

## Influence de l'incorporation de la vase du barrage Chorfa sur les performances mécaniques des bétons ordinaires

O. Safer\*, N. Belas, K. Belguesmia, O. Belaribi, A. Mebrouki, N. Bouhamou

Laboratoire Construction, Transport et Protection de l'Environnement, Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem, Algérie.

\*Corresponding author: safer\_omar48@yahoo.fr ; Tel.: +213 558 87 96 16

### ARTICLE INFO

#### Article History:

Received : 12/12/2016

Accepted : 14/11/2017

#### Mots-Clés :

Vase;  
Calcination;  
Béton vibré;  
Temps de prise;  
Résistance à la compression.

#### Key Words:

Mud;  
Calcinations;  
Vibrated concrete;  
Setting time;  
Compressive strength.

### ABSTRACT/RESUME

**Résumé:** Les aménagements hydrauliques sont soumis à des envasements importants qui, dans des délais souvent très courts, peuvent les rendre inutilisables. En Algérie, l'envasement d'un grand nombre de barrages construits pour les besoins des populations en eau potable et pour l'irrigation implique la nécessité et l'urgence d'intervention. Ainsi les travaux d'entretien qui conduisent à extraire par dragage les vases déposées constituent un impératif insoutenable pour la préservation de l'environnement: un exemple concret est le barrage de Chorfa (ouest algérien).

Dans un esprit de développement durable et pour une bonne gestion de l'environnement, plusieurs domaines pour l'utilisation de la vase en tant que matière première et non plus comme déchet ont été ciblés notamment le génie civil.

Cette étude fait partie d'une longue recherche dont l'objectif est de proposer des formulations économiquement compétitives et faciles à mettre en œuvre qui permettent une valorisation de ces matériaux dans la confection des bétons ordinaires par substitution partielle au ciment (10, 20 et 30%) des sédiments de dragage après calcination à 750°C pour les rendre actifs.

Des essais ont été menés sur bétons vibrés à l'état frais et durci afin de connaître leurs caractéristiques.

Les résultats obtenus ont confirmé la possibilité d'élaborer des bétons incorporant la vase calcinée à des dosages allant jusqu'à 30%, répondant aux objectifs économiques, écologiques et technologique.

**Abstract:** All the dams in the world are exposed to the phenomenon of sedimentation, but that depends fairly on the speed that varies from one region to another. This phenomenon was observed largely in Algeria.

The dredging is considered as a vital activity for the exploitation of the dams. However, the quantities of the sediments (mud) evacuated by the operations of dredging if they are put aside of the work will lead to the pollution of the rural environment. The present study is mainly interested to gain profit from the issues of the operations of dredging of dams such as the one of Chorfa in the west of Algeria.

The aim is to suggest some economic and competitive formulations and easy to put into practice which give us an opportunity to exploit these materials in the manufacturing of the common concrete by the partial substituting with cement (10, 20 and 30% ) of the mud after

*calcination at 750 °C to make them active. Some tests were done on concrete in the fresh and hard state in order to know their features. The obtained results have confirmed the possibility to elaborate the concretes including the calcinated mud with doses reaching till 30%. The quality of these concretes at fresh state or hard state permits to reach the economical, ecological and technological aims.*

## I. Introduction

Dans l'industrie cimentaire, la recherche d'un liant moins coûteux en utilisant des déchets et des ressources naturelles telles que la vase issue des sédiments de dragage des barrages en l'occurrence celui de Chorfa (ouest algérien) est devenue une préoccupation majeure pour palier au déficit dans la fabrication du ciment Portland.

Dans un esprit de développement durable et pour une bonne gestion de l'environnement, plusieurs domaines pour l'utilisation de la vase en tant que matière première et non plus comme déchet ont été ciblés notamment le génie civil [1].

La substitution partielle d'une certaine quantité de ciment Portland par un ou plusieurs ajouts minéraux lorsqu'ils sont disponibles à des prix compétitifs peut être avantageuse non seulement du point de vue économique, écologique, rhéologique mais aussi du point de vue résistance.

