

Valorization of Vase Dam by the addition of the cement kiln Dust (CKD)

Valorisation de la Vase du Barrage par L'ajout de la Poussière de Fours de Ciment (CKD)

Ahmed Bensalem^{1✉}, Mekki Mellas²

1 Laboratoire de recherche: Développement en Mécanique et Matériaux-Université Ziane Achour, Faculté des Sciences et de la Technologie, BP 3117, 17000 Djelfa, Algérie

2 Laboratoire de Recherche en Génie Civil Université Mohamed Khider, Faculté des Sciences et de la Technologie, BP145 RP, 07000 Biskra, Algérie

Received 7 May 2018

Published online: 30 June 2018

Keywords

Mud

Dam

Charef

Stabilization

CKD

Valorization

Abstract: This study is the valuation of the mud dam Charef - Djelfa Wilaya in basic layers of material by the chemical stabilization process based on the addition of cement kiln dust (CKD) who considered under product from the manufacture of cement. In this context we came through particle size analysis tests, plasticity, chemical analysis, compaction, and simple compression on different samples of mud treated with different percentages of CKD and stored at a period of 28 days to change the consistency of the untreated mud and was a firm consistency to a hard and stable consistency by adding a percentage of 20% CKD.

© 2018 The authors. Published by the Faculty of Sciences & Technology, University of Biskra. This is an open access article under the CC BY license.

Résumé : La présente étude consiste à valoriser la vase du barrage de Charef – Wilaya de Djelfa en matériau de couches de base par le procédé de stabilisation chimique basée sur l'addition de la poussière de fours de ciment (CKD) et qui est considérée comme sous produit issu de la fabrication de ciment. Dans ce contexte nous sommes arrivés à travers des essais d'analyse granulométrique, plasticité, analyse chimiques, compactage, et de la compression simple sur différents échantillons de la vase traitée à différents pourcentages de CKD et conservés à une durée de 28 jours à modifier la consistance de la vase non traitée et qui était de consistance ferme à une consistance dure et stable par l'ajout de pourcentage de CKD de 20%.

Mots clés : Vase ; Barrage ; Charef ; Stabilisation ; CKD ; Valorisation.

1. Introduction

Ces dernières années, l'envasement des barrages en Algérie devient de plus en plus inquiétant et fréquent. Plus de 32.10^6 m³ de vase se déposent chaque année au fond des retenues (Benasla et al. 2015).

l'Algérie est le pays du Maghreb le plus touché par ce phénomène, selon une étude basée sur des séries statistiques réalisés en 2005 et 2006 par l'Agence nationale des barrages et transferts (ANBT) (2008) comportant les données de 57 grands barrages, notre potentiel hydraulique perd annuellement par envasement 1,1 milliards de m³, soit un comblement de 15% de la capacité totale. (Benslafa et al. 2014).

Le rejet des vases extraites à proximité des sites ou à l'aval dans l'oued engendrera d'énormes problèmes écologiques et environnementaux qui doivent être gérés pour éviter d'éventuelles conséquences ultérieures.

D'une autre part, l'industrie de ciment connaît une croissance phénoménale pour satisfaire aux besoins mondiaux importants, la production de Groupe industriel des ciments d'Algérie (GICA) a consacré un investissement de 154 milliards de DA pour porter sa capacité de production annuelle de ciment à 18,5 millions de

tonnes, afin de répondre à la forte demande du marché compte tenu du nombre de projets lancés cette dernière décennie. Mais malgré l'évolution qu'a connue cette industrie en terme de mesures écologiques pour la réduction d'émission de sous produits, la quantité de poussière produite « poussière des fours de ciment (cement kiln dust- CKD) » atteint les 10 %.

Toutefois, la présente étude prend en charge la recherche des possibilités de la stabilisation chimique des sédiments de dragage par l'ajout de la poussière de four de ciment (CKD) afin d'améliorer leurs caractéristiques physico-chimiques permettant ainsi leur réutilisation dans le domaine d'engineering : remblais, couches de forme, couche de base de chausséesetc.

