

Influence of perlite on the mechanical behavior, capillary absorption and thermal conductivity of mortars

Influence de la perlite sur le comportement mécanique, l'absorption capillaire et la conductivité thermique des mortiers

Article Info:

Article history: Received 2024-01-06 / Accepted 2024-05-13/ Available online 2024-05-13

doi: 10.18540/jcecv110iss3pp18800



Omar Belaribi

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-4110-4752>

Laboratory of Construction, Transport and Environmental Protection, Department of Civil Engineering, Faculty of Science and Technology, Abdelhamid Ibn Badis University, Mostaganem 27000, Algeria.

E-mail: omar.belaribi@univ-mosta.dz

Omar Safer

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7290-3557>

Innovative Materials Laboratory and Renewable Energies, Department of civil Engineering, Faculty of Science and Technology, University of Relizane, Bourmadia 48000 Relizane, Algeria.

E-mail: omar.safer@univ-relizane.dz

Nadia Belas

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0102-7937>

Laboratory of Construction, Transport and Environmental Protection, Department of Civil Engineering, Faculty of Science and Technology, Abdelhamid Ibn Badis University, Mostaganem 27000, Algeria.

E-mail: nadia.belas@univ-mosta.dz

Khalil Belguesmia

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-7129-6935>

Laboratory of Construction, Transport and Environmental Protection, Department of Civil Engineering, Faculty of Science and Technology, Abdelhamid Ibn Badis University, Mostaganem 27000, Algeria.

E-mail: bel-khalil@live.fr

Rachid Hadj Sadok

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-9401-6693>

Department of Technology, Faculty of Sciences and Technology, Djilali Bounaama University, Khemis Miliana, 44225, Algeria.

E-mail: rachid.hadjsadok.ce@gmail.com

Résumé

Le sol algérien est riche en matériaux pouzzolaniques naturels, tels que la perlite naturelle, dans la région ouest plus précisément Hammam Boughrara à Maghnia (Tlemcen). Malheureusement, ils ne sont pas encore totalement exploités. La perlite, grâce à ses composants chimiques en l'occurrence la silice et l'alumine qui lui procurent des propriétés intéressantes, s'octroie le privilège d'être utilisée comme un ajout minéral actif dans la production du ciment. Cette étude contribue à apporter plus de données relatives à la valorisation de la perlite comme substitut partiel au ciment. Pour ce faire des mortiers contenant différents taux de perlite (0%, 10%, 15%, 20% et 25%) ont été confectionnés. Les comportements des cinq formulations à l'état frais (consistance, maniabilité et prise) et à l'état durci (absorption capillaire, propriétés thermo-physiques et résistances à la

compression) ont été étudiés. Les résultats de l'étude expérimentale prouvent que la perlite de Maghnia influe positivement sur les propriétés des mortiers. La possibilité de l'employer à des dosages allant jusqu'à 25% dans le but de diminuer le taux du ciment implique un avantage économique et écologique. Par ailleurs, un comportement mécanique à compression satisfaisant à long terme pour un taux de perlite de 20%, a été noté. En outre, les mortiers composés de perlite présentent de faibles conductivités thermiques ce qui permet de mettre en évidence l'effet bénéfique de la perlite comme isolant thermique et l'intérêt de valoriser cet ajout.

Mots-clés: Perlite, Mortiers, Absorption capillaire, Conductivité thermique, Résistances à la compression.

Abstract

The Algerian soil is rich in natural pouzzolanic materials, such as natural perlite, in the western region more precisely Hammam Boughrara in Maghnia (Tlemcen). Unfortunately, they're not yet fully exploited. Perlite, thanks to its chemical components, silica and aluminum, which give it interesting properties, has the privilege of being used as an active mineral addition in the production of cement. This study contributes to more data on the valorization of perlite as a partial substitute for cement. For this purpose, mortars containing different levels of perlite (0%, 10%, 15%, 20% and 25%) were manufactured. The behaviors of the five formulations in the fresh state (consistency, workability and setting time) and in the hardened state (capillary absorption, thermal conductivity and compressive strengths) were studied. The results of the experimental study prove that Maghnia perlite has a positive effect on the properties of mortars. The possibility of using it at dosages up to 25% in order to decrease the rate of cement implies an economic and environmental advantage. In addition, long-term satisfactory mechanical strengths behavior for a 20% perlite rate was noted. Furthermore, mortars containing perlite have low thermal conductivity, which highlights the beneficial effect of perlite as a thermal insulator and the importance of enhancing this addition.

