



Journal of Materials and Engineering Structures

Research Paper

Sédiments de dragage comme ressource alternative pour un mortier cimentaire durable : application des sédiments du barrage de Sekkak en Algérie

Dredged sediments as an alternative resource for sustainable cementitious mortars: application of Sekkak dam sediments in Algeria.

Souheyla Benamar^{a,*}, Sidi Mohammed Aissa Mamoune^a, Rachid Cherif^b, Wafa Nor El-Houda Cherifi^a

^a Laboratoire des Structures Intelligentes, Département Génie Civil et Travaux Publics, Univ. Aïn Temouchent, Algérie.

^b Laboratoire des sciences de l'ingénieur pour l'environnement (LaSIE), UMR CNRS 7356, Univ. La Rochelle, France.

ARTICLE INFO

Historique de l'article :

Recu : 25 Novembre 2025

Révisé : 10 Décembre 2025

Accepté : 10 Décembre 2025

Mots clés:

Sédiments de barrage Sekkak

Vase calcinée

Valorisation

Mortier

Keywords :

Sekkak dam sediments

Calcined sediments

Valorization

Mortar

RESUME

Cette recherche s'inscrit dans une démarche de valorisation de la vase calcinée (VC), obtenue par traitement thermique des sédiments du barrage de Sekkak (wilaya de Tlemcen, Algérie), en tant qu'addition minérale dans les mortiers à base de ciment. L'étude s'est focalisée sur l'effet de différents taux de substitution du ciment par la vase (0, 5, 15, et 35 %) sur la résistance à la compression, la porosité accessible à l'eau et la carbonatation (mesurée dans des conditions accélérées). Les résultats ont mis en évidence un effet bénéfique de la vase sur la résistance à la compression et la durabilité des mortiers, grâce à une réduction de leur porosité ouverte. La vase (VC) utilisée a notamment conduit à une diminution de la résistance à la carbonatation du mortier étudié. Par ailleurs, des équations mathématiques ont été élaborées pour établir une corrélation entre les propriétés mécaniques et physiques étudiées dans ce travail pour des mortiers à base de différents dosages en VC.

ABSTRACT

This paper investigates the effect of incorporating calcined sediments (CS), obtained by heat treating of Sekkak dam sediments in Algeria, as a supplementary cementitious material (SCM), on the durability properties of mortars. Mortars with various proportions of Portland cement substituted with CS were tested. The experimental program covered compressive strength, water porosimetry and accelerated carbonation. The results show that cement substitution by CS improves the compressive strength of mortars, with an optimum content of 15% for achieving the best compressive strength. The incorporation of CS in mortars reduces their total porosity and resistance to carbonation due to the consumption of portlandite by pozzolanic reactions. Additionally, mathematical equations were developed to establish a correlation between the mechanical and physical properties of mortars based on different CS content.

* Corresponding author.

E-mail address: souheyla.benamar@univ-temouchent.edu.dz

1 Introduction

Depuis plusieurs décennies, l'industrie du béton utilise des pouzzolanes naturelles et artificielles pour améliorer les performances mécaniques et la durabilité des bétons hydrauliques. Les matériaux ultrafins, comme la fumée de silice, se révèlent particulièrement efficaces, même si leur disponibilité reste limitée. Dans ce contexte, les métakaolins (argiles calcinées) apparaissent comme une alternative prometteuse en raison de leur abondance et de leur faible coût de production. L'utilisation de sous-produits locaux, comme les argiles calcinées, dans la fabrication de béton permet de répondre à des enjeux économiques, technologiques et environnementaux.