Comme échantillon de sol utilisé dans les différentes expérimentations, nous avons utilisé les sédiments du barrage de Charef – Wilaya de Djelfa et comme stabilisant la poussière de fours de ciment (CKD) de l'usine Lafarge de M'SILA. Cette dernière a été valorisée en génie civil dans le domaine de technique routière (Miller et Azad 2000; Asha et al.2007; Deok et al. 2008; Peethamparan et al. 2008; Solanki et al. 2009; Ali Ebrahimi et al.2012; lorliam et al.2012; Agapitus et 2013; Benslafa et al.2014; Athraa et al. 2015; Benasla et 2015; Levacher et al.2015).

✉Corresponding author. E-mail address: bensalemahmed1969@yahoo.fr

2. Matériaux et Méthodes d’essais

2.1 Matériaux

Le matériau utilisé est la vase du barrage de Charef (VBC) situé à 43 Kms à l’est du chef lieu de la wilaya de Djelfa, au sud-est de l’Algérie. Il est destiné à l’irrigation des terres agricoles voisines.

Vu le manque de moyens de dragage appropriés, l’opération d’extraction de la vase était manuelle au niveau des rives. La préparation de VBC est comme suit: Le lavage par tamisage à voie humide, le séchage à l’étuve à 105 C°, le broyage avec le cylindre à billes et puis le tamisage à voie sèche au tamis de 5mm (Procédure personnelle). Le stabilisant utilisé est la poussière de fours de ciment (CKD) de la cimenterie Lafarge-Msila. L’eau de malaxage utilisé dans tous les essais est l’eau distillée.

2.1.1 Les propriétés de la vase

L’analyse chimique de VBC a été effectuée par une analyse XRF (X-Ray Fluorescences), les résultats sont présentés au tableau 1. Nous constatons que les principaux éléments sont la Silice (SiO₂) en pourcentage élevé, suivi d’Oxyde de Calcium (CaO), le Alumine (Al₂O₃) et l’Oxyde de Fer (Fe₂O₃).

La courbe granulométrique de VBC montre que le pourcentage des fines inférieures à 80µm est de 95,54% (fig. 1). La classification de VBC a été faite conformément à la classification internationale USCS (Unified Soil Classification System) décrite dans la norme ASTM D2487-06.

La limite de liquidité et l’indice de plasticité de VBC portés sur le diagramme de Cas a grande se rencontrent en un point situé au dessus de la ligne A. Ce qui signifie que la VBC est classée comme CL dite Argile inorganique de plasticité moyenne. Les propriétés géotechniques sont représentées dans le tableau 2.

Les caractéristiques des matériaux utilisés sont réalisées selon les normes suivantes : La teneur en matière organique (ASTM D 2974-95); Densité Spécifique (ASTM D 854-98); Essai granulométrique (NF P94-056)

Tableau 1. Composition chimique de la vase et CKD.

Paramètre	%	
	La vase	CKD
SiO ₂	67,42	12,1
Al ₂ O ₃	5,98	4,18
Fe ₂ O ₃	2,74	2,34
Rapport de silice (RS)= SiO ₂ / (Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃)	7,73	1,86
Facteur de saturation en chaux (LSF) = CaO / (2.8SiO ₂ +1.18Al ₂ O ₃ +0.65 Fe ₂ O ₃)	5,83	103,5
CaO	11,53	41,74
MgO	1,17	1,04
SO ₃	0,15	1,15
K ₂ O	1,54	0,66
Na ₂ O	0,19	0,08
Cl	0,014	0,18
Perte a feu (P.A.F)	11,48	35,7

Tableau 2. Composition chimique de la vase et CKD.