Keywords: Perlite, Mortars, Capillary Absorption, Thermal conductivity, Compressive strengths.

1. Introduction

La recherche d'un liant moins coûteux et écologique en utilisant des ajouts industriels et des ressources naturelles, dans l'industrie cimentaire est devenue une préoccupation majeure pour les technologues du domaine (Hamidi., 2014; Huedo *et al.*, 2016; Achour *et al.*, 2024).

Le ciment Portland ordinaire joue un rôle crucial dans l'industrie de la construction, car il consomme non seulement des ressources naturelles, mais entraîne également une augmentation significative des émissions de gaz à effet de serre (Hadj Sadok *et al.*, 2021; Huntzinger *et al.*, 2009; Erdem *et al.*, 2007).

La production de ciment entraîne une émission importante de dioxyde de carbone dans l'atmosphère, ce qui est préoccupant compte tenu de la demande croissante de ciment (Skibsted *et al.*, 2019; Yu *et al.*, 2003; Safer *et al.*, 2018).

Toutefois, il est possible de diminuer les émissions de CO₂ en substituant une partie du ciment par des matériaux pouzzolaniques spécifiques (Safer *et al.*, 2021; Safer *et al.*, 2017; Hadj Sadok *et al.*, 2024).

. On outre, L'utilisation des ajouts cimentaires actifs à caractère pouzzolaniques font actuellement partie des développements les plus récents dans la production du ciment, car leurs utilisations apportent une amélioration des propriétés mécaniques, thermiques et durabilité des matériaux cimentaires à court et à long terme (Hadj Sadok *et al.*, 2022; Belas *et al.*, 2009; Chaib *et al.*, 2024).

La perlite est une roche volcanique aluminosilicate qui peut être utilisée comme ajout pouzzolanique en raison de sa nature vitreuse et de sa composition chimique (70 à 75% de SiO₂, 12 à 18% Al₂O₃) (Belguesmia *et al.*, 2018; Taieb *et al.*, 2018).

L'Algérie est l'un des pays qui possède une quantité appréciable de matériaux pouzzolaniques. (Hadj Sadok *et al.*, 2019; Hadj Sadok *et al.*, 2021).

Il possède un gisement important de perlite près de Hammam Bouhrara situé au nord-ouest de la wilaya de Tlemcen en algérien, d'où l'intérêt d'étudier cette roche comme une addition minérale. (Meral *et al.*, 2004; Erdogan *et al.*, 2013; Chihaoui, 2018).

De nombreux travaux de recherches ont été récemment menés sur l'utilisation de la perlite dans le domaine du génie civil. Ces études ont porté sur la caractérisation physico-chimique, mécanique (Guenanou *et al.*, 2019; Hamadache *et al.*, 2016; Ayed *et al.*, 2022). et la durabilité (Chihaoui *et al.*, 2022; El Mir, 2020). révélant la possibilité d'utilisation de cette perlite (substance d'origine volcanique) en tant qu'ajout cimentaire pouzzolanique (Chikouche *et al.*, 2016; Chaib *et al.*, 2018).

Plusieurs études ont fait l'objet de recherches poussées dans le but de revaloriser et la possibilité de substitution partielle du ciment par l'ajout pouzzolanique dans l'élaboration de pâtes, mortiers et bétons pouzzolaniques (Guemidi *et al.*, 2024; Belaribi *et al.*, 2014).

Lorsque les pouzzolanes naturelles se substituent partiellement à la matrice cimentaire elle contribue à la formation de gels de C-S-H issus de la réaction pouzzolanique qui se déclenche tardivement entre la silice présente dans la perlite et la portlandite générée par l'hydratation du ciment, entraînant la formation de phases cristallines hydratées supplémentaires d'où une structure plus dense, plus compacte et par conséquent une pâte plus résistance (Hamadache, 2018; Stefanidou *et al.*, 2023).

En raison de ses caractéristiques, l'étude des mortiers à base de perlite est un domaine de recherche qui a un fort potentiel de développement. Cependant, même si les chercheurs s'intéressent de plus en plus à ce matériau (la perlite), les mortiers à base de perlite ne sont pas encore acceptés comme matériau de construction et leur utilisation reste encore limitée. Les propriétés de ce mortier sont intéressantes à l'état frais et à l'état durci. Il est donc crucial qu'il soit utilisé dans l'industrie du bâtiment (Bouzidi *et al.*, 2022; Zhang *et al.*, 2024).

Notre objectif est d'étudier la possibilité d'utiliser la perlite en tant que substitut partiel au ciment dans le mortier, et à évaluer son influence sur les résistances mécaniques et les propriétés thermiques.