L'Algérie dispose de 80 immenses barrages d'une capacité de stockage totale de 8,62 milliards de m³ [1]. Toutefois, l'envasement constitue un problème majeur, avec une perte estimée à 1,28 milliard de mètres cubes (soit 14,8 % de la capacité initiale), susceptible d'atteindre 1,4 milliard de mètres cubes d'ici 2025 [2]. Le dragage des retenues de barrage, notamment des vases, est donc devenu une solution nécessaire pour prolonger la durée de vie des infrastructures. Toutefois, le stockage de ces sédiments constitue un défi environnemental. Dans ce contexte, plusieurs études récentes [3,4] ont exploré la valorisation de ces sédiments en tant qu'additions minérales. Les études ont toutefois montré que les vases calcinées présentent une réactivité pouzzolanique marquée et accélèrent l'hydratation du ciment. Hadj-Sadok *et al.* [5] ont montré que l'utilisation de sédiments calcinés dans les matériaux cimentaires entraîne des réactions chimiques entre la portlandite et les particules de la vase, ce qui conduit à la formation de gel de silicates de calcium hydratés (C-S-H), et donc à l'augmentation des produits de l'hydratation (le C-S-H et les aluminates de calcium hydratés (C-A-H)) avec le développement de la réaction pouzzolanique des sédiments calcinés. De nombreuses recherches ont démontré leur potentiel comme substituts partiels du clinker ou en tant qu'ajouts pouzzolaniques permettant d'améliorer les performances des matériaux cimentaires, à condition qu'ils soient employés en quantité limitée [6,7]. Safer [8] a remarqué qu'après 90 jours de durcissement, la résistance à la compression des bétons contenant 10 et 20 % de vase était supérieure à celle du béton de référence. Plus récemment, Benkabouche *et al.* [9] ont montré que la substitution du ciment par 15 % de vase donnait les meilleures résistances à la compression des mortiers, mais celles des mortiers contenant 20 et 30 % de vase restait inférieure à celle du mortier témoin. Ils ont également constaté que l'utilisation de la vase permettait d'améliorer la durabilité des mortiers, ce qui corrobore les résultats de Benzerzour *et al.* [10], qui ont constaté que la porosité de ceux contenant 10 % de vase était presque identique à celle du mortier de référence. Des observations similaires ont été faites par Dang *et al.* [11].

En somme, la valorisation des sédiments calcinés semble donc être une alternative très prometteuse pour améliorer les propriétés physiques, mécaniques et de durabilité des matériaux cimentaires.

L'étude porte plus particulièrement sur le barrage de Sekkak, situé dans la région de Tlemcen, où le taux annuel d'envasement est estimé à 1,1 % [12]. Les sédiments prélevés ont été analysés dans le but d'évaluer leur potentiel en tant qu'ajouts minéraux dans la formulation de mortiers ordinaires. L'impact de ces ajouts sur la résistance à la compression, la porosité accessible à l'eau, ainsi que sur la carbonatation a été examiné, et une relation mathématique entre ces propriétés a été mise en évidence.

2 Matériaux

2.1 Propriétés des matériaux utilisés

Le liant utilisé dans cette étude est un ciment de type CEM II/B-L 32.5 N, fourni par la cimenterie de Béni-Saf (wilaya d'Aïn Témouchent). Ses caractéristiques physico-chimiques sont conformes à la norme NA 442/2013. Il se caractérise par une surface spécifique Blaine (SSB) de 3410 cm²/g et une densité de 3,02 (conformes à la norme européenne NF EN 197-1). L'addition minérale étudiée est une boue (vase) issue du barrage de Sekkak (wilaya de Tlemcen). Afin d'améliorer son activité pouzzolanique, celle-ci a subi un traitement thermique : broyage ($D \leq 80 \mu\text{m}$), séchage à 105 °C, puis nouveau broyage ($D \leq 80 \mu\text{m}$), et calcination à 700 °C pendant 3 heures. Ce traitement thermique permet d'obtenir une réactivité pouzzolanique de la vase une fois introduite dans le matériau cimentaire. Le matériau obtenu présente une densité absolue de 2,6 g/cm³ et une surface spécifique Blaine de 7130 cm²/g. Les compositions chimiques du ciment et de la vase, sont présentées dans le Tableau 1.

Le sable utilisé pour la formulation des mortiers est un sable silico-calcaire, combiné à deux sables différents : 80 % d'un sable de nature siliceuse (0/2 mm) et 20 % d'un sable de nature calcaire (0/4 mm), avec un module de finesse de 2,32.

Tableau 1 - Composition chimique du ciment et de la vase calcinée du barrage de Sekkak.