L'utilisation de la vase calcinée dans les bétons comme substitut du ciment a des avantages divers dont les principaux se rapportent au fait que le ciment est le composant le plus coûteux du béton, que sa production exige une grande consommation d'énergie et que la production d'une tonne de ciment libère approximativement autant de dioxyde de carbone dans l'atmosphère [2]. La vase calcinée comme le métakaolin est considérée comme une pouzzolane réactive. La chaux libérée au cours de

l'hydratation des composés du clinker réagit avec le matériau pouzzolanique à l'intérieur du mélange pour former des produits qui participent aux résistances mécaniques du béton [3].

L'emploi des vases en remplacement partiel du ciment dans les bétons a été largement étudié ces dernières années. La littérature montre clairement que la vase est une pouzzolane active et contribue à améliorer les propriétés mécaniques au jeune âge et à long terme de la pâte de ciment / béton [4].

Au cours de cette étude les temps de prise ainsi que des résistances mécaniques (compression) ont été mesurés respectivement sur pâtes et bétons. Les bétons ont été élaborés avec des pourcentages d'ajouts de 10, 20 et 30% substitués au ciment. Les écrasements sur éprouvettes de béton ont été réalisés aux échéances de 7, 14, 28, 60, 90 et 180 jours.

## II. Matériel et méthodes

### II.1. Matériaux utilisés

#### II.1.1. Le ciment

Le ciment utilisé est le ciment Portland CEMI 42.5 R de surface spécifique Blaine égale à 3180 cm<sup>2</sup>/g provenant de la cimenterie de Zahana (ouest algérien) [5]. Sa composition chimique et minéralogique sont rapportées aux tableaux 1 et 2

*Tableau 1. Composition chimique du ciment Portland.*

Elément	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	SO <sub>3</sub>	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	PF	RI
Teneur en %	22.30	5.10	3.99	63.60	1.24	1.43	0.70	0.34	1.18	0.36

*Tableau 2. Composition minéralogique (%) du clinker.*

Elément	C <sub>3</sub> S	C <sub>2</sub> S	C <sub>3</sub> A	C <sub>4</sub> AF	CaO libre
Teneur en %	53.13	23.55	6.76	12.13	< 01

### II.1.2. Les Granulats

Les graviers utilisés dans la confection des bétons de classes 3/8 et 8/15 sont calcaires et proviennent de la carrière de Kristel située dans la région d'Oran. Tandis que les sables 0/3 ils sont d'origine calcaire pour le sable de carrière de Kristel et siliceuse pour le sable de mer de Sidi Lakhdar.

L'utilisation des deux sables (avec des pourcentages de 60% sable de carrière et 40% sable de mer) s'avère nécessaire pour apporter la correction granulaire au mélange afin qu'il puisse s'insérer dans le fuseau normalisé.

### II.1.3. La vase

Toute la quantité de la vase utilisée est prélevée dans la zone de rejet en aval de barrage de Chorfa, de surfaces spécifiques Blaine égales à 7830 cm<sup>2</sup>/g. Nous avons procédé au traitement de la vase selon les étapes suivantes:

- Après séchage en étuve à 105°C les vases ont été broyées et tamisées par voie sèche. Les tamisats qui passent à travers 80µm et qui représentent plus de 95% du prélèvement sont récupérés pour la cuisson.
- Les opérations de calcination ont nécessité certaines précautions : pour éviter les chocs

thermiques la vitesse de cuisson a été réglée à 5° par minute, la température de calcination 750 °C a été maintenue constante pendant 5 heures [6].

- Le produit ainsi obtenu (vase calcinée) a été conservé à l'abri de l'air et de l'humidité.

La figure 1 représente l'aspect de la vase avant et après calcination.



*Figure 1. Aspect de la vase avant et après calcination.*

Les caractéristiques chimiques de la vase sont regroupées dans le Tableau 3

*Tableau 3. Composition chimique de la vase chorfa.*

Elément	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	SO <sub>3</sub>	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	PF
Teneur en %	47.36	15.75	7.43	23.08	0.17	2.67	2.97	0.37	1.76

### II.1.4. L'adjuvant

L'adjuvant utilisé pour confectionner nos bétons est un PLASTIMENT® BV 40 (SIKA); Plastifiant/Réducteur d'Eau pour hautes résistances mécaniques.

