurs en eau de compactage plus importantes.

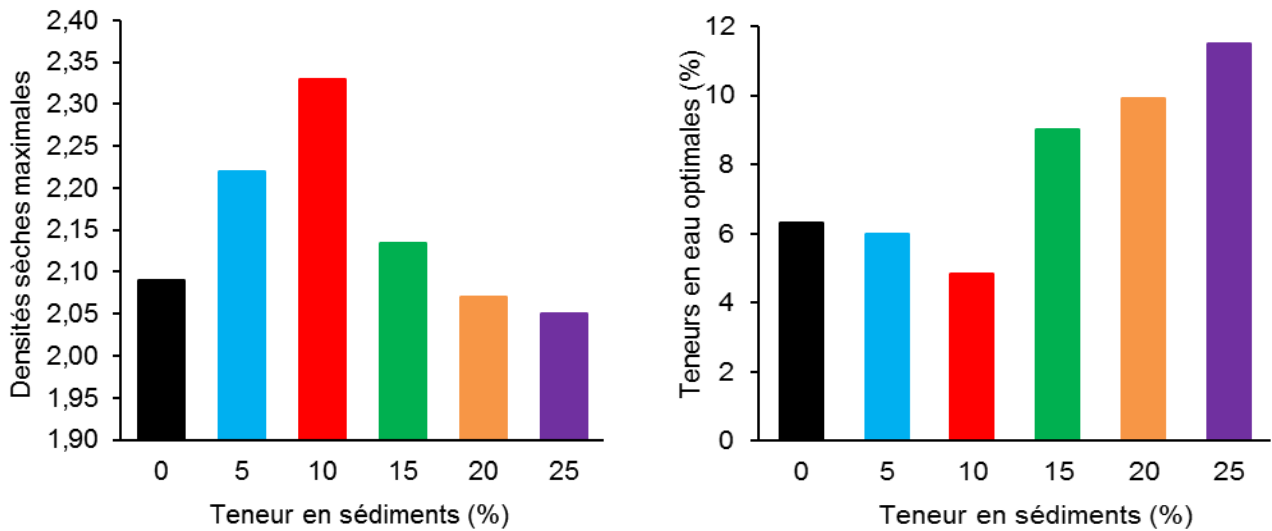


Figure 3. Caractéristiques de compactage en fonction de la teneur en sédiments.

Ainsi, des densités sèches considérables peuvent être obtenues dans le cas des mélanges à 10% de sédiments à des teneurs en eau réduites, ce qui peut intéresser, notamment les régions arides, où l'eau est généralement rare, et peut également influencer positivement l'enveloppe budgétaire de ce type de projets.

5.2. Essais de portance immédiats (IPI)

Les essais de portance immédiats sont réalisés selon la norme NF P 94-078. Ils permettent d'évaluer la portance des mélanges sous la circulation des engins au cours de la réalisation des projets. L'essai permet ainsi de déterminer l'Indice Portant Immédiat (IPI).

Les courbes représentant les forces en fonction des enfoncements pour les mélanges dont la teneur en sédiments de 5 à 10% se distinguent clairement sur la figure 4. La portance des mélanges s'améliore dès le premier ajout de sédiments. Néanmoins, les mélanges à 10% de sédiments présentent les portances les plus élevées, sachant que ces derniers sont constatés les plus denses au cours des essais de compactage.

Dans ce cas la structure du mélange très dense contribue en bloc à la résistance au poinçonnement.