Oxydes (%)	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃	RI	PF
CEM II/B-L	14.42	5.20	2.85	63	1.05	0.22	0.28	0.99	1.50	10.80
Vase calcinée	49.60	18.80	8.12	17.30	2.58	2.74	0.34	0.13	0.20	1.00

2.2 Formulation et préparation des échantillons

Dans ce travail, les mortiers ont été confectionnés selon la norme NF EN 196-1, avec un rapport E/L constant de 0,45 pour toutes les formulations étudiées, afin de mettre en évidence l'influence des différents dosages de vase (VC). Trois dosages de VC (5, 15 et 35 %) ont été utilisés pour remplacer une quantité de ciment dans les mortiers testés. Quatre formulations de mortier ont été élaborées dans le Tableau 2, incorporant différents dosages de la VC. Ces mortiers sont notés respectivement : MC pour le mortier de contrôle (0 % de VC), MV5 (5 % de VC), MV15 (15 % de VC) et MV35 (35 % de VC). Il convient de noter qu'un adjuvant superplastifiant a été employé durant cette étude afin de viser une maniabilité comparable pour tous les mortiers. Il s'agit d'un superplastifiant polycarboxylate (CHRYSO Fluid Premia 180) dont la densité est de 1.05 g/cm³.

Des éprouvettes prismatiques de (40 x 40 x 160) mm³ ont ainsi été préparées selon la norme NF EN 196-1, puis conservées à une température d'environ 20 °C. Une fois démoulées (après 24 heures), les éprouvettes ont été stockées dans de l'eau à 20 ± 2 °C jusqu'au jour de l'essai prévu. Pour chacun des quatre mortiers, plus de 25 éprouvettes de dimensions (40 x 40 x 160) mm³ ont été confectionnées pour chaque essai.

Tableau 2 - Compositions des mortiers testés.

Mortiers	E/L	Ciment (g)	Vase calcinée (g)	Sable (g)	Super-plastifiant (%)
MC (0% VC)	0.45	450	0	1350	0.24
MV5 (5% VC)	0.45	427.5	22.5	1350	0.24
MV15 (15% VC)	0.45	382.5	67.5	1350	0.35
MV35 (35% VC)	0.45	292.5	157.5	1350	0.94

3 Procédures expérimentales et méthodes

3.1 Résistance à la compression

Dans le cadre de cette étude, un essai de résistance à la compression uniaxiale a été réalisé sur trois éprouvettes de mortier de dimensions (40 × 40 × 160) mm³ conformément à la norme EN 1015-11, à l'aide d'une presse hydraulique. Les résultats présentés correspondent aux valeurs moyennes des mesures obtenues. Cette résistance a été déterminée pour les quatre formulations de mortier à l'âge de 7, 28 et 90 jours.

3.2 Porosité accessible à l'eau

La porosité accessible à l'eau a été déterminée par la méthode de pesée hydrostatique, conformément au protocole recommandé par l'AFPC-AFREM [13]. Cette méthode, élémentaire et applicable à une large variété de matériaux cimentaires (pâtes, mortiers, bétons), constitue un indicateur clé pour l'évaluation et la prévision de la durabilité des matériaux. L'essai a été réalisé sur des éprouvettes de mortier de dimensions (40 × 40 × 16) mm³ à l'âge de 90 jours. Pour chaque formulation, trois échantillons ont été analysés. Le principe de la méthode repose sur la quantification des vides présents dans le mortier à base de VC. Pour ce faire, une pompe à vide, un dessiccateur et de l'eau distillée ont été utilisés. Trois mesures de masse sont effectuées : celle de l'échantillon saturé (après imprégnation sous vide), celle immergée dans l'air (tout en étant encore imbibé), et enfin, celle sèche, obtenue après un séchage en étuve ventilée à 105 °C jusqu'à stabilisation (écart inférieur à 0,05 % entre deux pesées espacées de 24 heures). La porosité accessible à l'eau est ensuite calculée à l'aide de l'équation présentée ci-après (cf. équation 1).

$$\varepsilon = \frac{M_{air} - M_{sec}}{M_{air} - M_{eau}} \times 100 \quad (1)$$

Où, ε est la porosité accessible à l'eau (%), M_{air} est la masse de l'éprouvette saturée d'eau pesée dans l'air (g), M_{eau} est la masse de l'éprouvette saturée d'eau pesée dans l'eau (g) et M_{sec} est la masse de l'éprouvette sèche pesée dans l'air (g).