## II. 2. Formulation des bétons

Cinq formulations de béton ont été élaborées (Tableau 4); quatre incorporant différents dosages de vase (BV 10%, BV 20% et BV 30%) et un témoin (BV 0%) pour le besoin de comparaison.

*Tableau 4. Compositions des bétons.*

Désignation	Ciment Kg/m <sup>3</sup>	P/L (%)	Addition Kg/m <sup>3</sup>	Gravier Kg/m <sup>3</sup>		Sable Kg/m <sup>3</sup>	Eau Kg/m <sup>3</sup>	E/L	P Kg/m <sup>3</sup>
				3/8	8/15				
BV 00%	402	00	00	179	912	663	201	0.5	00
BV 10%	363.6	0.3	35.33	179	912	663	199.4	0.5	1.19
BV 20%	324.8	0.4	71.02	179	912	663	197.9	0.5	1.58
BV 30%	286.3	0.65	107.31	179	912	663	196.8	0.5	2.56

## II. 3. Essais à l'état frais

### II.3.1. Essai de consistance sur pâte

La consistance normalisée de la pâte de ciment est déterminée selon la norme NF EN 196-3 à l'aide de l'appareil de Vicat muni d'une sonde.

### II.3.2. Essai de prise sur pâte

Le temps de prise se mesure habituellement sur une pâte pure de ciment de consistance normale et conformément à la norme NF EN 196-3 à l'aide de l'appareil de Vicat.

### II.3.3. Essai d'affaissement sur béton

La consistance est le paramètre qui exige une attention particulière pour s'assurer de la qualité d'un béton plastique, elle est déterminée par l'utilisation du cône d'Abrams (NF P18-451) qui mesure l'affaissement du béton.

## II. 4. Essais de compression

L'essai de compression simple, est réalisé au laboratoire sur des éprouvettes cubiques (10x10x10) cm<sup>3</sup> à l'aide d'une presse de capacité maximale de 3000 KN avec une vitesse de chargement d'environ de 0,5 MPa/s (NF P 18-406).

## III. Résultats et discussions

### III.1. Essai de consistance

Les résultats de consistance obtenus pour chaque composition de pâte de ciment sont notés dans la figure 2.

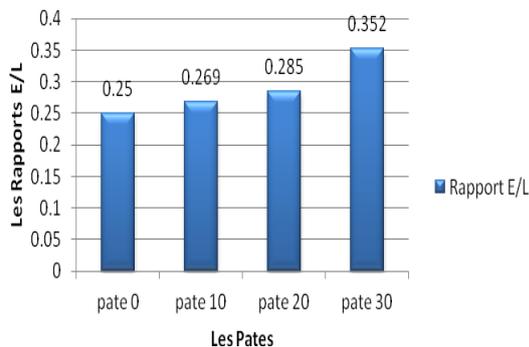


Figure 2. Influence des dosages de vase sur les rapports E/L.

La figure 2 montre que le volume d'eau est en relation linéaire avec l'augmentation du taux d'ajout. La pâte de ciment doit avoir une consistance telle qu'elle puisse maintenir les grains

de ciment qui forment une suspension stable dans l'eau. On remarque que le rapport E/L augmente avec l'augmentation du pourcentage d'ajout, cela est dû à la finesse de la vase qui absorbe une partie importante de l'eau destinée à l'hydratation du ciment.

### III.2. Essai de prise

Les résultats des temps de début et de fin de prise des différentes pâtes de ciment sont notés dans la figure 3

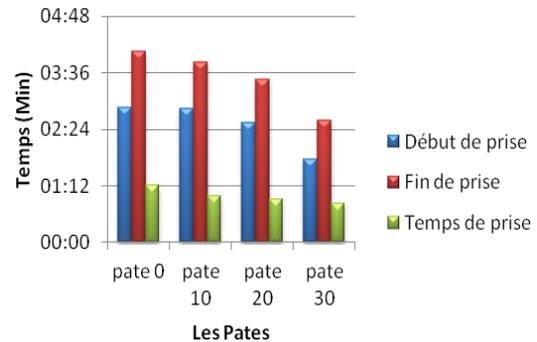


Figure 3. Influence des dosages de vase sur la durée de prise.