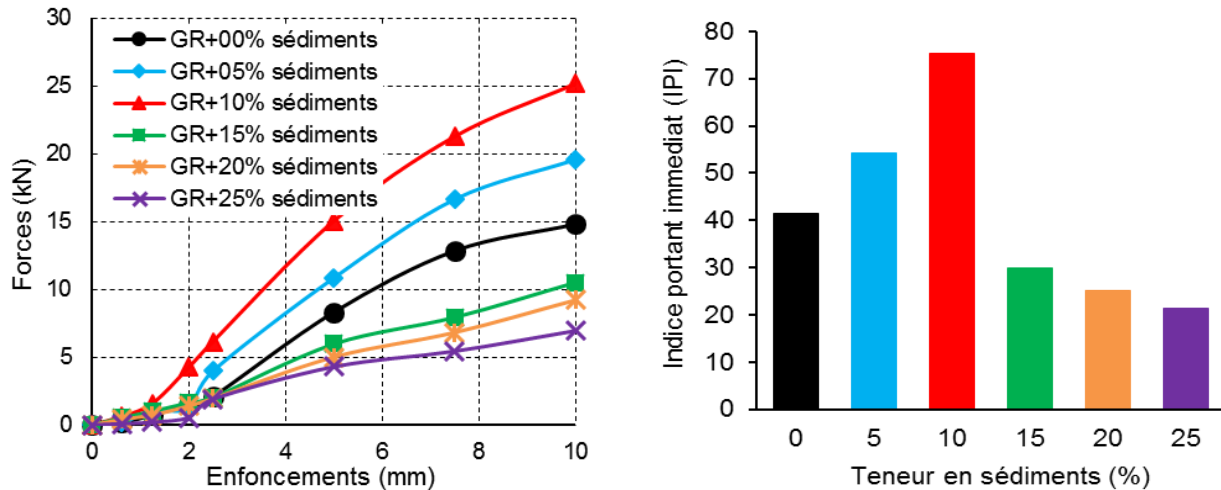


Figure 4. Résultats des essais de portance immédiats (IPI).

Au-delà de 10% de sédiments, ces derniers forment peut être une couche molle en surface des granulats routiers, cette couche se poinçonne initialement et facilement avant que l'effort ne se transmette en profondeur aux granulats. Par la suite, une nouvelle résistance au poinçonnement due aux granulats se développe, ce qui est traduit sur les courbes forces-enfoncements. En effet, au-delà de 8mm d'enfoncement les mélanges montrent des résistances au poinçonnement ayant tendance à augmenter.

5.3. Essais de portance après immersion (CBR_{imm})

Les essais CBR après immersion réalisés selon la norme NF P 94-078, permettent d'évaluer la portance des mélanges sous la circulation des engins dans les plus mauvaises conditions hygrométriques (Indice CBR après immersion : CBR_{imm}).

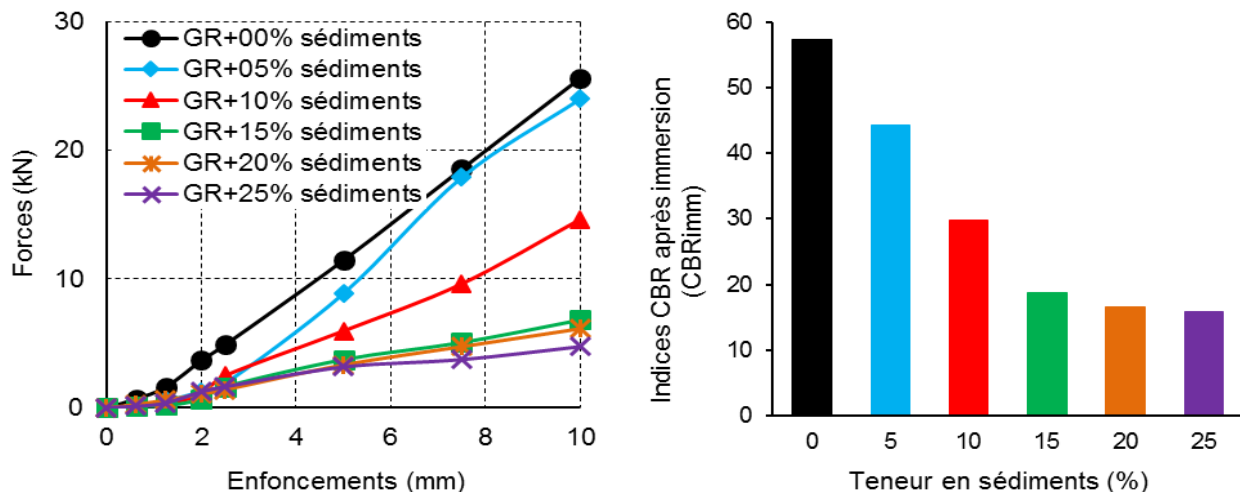


Figure 5. Résultats des essais CBR après immersion (CBR_{imm}).

Contrairement aux différents essais réalisés où l'ajout des sédiments améliore le comportement des mélanges ; dans le cas des essais CBR après immersion, la portance des mélanges diminue dès le premier ajout de vase. En effet, les courbes forces-enfoncements correspondant aux mélanges (figure 5) s'écartent de plus en plus de celle correspondant aux granulats routiers seuls, notamment pour des teneurs en sédiments supérieures à 10%.