3.3 Carbonatation accélérée

Dans cette étude, l'essai de carbonatation accélérée des mortiers a été réalisé selon le protocole AFPC-AFREM [13]. Le pré-conditionnement des échantillons comprend un séchage à l'étuve à 40 °C pendant deux jours, suivi d'un séjour de 14 jours dans un dessiccateur maintenu à une humidité relative de $66 \pm 2\%$ et une température de 20 ± 2 °C, afin de stabiliser les échantillons à température ambiante. Par la suite, les échantillons sont placés dans une enceinte de carbonatation, où les conditions sont contrôlées : humidité relative de $66 \pm 2\%$, température de 20 ± 2 °C et concentration en dioxyde de carbone (CO_2) de $50 \pm 2\%$. Des éprouvettes prismatiques de dimensions $40 \times 40 \times 160$ mm³, âgées de 90 jours, ont été soumises au test. Pour chaque formulation de mortier, trois éprouvettes ont été analysées. La profondeur de carbonatation a été mesurée après 15 et 30 jours d'exposition au CO_2 , en pulvérisant une solution de phénolphthaléine à 1 % sur la surface d'essai. Les mesures ont été prises à l'aide d'un pied à coulisse (Vernier) avec une précision de 0,01 mm, en réalisant quatre relevés sur les quatre côtés de la section transversale (40×40 mm²) de chaque échantillon. La valeur retenue correspond à la moyenne de ces quatre mesures.

4 Résultats et discussion

4.1 Impact de l'incorporation de la vase calcinée sur la résistance à la compression du mortier

Les résultats présentés dans la Fig. 1 indiquent que la résistance à la compression de tous les mortiers (MC et mortiers à base de vase) augmente avec l'âge des échantillons testés.

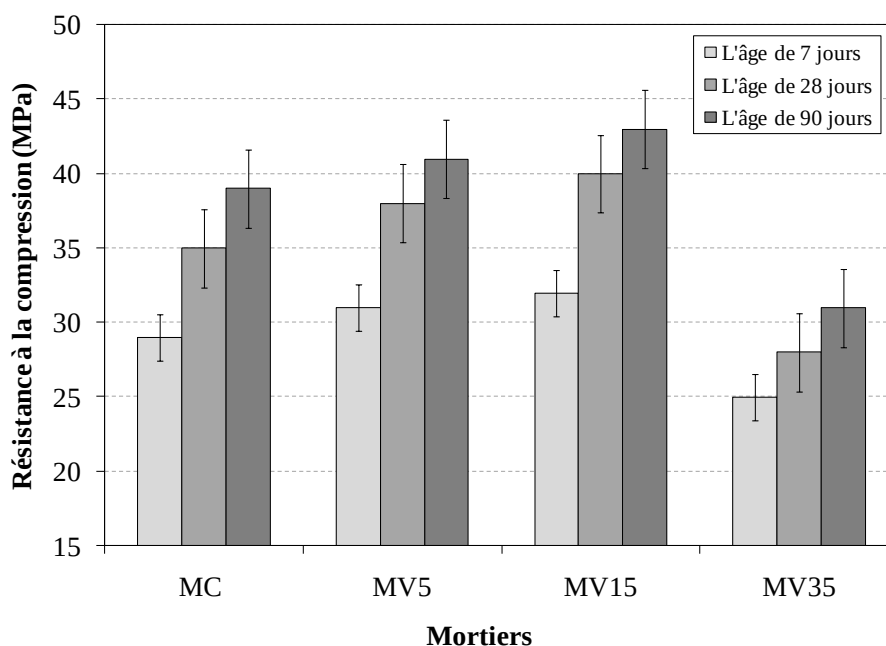


Fig. 1 - Résistance à la compression des mortiers à base de la vase (VC).

À un jeune âge (7 jours), la résistance à la compression des mortiers modifiés par la vase est inférieure à celle du mortier témoin MC. Cela peut s'expliquer par une hydratation incomplète du ciment à un âge précoce, ce qui réduit la résistance. À des stades ultérieurs du durcissement, les résultats sont inversés, en raison du développement de la microstructure du mortier par les produits des réactions pouzzolaniques de la vase, ce qui conduit à une augmentation de la résistance mécanique. Par conséquent, à 28 jours, les mortiers à base de vase ont une résistance à la compression supérieure à celle du mortier de contrôle (en fonction du dosage de la vase utilisée dans le mortier).