La figure 3 montre une légère diminution du temps de prise (début et fin) avec l'augmentation du pourcentage d'ajout par rapport au ciment. Cela est dû au remplacement du ciment par l'ajout. Les temps de début et de fin de prise diminuent proportionnellement avec l'augmentation de la finesse de mouture de ciment et vase. Ce qui veut dire que la cinétique d'hydratation du liant devient de plus en plus rapide en fonction de l'augmentation de la finesse [7]. D'une façon générale le temps de prise des pâtes ne semblent pas trop affectés par la présence de la vase, d'où l'intérêt de la valorisation est à jusqu'à 30% de substitution

### III.3 Essai d'affaissement

On a procédé à des gâchages de béton de telle sorte que le plastifiant procure aux bétons une même ouvrabilité, à consistance plastique. La valeur de l'affaissement au cône d'Abrams pour tous les bétons est donnée par la figure 4.

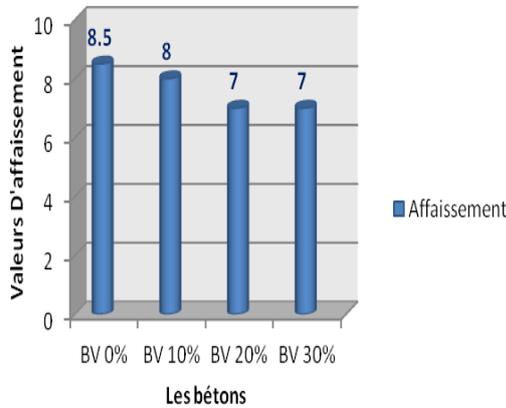


Figure 4. Affaissements liés aux bétons confectionnés.

Les affaissements des bétons d'étude sont conformes à la norme NF P 18-451 et à l'affaissement exigé pour la formulation de nos bétons (8±1).

### III.4 Influence de la vase sur le taux du plastifiant

Pour garder un rapport E/L constant, et pour que l'affaissement soit acceptable; on a introduit un plastifiant dans la formulation des différents bétons d'étude comme c'est indiqué dans la figure 5.

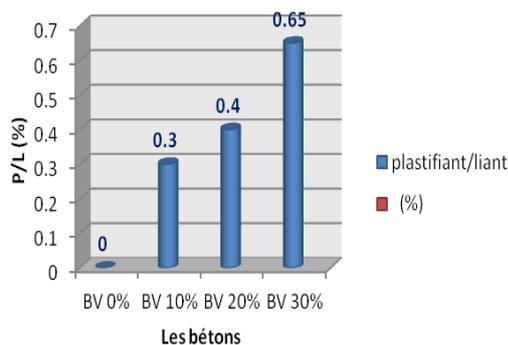


Figure 5. Taux d'adjuvant en fonction du liant.

Le pourcentage de l'adjuvant augmente proportionnellement à celui de la vase. La plage d'utilisation recommandée par le producteur de l'adjuvant (0,3 à 0.65%) nous a limités dans le taux de substitution de la vase par le ciment surtout pour le dosage de 30% vase.

### III.5 Résistances à la compression

La Figure 6 montre les résistances à la compression des bétons en MPa en fonction du temps.

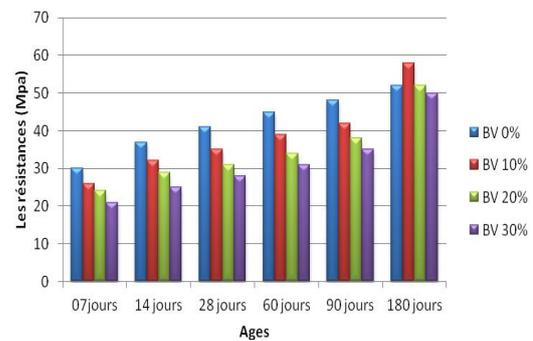


Figure 6. Résistances à la compression des bétons en MPa en fonction du temps.