2. Matériaux et procédures expérimentales

2.1 Matériaux

2.1.1 Ciment

Le ciment utilisé est un CPA-CEMI 42,5 de la cimenterie de Zahana (Mascara, Ouest Algérie) avec une masse volumique absolue de $3,13 \text{ g/cm}^3$ et une surface spécifique Blaine de 3219 g/cm^2 selon la Norme algérienne NA442 (Norme NA442., 2001).

Les compositions, chimique du ciment et minéralogique du clinker, sont données dans les tableaux 1 et 2

Tableau 1. Composition chimique élémentaire du ciment CPA-CEMI I 42,5

Composants	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	MgO	Cl
Contenu (%)	63.10	20.0	4.50	5.50	2.50	0.60	0.20	2.00	0.02

Tableau 2. Composition minéralogique du clinker

C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF
59.68	12.52	2,62	16.73

2.1.2 Perlite

La perlite naturelle utilisée est extraite du gisement de Hammam Bouhrara situé à Maghnia dans la wilaya de Tlemcen, avec une masse volumique absolue de 2.42 g/cm^3 et une surface spécifique Blaine de 4230 g/cm^2 . Ce matériau issu de roches siliceuses (Sengul, 2011).

, est utilisé sous forme d'une poudre tamisée à $80 \mu\text{m}$ dans tous les essais (Figure1).

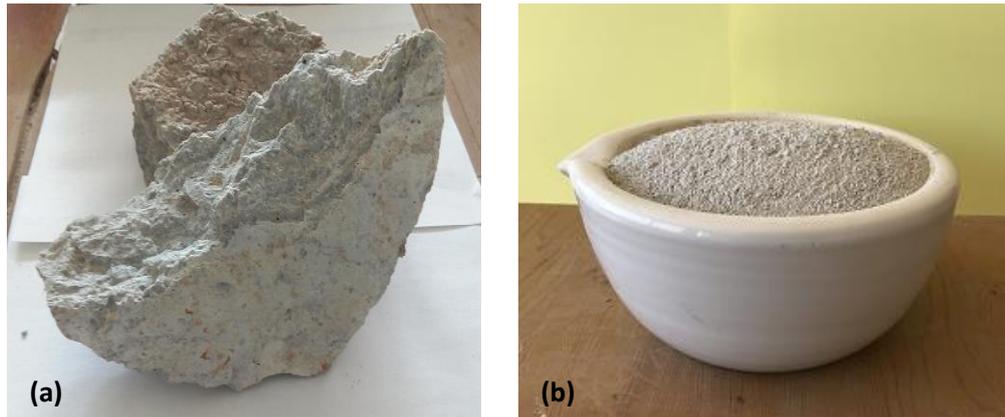


Figure 1 – (a) Roche de la perlite naturelle avant broyage, (b) Poudre de la perlite naturelle après broyage et tamisage.

La composition chimique de la perlite broyée est montrée dans le tableau 3.

Tableau 3. Composition chimique élémentaire de la perlite naturelle.

Composants	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	MgO	Cl	PAF
Contenu (%)	2.25	72.28	14.23	2.45	0.03	2.73	2.77	0.54	0.25	2.37

2.1.3 Le sable

Le sable utilisé est un sable siliceux provenant de la société Adwan, zone industrielle Fornaka à Mostaganem, ouest algérien. Il est initialement préparé pour être classé suivant les normes françaises NF P 15-403 (Norme NF 15 403., 2011). sa courbe granulométrique s'insère dans le fuseau de référence.

Les caractéristiques chimiques et physiques sont représentées dans les tableaux 4 et 5.

Tableau 4. Caractéristiques physiques du sable

Composants	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	TiO ₂	H ₂ O	L.O.I
Contenu (%)	97.2	3.70	0.30	0.003	0.240	0.023	0.02	0.24

Tableau 5. Caractéristiques physiques du sable

Masse Volumique absolue (g/cm ³)	2,79
Masse Volumique apparente (g/cm ³)	1,62
Equivalent de sable (%)	93,5
Module de finesse	1,94
Nature du sable	Siliceux

2.1.4 Adjuvant

L'adjuvant utilisé dans nos mélanges est le PLASTIMENT BV 40 qui est un plastifiant réducteur d'eau énergétique qui augmente la compacité du béton et facilite sa mise en place entraînant ainsi une amélioration des résistances mécaniques.