Les augmentations de la résistance à la compression par rapport à celle du mortier témoin sont d'environ 9 et 14 %, respectivement pour les mortiers contenant 5 et 15 % de VC. Cette amélioration est attribuée à l'effet de remplissage, à l'accélération de l'hydratation et aux réactions pouzzolaniques de la vase avec la portlandite (CH) présente dans la matrice cimentaire, ce qui entraîne une production accrue de C-S-H. Le mortier avec un dosage de 15 % de VC (MV15) offre les meilleures résistances à la compression à tous les âges (7, 8 et 90 jours). À 90 jours, l'amélioration de la résistance pour le mortier MV15 est d'environ 25 % par rapport au mortier témoin (MC). En revanche, une diminution de la résistance à la compression est observée pour le mortier avec un dosage de 35 % de VC (MV35), soit une baisse d'environ 18 % par rapport au mortier témoin (sans ajout). De plus, le mortier MV35 présente toujours les résistances à la compression les plus faibles, quel que soit l'âge du mortier (inférieures à celles du mortier témoin). À un dosage dépassant 15% de VC, la résistance à la compression du matériau diminue, ce qui est conforme aux résultats indiqués dans la littérature [9,11].

4.2 Impact de l'incorporation de la vase calcinée sur la porosité accessible à l'eau du mortier

Les résultats de la porosité ouverte (accessible à l'eau) des mortiers étudiés à l'âge de 90 jours sont présentés à la Fig 2. Les valeurs de porosité des mortiers modifiés avec de la VC sont inférieures à celles du mortier témoin et varient presque proportionnellement avec le dosage de VC ajouté à celui-ci par substitution partielle de ciment. Cela confirme que le mortier de référence (MC) a une structure plus poreuse que les mortiers à base de VC.

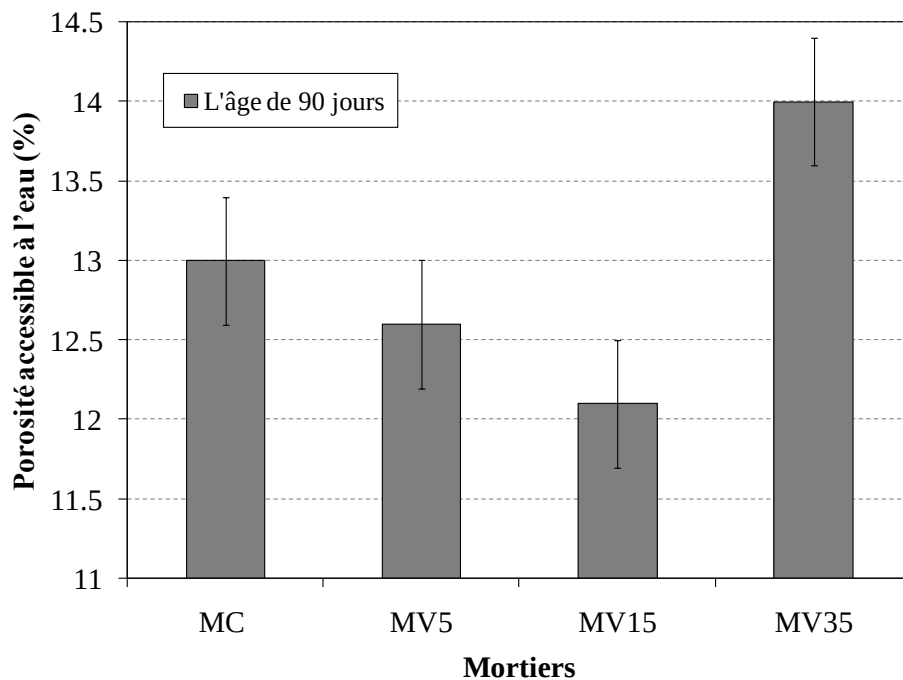


Fig. 2 - Porosité accessible à l'eau des mortiers à base de la vase (VC).

La porosité ouverte des mortiers contenant 5 % et 15 % de VC a diminué respectivement de 3 % et 7 % par rapport à celle du mortier témoin (MC). Ces diminutions de porosité peuvent s'expliquer par la densification de la matrice cimentaire grâce aux produits issus de la réaction pouzzolanique et à l'effet filler de l'ajout utilisé dans cette étude (la VC). Ces résultats sont en accord avec l'étude de Safer *et al.* [14] réalisée sur la vase du barrage de Chorfa. En outre, dans le cas de mortiers contenant 35 % de VC, la valeur de la porosité est supérieure à celle obtenue avec le mortier témoin. Cela suggère que le remplacement de 35 % du ciment par de la VC modifie fondamentalement le réseau capillaire des pores du mortier, ce qui pourrait confirmer les résultats de la résistance à la compression donnés ci-dessus (cf. section 4.1).