La figure 6 montre que le béton témoin atteint de bonnes performances à la compression, puisqu'il n'affiche pas moins de 52 MPa à 180 jours. Les résistances mécaniques du béton à base de vase à 10% sont visiblement les meilleures de tous les bétons à base de vase à 180 jours, et tendent en fin de parcours à dépasser celles du béton témoin, et atteint une résistance à la compression avoisinant les 58 MPa. Les autres bétons à base de 20 et 30% de vase donnent aussi des résultats très satisfaisants. Pour mieux visualiser l'évolution de la résistance, nous comparons les différents rapports du béton à base de vase par rapport au béton témoin [8].

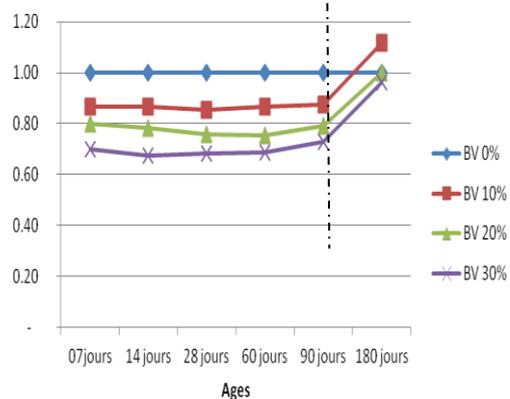
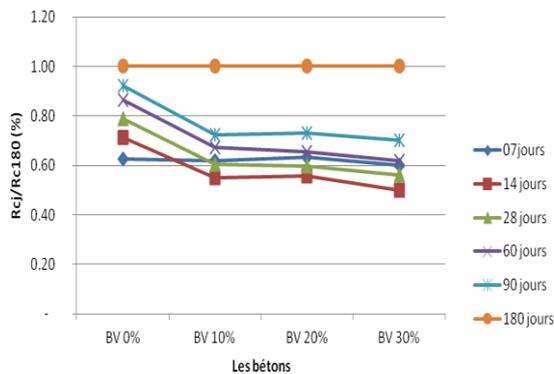


Figure 7. Evolution de la résistance des bétons à base de vase par rapport au béton témoin.

Les résistances restent très intéressantes comme c'est illustré par la figure 7 même si elles continuent à diminuer en fonction d'ajouts de la vase, elles s'incrément dans un fuseau allant de 96% à 112% de  $f_{c28}$  notant 0.96 pour 30%, 1.00% pour 20% et 1.12 pour 10% d'ajout par rapport au béton témoin à 180 jours.

Il y a une diminution lente de tous les bétons entre 7 jours et 90 jours, au-delà de 90 jours jusqu'à 180 jours il y a une évolution rapide pour les bétons à base de vase par contre le béton témoin il reste lent.

Toutefois, il faut analyser ce phénomène sous un autre angle. En effet, il est plus judicieux d'étudier l'évolution des résistances relatives à chaque composition et à chaque échéance en comparant les rapports des résistances ( $R_{c_j} / R_{c28}$ ) relatif à chaque béton. L'évolution des résistances à la compression à j jours par rapport à 180 jours en fonction du temps et du dosage en vase est illustrée par la figure 8.



**Figure 8.** Evolution des résistances à la compression des bétons par rapport à celles de 180 jours en fonction du temps.

Tous les bétons (à base de vase et le béton témoin) développent des résistances proches à celle atteinte à 180 jours, grâce au ciment utilisé (CPA CEM I R) qui est un ciment d'une résistance élevée au jeune âge. Les dosages de 10 et 20% de vase substituée au ciment seront optimales pour développer rapidement des résistances à court terme [9].

Les résistances de béton qui contient une substitution élevée de vase 30% vont probablement évoluer rapidement par rapport aux autres bétons et même dépasser les résistances du béton témoin à moyen et long terme grâce au déclenchement de la réaction pouzzolaniques [10].

#### IV. Conclusion

Notre étude a permis de confirmer la possibilité de valoriser la vase issue du barrage de Chorfa en tant que matériau substituable en partie au ciment

ce qui pourrait résoudre le problème de son stockage et participer au développement écologique et économique de notre pays. La possibilité de valorisation de la vase issue des opérations de dragage des barrages, nous amène à ne plus considérer cette matière comme déchet mais un matériau répondant aux principes du développement durable.