	W _L (%)	W _p (%)	I _p (%)	G _s (%)	TMO (%)	USCS	Indice d’activité	Caractéristiques de compactage	
								W _{opt} (%)	ρ _{dmax} (kN/m ³)
La vase	42,43	25,56	16,87	2.65	7.94	CL	0,98	20,46	1662,62

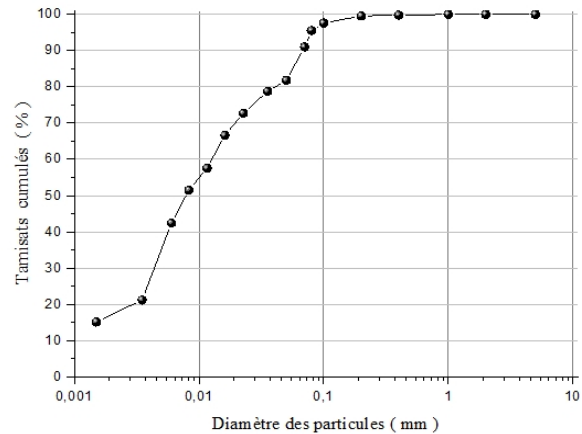


Fig. 1. Courbe granulométrique de vase.

2.1.2 Les propriétés de la poussière de fours de ciment (CKD)

La poussière de fours de ciment (CKD) est un sous produit issu de l’opération de production de ciment, les analyses chimiques obtenus par fluorescence à rayons X (XRF) ont présentée une teneur élevé de chaux (CaO) (Voir tableau 1).

2.2 Essais réalisés sur les mélanges

2.2.1 Limites d’Atterberg

Les limites d’Atterberg (limite de liquidité W_L, limite de plasticité W_p) sont effectuées sur la fraction argileuse passant à travers le tamis 400µm. Ils ont été réalisés conformément à la norme NF P 94-051. Pour cela, il a été préparé des mélanges avec un pourcentage croissant de CKD : 0%, 5%,10% et 20 % du poids sec du sol .Avant la réalisation des essais des limites les mélanges ont été laissés réagir pendant 24 h après l’ajout de l’eau déminéralisée.

2.2.2 Essai Proctor Normal

L’essai de compactage a pour but de déterminer la teneur en eau optimale (W_{opt}) et la masse volumique sèche (ρ_{dmax}) pour chaque échantillon avec un pourcentage croissant de CKD : 0%, 5%,10% et 20 % du poids sec du VBC. L’essai a été conduit selon la norme NF P 94-093, on utilise un moule en acier de dimensions normalisées H = 11.65cm et ϕ= 10.15cm placé sur une embase et muni d’une hausse Les différentes pièces ont été assemblées.

2.2.3 Essai de compression simple UCST

La résistance à la compression simple concernant la VBC non traiter et traiter ont été déterminée par l’essai de compression simple (UCST) selon la norme ASTM D2166 pour les conditions de masse volumique sèche maximale (ρ_{dmax}) et la teneur en eau optimale(W_{opt}) du Proctor normal. Les échantillons préparés pour cette raison seront sous forme d’éprouvettes cylindriques de hauteur H=7cm et de diamètre ϕ= 3.5cm ont été moulées par compression statique et en nombre suffisant (min 3eprouvettes) par mélange.

La préparation se fait par l'ajout au sol sec, la quantité de l'ajout stabilisant en fonction du % voulu et la quantité d'eau ($W_{opt} + 1\%$) pour tenir compte d'éventuelle évaporation lors du processus de malaxage et confection, les éprouvettes ont été mises dans des sachets étanches en plastique et placées dans un bain marie, assurant les conditions de cure avec une température de 20 ± 1 °C. La vitesse de déplacement du plateau inférieur a été fixée à 1 mm/min.

3. Résultats et Interprétations

3.1 Limites d'Atterberg

Les courbes des limites de liquidité, de plasticité, et de l'indice de plasticité en fonction du pourcentage de CKD sont représentées sur un même graphe donné par la figure 2. Nous constatons que les limites de liquidité diminuent progressivement avec l'accroissement du pourcentage de CKD, les limites de plasticité augmentent quel que soit le pourcentage de CKD ajouté. Les indices de plasticité sont inversement proportionnels à l'accroissement du pourcentage de CKD.