4.3 Impact de l'incorporation de la vase calcinée sur la profondeur de la carbonatation accélérée du mortier

L'évolution de la cinétique de la carbonatation accélérée des mortiers étudiés à l'âge de 90 jours est illustrée dans la Fig. 3. Les premières observations indiquent que la profondeur de carbonatation augmente avec la durée d'exposition au CO₂. Après 15 jours, tous les mortiers présentent des traces de carbonatation (de 1 à 3 mm), mais au bout de 30 jours, une différence

notable apparaît : les mortiers contenant de la vase montrent une carbonatation plus avancée que le mortier témoin (sans ajout). Cette progression est d'autant plus marquée que la teneur en VC est élevée. Les mêmes constatations ont été faites par Benzerzour *et al.* [10] à ce propos. Ainsi, le mortier témoin (MC) se distingue par la meilleure résistance à la carbonatation.

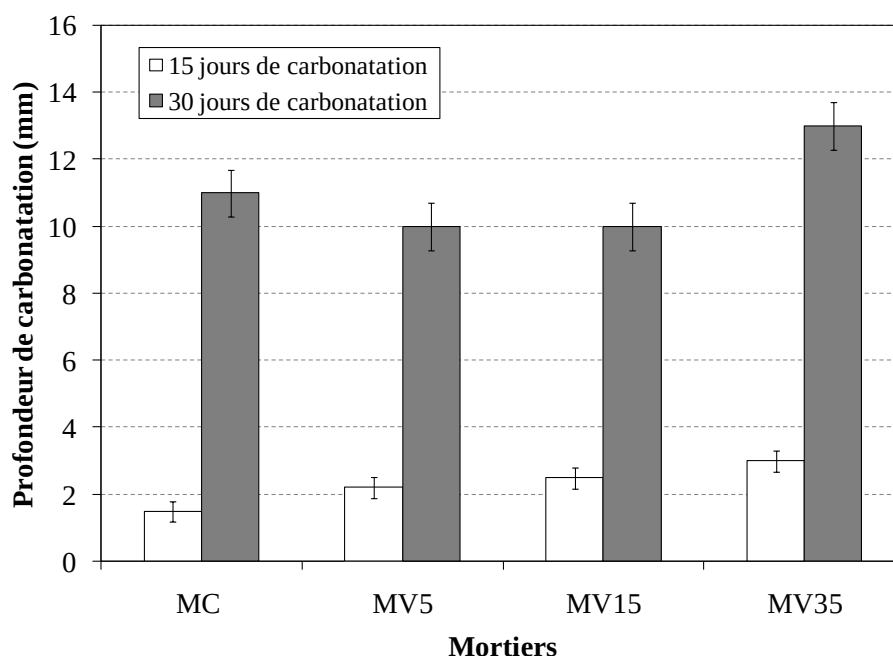


Fig. 3 - Profondeur de la carbonatation accélérée des mortiers à base de la vase (VC).

Par ailleurs, les résultats révèlent que le mortier MV35, contenant 35 % de VC, présente la plus grande profondeur de carbonatation, atteignant 13 mm après 30 jours. Cette faible résistance peut s'expliquer par la teneur réduite en portlandite dans les mortiers contenant de la VC, due à sa consommation dans les réactions pouzzolaniques. Cela limite la formation de produits carbonatés et augmente la porosité du matériau, facilitant ainsi la diffusion du CO_2 . En revanche, la bonne résistance du mortier témoin semble liée à une teneur plus élevée en portlandite initiale, favorisant la formation de produits de carbonatation et réduisant la porosité, ce qui freine la pénétration du CO_2 . Les mêmes constatations ont été faites par Morandea *et al.* [15] à ce propos.

4.4 Relation entre la résistance à la compression, la porosité accessible à l'eau et la profondeur de carbonatation accélérée des mortiers à base de la vase calcinée