Les principales conclusions aux quelles nous sommes parvenues sont

- Les résultats de la consistance normale montrent que lorsque le taux de vase augmente, il y a une augmentation de la quantité d'eau de gâchage.

- L'augmentation de la surface spécifique Blaine du mélange ciment et vase accélère légèrement la prise.

- La plage d'utilisation recommandée par le producteur de l'adjuvant (0,3 à 0.65%) nous a limités dans le taux de substitution de la vase par le ciment. Le dosage maximal de vase étant de 30%.

- Pour la résistance à la compression des bétons tous les mélanges de bétons à base de vase et celui de référence donnent de bonnes performances mécaniques.

- La vase issue du barrage de Chorfa améliore la résistance à la compression à long terme car elle donne naissance à un second C-S-H qui améliore le remplissage des pores et par conséquent augmente la résistance mécanique [11]. [12].

Les dosages de 10 et 20% de vase substituée au ciment seront optimaux pour développer rapidement des résistances à court terme.

Les résistances de béton qui contient une substitution élevée de vase 30% évoluent lentement par rapport aux autres bétons.

#### V. Références

1. Bouhamou, N; Mostefa, F; Mebrouki, A; Belas Belaribi, N: The valorisation of dredged sediment in the Self Compacting Concrete, ICCSGE 2014 : 16th International Conference on Concrete, Structural and Geotechnical Engineering, Istanbul, Turkey, December 22-23, 2014, International Scholarly and Scientific Research & Innovation 1(12) 2014
2. Abib, Z.; Gaher, H.; Kharchi, F.: l'Influence du Métakaolin sur les propriétés du béton. *Faculté de Génie Civil, Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene Algérie* 27 Aout 2010
3. Qian, X.; Li, Z.: The relationships between stress and strain for high-performance concrete with metakaolin. *Cement and concrete Research* 31 (2001) 1607-1611
4. Siddique, R.; Klaus, J.: Influence of metakaolin on the properties of mortar and concrete. *A review Thapar University, Patiala (Punjab) - 147004, India Applied Clay Science* 43 (2009) 392-400.
5. Norme NA442.; Equiv EN 197-1.: Ciment-composition, spécification et critères de conformité des ciments courants. P15-101-1, comité 37 N°20, (2001).
6. Semcha, A. Propriétés physiques et chimiques de la vase. *Thèse de doctorat soutenue à l'USTO d'Oran (Algérie) et à l'université de Reims (France), 2006.*

7. Benia, B. : Influence de la surface spécifique des ciments aux ajouts minéraux sur le comportement mécanique du mortier et du béton à base de matériaux locaux. *Mémoire de magister. Université de Mohamed Boudiaf M'sila* 2007.
8. Goncal, J.P; Tavares, L.M; Toledo Filho, R.D; Fairbairn, E.M.R: Performance evaluation of cement mortars modified with metakaolin or ground brick, *Construction and Building Materials* 23 (2009) 1971–1979.
9. Sajedi, F: Mechanical activation of cement–slag mortars, *Construction and Building Materials* 26 (2012) 41–48.
10. Vejmelkova, E, Keppert, M, Grzeszczyk, S, Skalinski, B, Cerny, R, Properties of self-compacting concrete mixtures containing metakaolin and blast furnace slag, *Construction and Building Materials* 25 (2011) 1325–1331.
11. Benkaddour, M. : Durabilité des mortiers à base de pouzzolane naturelle et de pouzzolane artificielle. *Revue Nature et Technologie*, 01juin 2009.
12. Mebrouki, A. ; Cyr, M. ; Bouhamou, N. ; Belas Belaribi, N. : Valorisation de matériaux locaux. Etude du comportement mécanique des mortiers incorporant une pouzzolane naturelle algérienne. *Annales du bâtiment et des travaux publics*, N° 3 Juin 2006.

**Please cite this Article as:**

Safer O., Belas N., Belguesmia K., Belaribi O., Mebrouki A., Bouhamou N., Influence de l'incorporation de la vase du barrage Chorfa sur les performances mécaniques des bétons ordinaires, *Algerian J. Env. Sc. Technology*, 3:3-A (2017) 478-484