La vase à l'état humide (immersion) même en faible proportion peut nuire à la portance des mélanges. En effet, la vase humide présente une très faible résistance au poinçonnement. Les grains entourés de vase évitent facilement les pressions engendrées par le vérin de l'appareillage de poinçonnement en se déplaçant vers les points de faibles pressions, ces déplacements sont de plus en plus favorisés avec l'ajout de vase.

5.4. Essais de cisaillement direct à la boîte

Les essais de cisaillement direct à la boîte réalisés selon la norme NF P 94-071 montrent que les résistances au cisaillement des mélanges sont améliorées avec l'ajout de 5 à 10% de sédiments (figure 6). Cette résistance est principalement assurée par le frottement interne provoqué par les granulats routiers seuls. Tandis qu'avec l'ajout des sédiments, la résistance au cisaillement peut être assurée par le frottement et la cohésion.

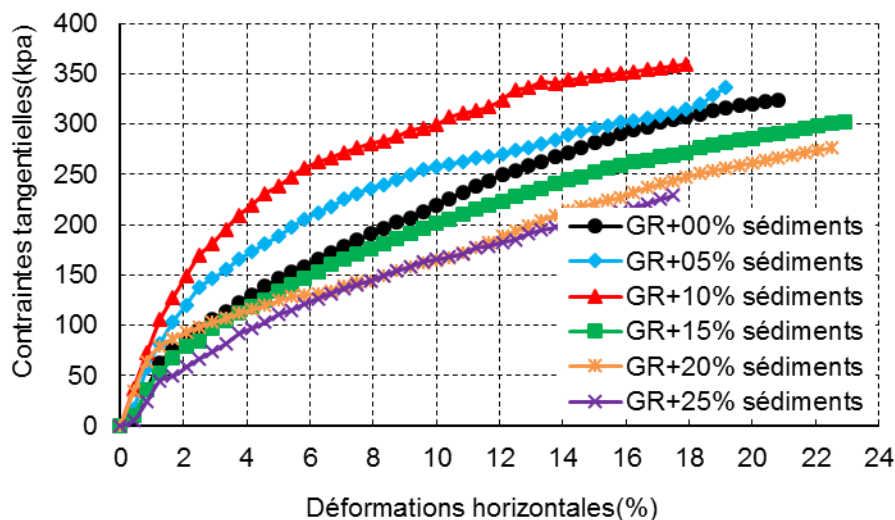


Figure 6. Courbes des contraintes-déformations des différents mélanges.

En effet, comme le montre la figure 7, les granulats routiers seuls développent un angle de frottement interne très important et une cohésion très faible. Tandis que les mélanges dont la teneur en sédiments ne dépassent pas 10% développent des cohésions remarquables en plus du frottement important légèrement inférieur relativement aux granulats routiers seuls, ce qui explique l'augmentation de leur résistance au cisaillement.

Au-delà de 10% de sédiments, les granulats sont complètement noyés dans la vase, cette dernière joue le rôle d'un lubrifiant qui réduit sensiblement le frottement entre les grains ainsi que la cohésion des mélanges.