Dans ce cas après malaxage du mélange sol-CKD-eau, les ions de calcium (Ca^{++}) provenant de la chaux qui se trouve dans la CKD se déplacent vers les surfaces des particules d'argile et remplacent les molécules d'eau et d'autres ions. C'est le processus de floculation et agglomération où l'argile devient friable et granulaire avec un comportement similaire que celui des particules du limon. Ce traduit par une diminution de la plasticité de l'argile et par conséquent améliore sa maniabilité. Ce résultat a été aussi observé par (Miller et Azad 2000).

3.2 Influence de CKD sur les Paramètres de Compactage

La courbe de compactage pour la VBC sans traitement montre une masse volumique sèche de $1662,47 \text{ kg/m}^3$ obtenue pour une teneur en eau optimale de 20,46%.

L'addition de CKD permet de bénéficier d'un déplacement de la teneur en eau optimum Proctor normal qui justifie l'insensibilité à l'eau de l'argile et par conséquent l'allongement de la durée de travail aux saisons humides. Ainsi sur site, la teneur en eau optimale peut être mieux contrôlée puisque il s'agit d'une plage

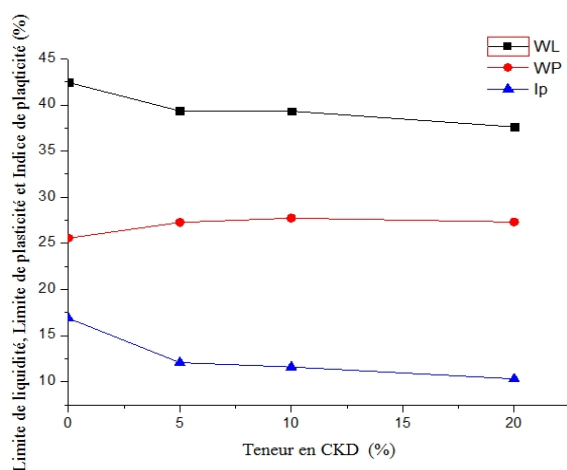


Fig. 2. L'effet de la poussière de fours de ciment (CKD) sur les limites.

où la teneur en eau optimale peut varier. L'ajout des pourcentages de CKD augmente la teneur en eau optimum et réduit la masse volumique sèche maximale. Ces variations sont schématisées par la représentation graphique sur les figures 3 et 4 respectivement.

L'augmentation de la teneur en eau optimale résulte apparemment de l'affinité de la CKD pour l'eau, et la masse volumique sèche maximale semble diminuer car l'aggrégation des particules due à la CKD entraîne des pores plus grands dans le sol. Ce résultat est en concordance avec le résultat de Miller et Azad (2000).

3.3 La compression simple (UCS)

La courbe de l'essai de compression simple de la VBC montre une rupture totale de l'éprouvette de sol de 122,51 kPa. L'essai a permis de déduire une cohésion non drainée de 61,26 kPa. La compression simple et la cohésion non drainée obtenues permettent de classer la VBC comme étant une argile ferme (Stiff).

On utilise la résistance à la compression à 28 jours comme indicateur de l'efficacité de traitements appliqués sur la VBC. Nous constatons que l'accroissement de pourcentage de l'ajout en CKD entraîne une augmentation de la résistance à la compression simple pour la VBC non traitée et traitée à 5, 10, et 20% est entraîné par l'augmentation de la teneur en CKD (Voir figure 5).

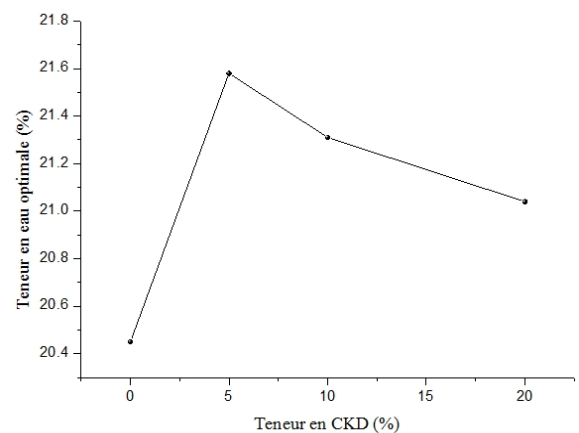


Fig. 3. Influence de la CKD sur la Teneur en Eau Optimale W_{opt} .