La Fig. 4 illustre respectivement la relation entre la résistance à la compression et la porosité accessible à l'eau, la relation entre la résistance à la compression et la profondeur de carbonatation, ainsi que la variation de la porosité accessible à l'eau en fonction de la profondeur de carbonatation pour les mortiers étudiés à l'âge de 90 jours. Une forte corrélation a été observée entre la résistance à la compression, la porosité accessible à l'eau et la profondeur de carbonatation. La Fig. 4(a) et la Fig. 4(b) montrent clairement que, plus la résistance à la compression augmente, plus la porosité accessible à l'eau et la profondeur de carbonatation diminuent. Cette évolution peut être représentée par une équation linéaire, les droites ajustées aux données expérimentales présentant des coefficients de détermination R^2 élevés, respectivement de 0,974 et 0,971. Ainsi, à partir des équations présentées dans la Fig. 4(a) et la Fig. 4(b), il est possible d'estimer avec une bonne précision la porosité accessible à l'eau et la profondeur de carbonatation d'un mortier, en se basant uniquement sur sa résistance à la compression, en raison de leur interdépendance marquée. De même, la variation de la porosité accessible à l'eau en fonction de la profondeur de carbonatation des mortiers contenant de la vase suit également une tendance linéaire, avec un coefficient de détermination R^2 supérieur à 0,93. La profondeur de carbonatation des mortiers augmente avec l'augmentation de la porosité. Par conséquent, l'équation présentée dans la Fig. 4(c) peut être considérée comme une équation générale pour prédire la profondeur de carbonatation du mortier à partir de sa valeur de la porosité accessible à l'eau.

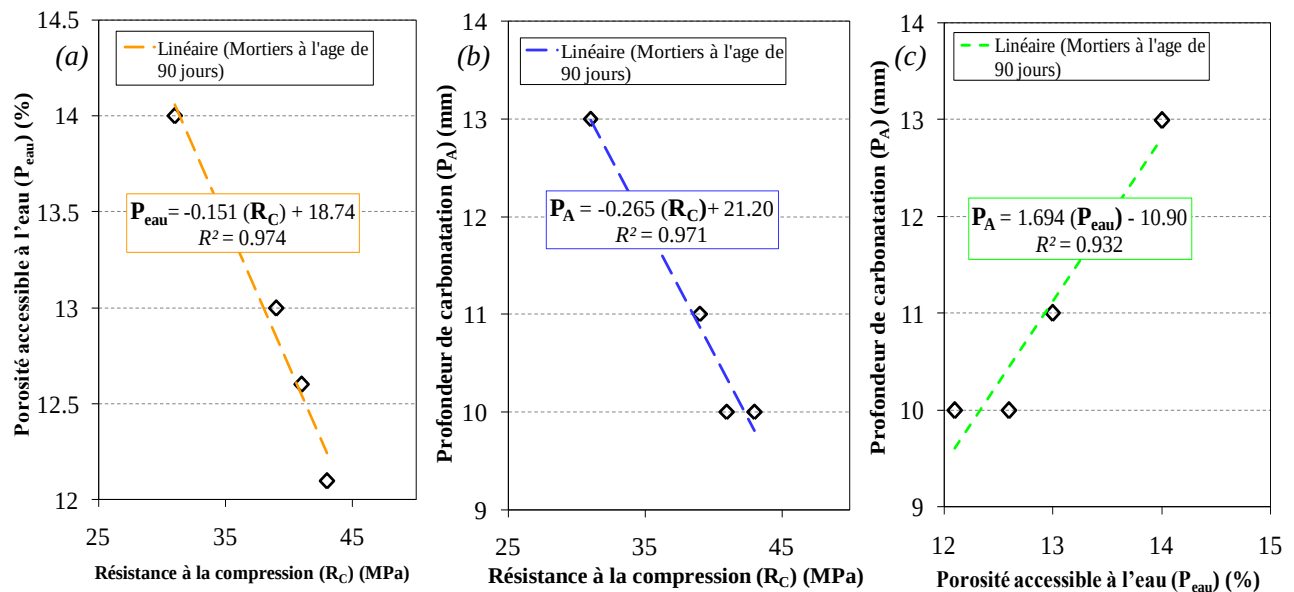


Fig. 4 - Corrélation entre les propriétés étudiées des mortiers à base de VC.

5 Conclusion

Les sédiments provenant du barrage de Sekkak (wilaya de Tlemcen), présentent un potentiel intéressant en tant qu'ajout minéral dans la fabrication de matériaux cimentaires, à condition d'être préalablement calcinés. Le traitement thermique appliqué (une calcination à 700 °C pendant 3 heures) et la finesse atteinte ont permis d'accroître de manière significative l'activité pouzzolanique de la vase. Ce gain d'activité s'est traduit par une amélioration notable des propriétés de durabilité du mortier, notamment par une réduction de la porosité et une augmentation de la résistance à la compression à long terme. Il a été déterminé que le taux optimal de substitution pour maximiser cette résistance est de 15 % de vase calcinée. Au-delà de ce pourcentage, la résistance diminue. Cette diminution est particulièrement visible à long terme. La substitution partielle du ciment par la VC entraîne une diminution significative de la résistance à la carbonatation du mortier. La profondeur de la carbonatation augmente lorsque la teneur du mortier en VC est plus élevée. Une analyse de corrélation a révélé une relation linéaire parfaite entre les mesures expérimentales de la résistance à la compression, la porosité accessible à l'eau et la profondeur de la carbonatation dans l'ensemble des différents mortiers étudiés.