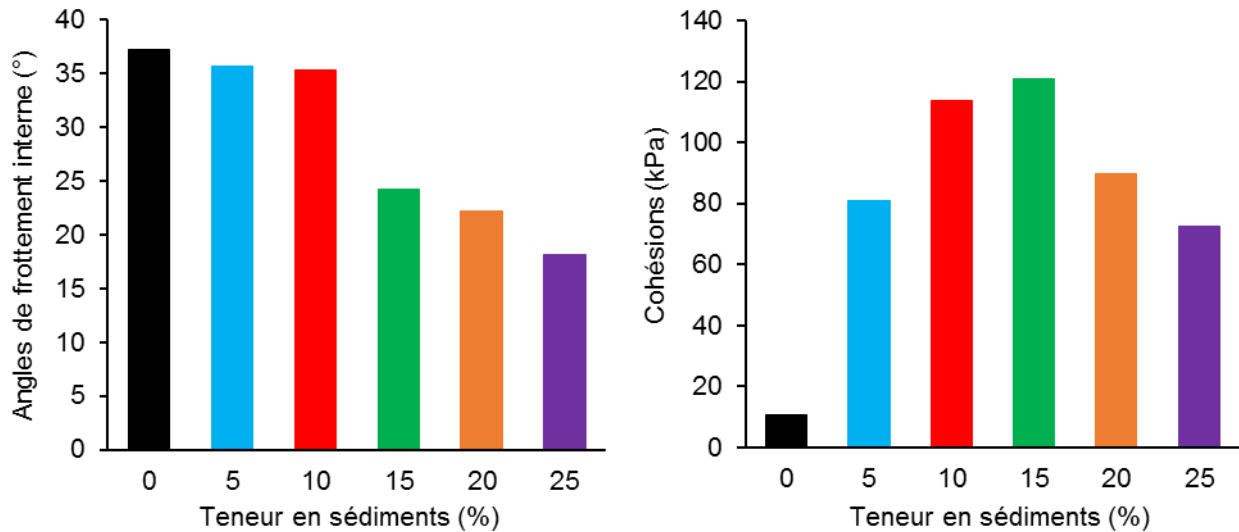


Figure 7. Caractéristiques mécaniques au cisaillement des différents mélanges.

Nous pouvons constater ainsi que les échantillons dont les teneurs en sédiments entre 5 et 10% forment des mélanges adéquats, qui présentent un compromis intéressant entre les angles de frottement interne et les cohésions pour former des matériaux qui développent des résistances au cisaillement très intéressantes.

6. Conclusions

Cette étude consiste à traiter le comportement des mélanges (granulats routiers + sédiments du barrage Taksebt) sous sollicitation routière. Elle a pour objectif de valoriser de nouvelles sources de granulats d'une part et de préserver l'environnement d'autre part.

Les résultats obtenus ont montré que les mélanges constitués de (granulats routiers + 5 à 10% de sédiments) présentent un comportement très satisfaisant sous les différents types de sollicitations appliquées. Ils peuvent par conséquent, être proposés dans la construction routière, en couches de fondations et en couches de base dans le cas des chaussées de faible à moyen trafic. Toutefois, d'autres essais notamment cycliques et à long terme sont indispensables pour confirmer d'avantage et concrétiser leur utilisation.

Ce travail de recherche peut présenter un intérêt capital en géotechnique routière en Algérie, tant sur l'aspect économique et sur l'aspect écologique et environnemental.

7. Références bibliographiques

- Autret P. (1983). Latérites et graveleux latéritiques. Institut des sciences et des techniques de l'équipement et de l'environnement pour le développement (ISTED), Laboratoire central des ponts et chaussées (LCPC), pp. 40.
- Belas N., Belaribi O., Mbrouki A., Bouhamoun N. (2011). Valorisation des sédiments de dragage dans les bétons, INVACO2, séminaire international innovation et valorization en genie civil et matériaux de construction, Rabat, Maroc. N°1, pp. 173.
- Bourabah M.A. (2012). Comportement mécanique des sols fins, application à la valorisation des sédiments de barrages en technique routière. Thèse de doctorat en sciences, Université de Tlemcen, Algérie.
- Kazi Aoual F., Ameer M., Mekerta B., Semcha A., (2014). Caractérisation des sédiments de dragage du barrage de Bouhanifia pour une réutilisation, XIII^{èmes} Journées Nationales Génie Côtier – Génie Civil, *Gestion et valorisation des sédiments marins*, Dunkerque, France. pp. 999-1006.

- Labioud Z., Remini B., Belaredj M. (2004). Traitement de la vase du barrage de Bouhanifia en vue de sa valorisation, Larhyss Journal, N°03, pp. 7-12
- NFP 94-071 (1994) Norme française, Sols, reconnaissance et essais. Essai de cisaillement rectiligne à la boîte. Cisaillement direct.
- NFP 94-078 (1997) Norme française, Sols, reconnaissance et essais. Indice CBR après immersion – Indice CBR immédiat – Indice portant immédiat. Mesure sur échantillon compacté dans le moule CBR.
- NFP 94-093 (1999) Norme française, Sols, reconnaissance et essais. Détermination des références de compactage d'un matériau. Essai Proctor normal - Essai Proctor modifié.
- Remini B. (2006). Valorisation de la vase des barrages, quelques exemples algériens, Larhyss Journal, N° 05, pp. 75-89.
- Remini w., Remini B. (2003). La sédimentation dans les barrages de l'Afrique du nord, Larhyss Journal, N° 02, pp. 45-54.
- Semcha A. (2006). Valorisation des sédiments de dragage, Applications dans le BTP, cas du barrage de Fergoug, Thèse, Université de Reims Champagne- Ardenne.