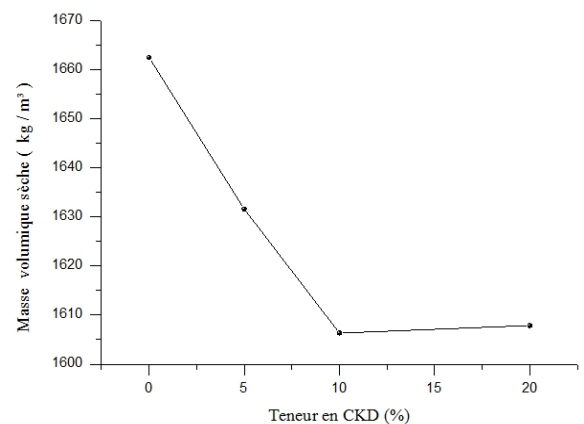


Fig. 4. Influence de la CKD sur la Masse Volumique Sèche Maximale ρ_{dmax}

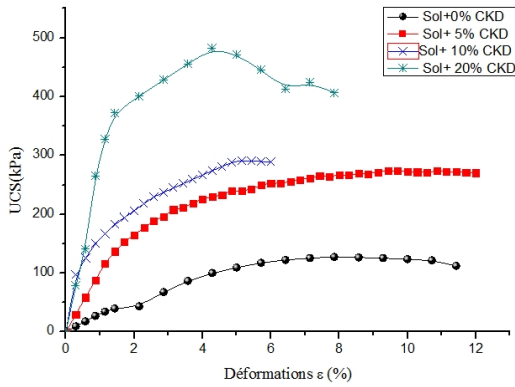


Fig. 5 Influence de CKD sur la résistance à la compression UCS.

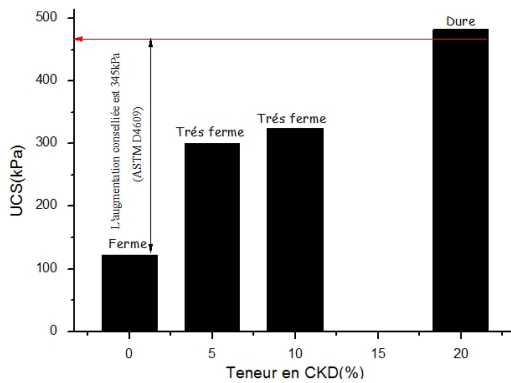


Fig. 6 Influence de CKD sur la résistance à la compression UCS et la consistance du sol.

En effet la résistance à la compression simple UCS a augmenté de 122,51 kPa pour la VBC non traitée à 482,54 kPa, pour un ajout en CKD de 5%, 10% et 20% respectivement. Soit un accroissement de l'ordre de 144,92%, 165,28% et 293,88%.

La résistance à la compression permet de déterminer le dosage optimal en CKD à utiliser pour obtenir le critère de résistance, dans cette présent étude le dosage optimal est de 20% de CKD qui correspondant une augmentation de 345kPa selon la norme ASTM D4609.

Pour mieux illustrer la variation de la consistance de la VBC par l'ajout de CKD; l'histogramme donné sur la figure 8 montre clairement l'amélioration de la résistance à la compression UCS en fonction du pourcentage de l'ajout en CKD. En effet la VBC de consistance initiale ferme (Stiff) devient de consistance très ferme (Very Stiff) à 5% et 10% puis s'améliore encore mieux à 20% où elle devient de consistance dure (Hard) (voir figure 6).

5. Conclusion

Les essais d'identification et de caractérisation montrent que le matériau provenant de la vase du barrage Charef Wilaya de Djelfa (VBC) est classé comme CL dite Argile inorganique de plasticité moyenne de consistance ferme.