Les sédiments du barrage de Sekkak offrent des perspectives prometteuses pour une production cimentaire plus durable et économique. Leur utilisation requiert toutefois le respect des normes techniques en vigueur, tout en contribuant à la valorisation des ressources locales.

RÉFÉRENCES

- [1]- Knoema, Algeria total dam capacity, 1958-2022. Knoema (2023).
- [2]- Agence Nationale des Barrages et Transferts, Portail Cartographique des barrages en Algérie. ANBT (2022).
- [3]- S. Nassar, Valorisation des sédiments de dragage dans les constructions en terre. Thèse de doctorat, Université de Bordeaux (2024).
- [4]- M. Hussain, I. Lamrous, A. Provost, N. Leblanc, H. Zmamou, D. Levacher, A. Kane, Recovery and Restructuring of Fine and Coarse Soil Fractions as Earthen Construction Materials. Sustainability, 16(20) (2024) 8952. <https://doi.org/10.3390/su16208952>
- [5]- R.H. Sadok, N. Belas, M. Tahlaiti, R. Mazouzi, Reusing calcined sediments from Chorfa II dam as partial replacement of cement for sustainable mortar production. J. Build. Eng., 40 (2021) 102273. <https://doi.org/10.1016/j.job.2021.102273>
- [6]- Y. Muy, Sédiment activé par calcination flash comme ajout minéral en substitution du ciment portland. Acad. J. Civ. Eng., 39(1) (2021) 218-226. <https://doi.org/10.26168/ajce.39.1.41>
- [7]- M. Benzerzour, Y. Abriak, Valorisation des sédiments de dragage et des granulats de béton recyclés. Thèse de

doctorat, Ecole nationale supérieure Mines-Télécom Lille Douai, Université de Sherbrooke (2023).

- [8]- O. Safer, Optimisation de la formulation d'un éco-béton à base de sédiments de dragage et étude de sa résistance aux attaques chimiques. Thèse de doctorat, Université de Mostaganem (2017).
- [9]- A. Benkabouche, A. Amar, M. Benzerzour, N.E. Abriak, M. T'kint, M. Mouli, The Influence of external sulfate attack on the durability of reinforced mortars in the presence of calcined river sediments. *Materials*, 16(20) (2023) 6684. <https://doi.org/10.3390/ma16206684>
- [10]- M. Benzerzour, W. Maherzi, M.A. Amar, N.E. Abriak, D. Damidot, Formulation of mortars based on thermally treated sediments. *J. Mater. Cycles Waste Manag.*, 20 (2018) 592-603. <https://doi.org/10.1007/s10163-017-0626-0>
- [11]- T.A. Dang, Valorisation des sédiments marins bretons comme matériaux de construction. Thèse de doctorat, Université INSA de Rennes (2011).
- [12]- Z.E.A. Kameche, M.K. Guellil, M. Djelil, Valorization of mud from Sekkak Dam for sustainable cement mortar production. Third International Civil Engineering Seminar of Bechar, Algeria (2023).
- [13]- A.F.P.C.-A.F.R.E.M, Détermination de la masse volumique apparente et de la porosité accessible à l'eau. In: Ollivier, J.P., éditeur: Durabilité des bétons, Méthodes recommandées pour la mesure des grandeurs associées à la durabilité (1997) 121-124.
- [14]- O. Safer, N. Belas, O. Belaribi, K. Belguesmia, N. Bouhamou, A. Mebrouki, Valorization of dredged sediments as a component of vibrated concrete: Durability of these concretes against sulfuric acid attack. *Int. J. Concr. Struct. Mater.*, 12(1) (2018) 44. <https://doi.org/10.1186/s40069-018-0270-7>
- [15]- A. Morandeau, M. Thiery, P. Dangla, Investigation of the carbonation mechanism of CH and CSH in terms of kinetics, microstructure changes and moisture properties. *Cem. Concr. Res.*, 56 (2014) 153-170. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2013.11.015>