L'ajout de la poussière de fours de ciment CKD augment la limite de plasticité et diminue l'indice de plasticité ce qui améliore l'insensibilité de l'argile à l'eau et par conséquent augmente son ouvrabilité et maniabilité.

L'addition de la (CKD) à la VBC a beaucoup influé sur ses caractéristiques de compactage. Ainsi la teneur en eau optimale a augmenté avec l'accroissement du taux de CKD permettant une fixation de la teneur en eau sur site plus aisée alors que la densité maximale sèche a été réduite. La VBC a une activité normale, ce qui lui permet de réagir avec la CKD.

La résistance à la compression simple des éprouvettes de VBC soumise à des essais d'écrasement non confinés croit avec l'augmentation du pourcentage de CKD injecté. En effet la consistance de VBC non traité et qui était de consistance ferme (Stiff) est passé à une consistance dure (Hard) après 28 de conservation pour des pourcentages de CKD de 20%.

Références

Athraa, M. J.A., S.M. Kadhim, A.A. Fattah (2015) Characteristics of Cohesive Soils Stabilized by Cement Kiln Dust. International Journal of Scientific & Engineering Research 6(4): 2032-2038.

Ali Ebrahimi, M., F. Tuncer, B. Edil, Y.H. Son (2012) Effectiveness of Cement Kiln Dust in Stabilizing Recycled Base Materials. Journal of Materials in Civil Engineering 24(8): 1059-1066.

Asha, S., S. Rahardja, R.Kmetz, M. Santagata (2007) Soil treatment using fresh and landfilled cement kiln dust. Construction and Building Materials 21(2): 318-327.

Agapitus, A.A., A.O. Eberemu (2013) Potential Application of Lateritic Soil Stabilized with Cement Kiln Dust (CKD) as Liner in Waste Containment Structures. Geotechnical and Geological Engineering, 31(4): 1221-1230.

Benasla, M., L. Benamara, M. Hadjel (2015) Characterization of dredging mud dam Oued Fodda and valorization as a building material. Journal of Materials and Environmental Science 6(2): 546-558.

Benslafa, F.K.A., M. Ameer, B. Mekerta, A. Semcha (2014) Caractérisation des sédiments de dragage du barrage de Bouhanifia pour une réutilisation. XIII^{èmes} Journées Nationales Génie Côtier - Génie Civil, Dunkerque, pp. 999-1006.

Deok, H.M., M. Wazne., I.H. Yoon., D.G. Grubb (2008) Assessment of cement kiln dust (CKD) for stabilization/solidification (S/S) of arsenic contaminated soils. Journal of Hazardous Materials 159(2-3): 512-518.

Iorliam, A.Y., A.I. Olufemi., J. Manasseh (2012) Effect of Cement Kiln Dust (CKD) on Some Geotechnical Properties of Black Cotton Soil (BCS). Electronic Journal of Geotechnical Engineering 17(H): 967-977

Levacher, D., M. Sanchez, Z. Duan, Y. Liang (2015) Valorisation en unité pilote de sédiments méditerranéens : étude des caractéristiques géotechniques et de la perméabilité. Revue Paralia 4: 4.1-4.20.

Miller, G.A., S. Azad (2000) Influence of soil type on stabilization with cement kiln dust. Construction and Building Materials 14: 89-97.

Solanki, P., N.N. Khoury, M. Zaman, P.E. Jeff Dean, P.E. Scott Seiter (2009) Engineering Properties of Stabilized Subgrade Soils for Implementation of the AASHTO 2002 Pavement Design Guide (No. FHWA-OK-08-10). School of Civil Engineering and Environmental Science, University of Oklahoma.

Peethamparan, S., J. Olek, J. Lovell (2008) Influence of chemical and physical characteristics of cement kiln dusts (CKDs) on their hydration behavior and potential suitability for soil stabilization. Cement and concrete research 38(6): 803-815.