Il permet de réduire l'eau de gâchage d'environ 10% sans diminuer la maniabilité du témoin et d'améliorer la maniabilité à teneur en eau constante. Les caractéristiques physiques et chimiques de l'adjuvant sont résumées dans le tableau 6.

Tableau 6. Caractéristiques physiques et chimique de l'adjuvant.

Forme	Liquide
Couleur	Brun foncé
Densité	1,180 ± 0,025
Durée de Conservation	3 ans
pH	4,5 ± 1.
Teneur Totale en Ions Chlorure	< 0,1 %.
Extrait Sec	36,6 à 40,4 %
Plage d'utilisation recommandée	0,3 à 1% du poids du ciment
Équivalent Oxyde de Sodium	≤ 2,0 %.

2.2 Procédures expérimentales

2.2.1 Essais sur pâte de ciment

Des essais de consistance normale et de temps de prise ont été effectués sur des pâtes à base de (0, 10, 15, 20 et 25% de perlite substituées partiellement au ciment en utilisant l'appareil de Vicat. La quantité d'eau nécessaire pour que chaque pâte ait une consistance normale était déterminée grâce à la sonde de Vicat selon la méthode décrite dans la norme ASTM C187 (ASTM C187.,1998).

Puis, les pâtes ayant une consistance normale ont été employées pour déterminer les temps de début et fin de prise comme décrit dans la norme ASTM C191 (ASTM C191., 2004).

2.2.2 Essais sur mortiers

Afin d'évaluer l'effet de la perlite sur les propriétés thermo-physiques et résistances mécaniques des mortiers, des éprouvettes de dimensions 40 × 40 × 160 mm³ ont été confectionnées selon les compositions données dans le Tableau 7.

Tableau 7. Formulations des mortiers.

	Mortier témoin	Mortier avec 10% de perlite	Mortier avec 15% de perlite	Mortier avec 20 % de perlite	Mortier avec 25 % de perlite
	0% de perlite				
Ciment (g)	450	428.6	418.8	409.1	399.78
E/C	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Sable (g)	1350	1350	1350	1350	1350
Eau (g)	225	214.3	208.80	204.54	199.89
Perlite (g)	0	42.86	62.83	81.82	99.95
Adjuvant (g)	0	0.3	0.5	1	1.8
Volume de pâte (l/m³)	369	369	369	369	369

2.2.3 Essai de maniabilité

La maniabilité des mortiers frais est déterminée conformément à la procédure de la norme NF P 18-452 (NF P18-452., 1996).

en utilisant un maniabilimètre B montrée sur la figure 2. On mesure le temps que met le mortier pour s'écouler sous l'effet d'une vibration.

La maniabilité des mortiers caractérisés par un rapport E/C et un volume de pâte constant a été gardée commune aux alentours de 12±2 secondes.

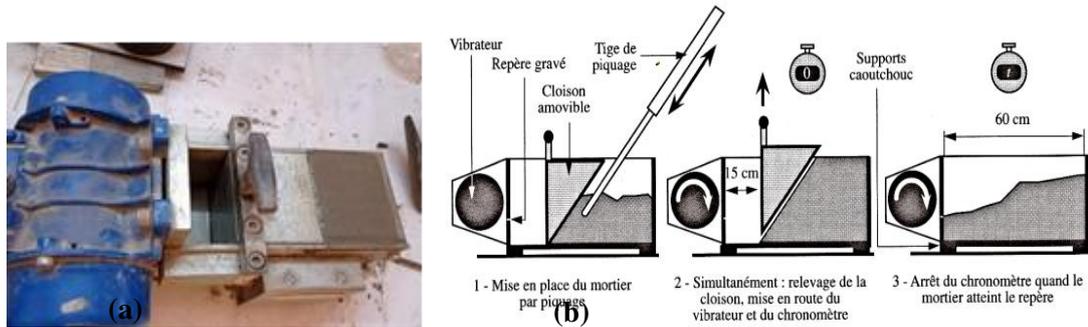


Figure 2 – (a) Maniabilimètre B pour mortier (b) Principe de fonctionnement du maniabilimètre [6].

2.2.4 Essai thermique

L'influence de la substitution du ciment par la perlite sur les propriétés thermiques (EN ISO 6946., 1996). des mortiers a été évaluée à l'aide d'un appareil type "Isomet 2104" (figure 3). C'est un instrument de mesure portable pour la mesure directe du coefficient de conductivité thermique, capacité volumétrique spécifique et la température en utilisant l'échange de seringues et sondes de surface, selon la norme ISO8302 (ISO8302-91., 1991).



Figure 3 – Conductivimètre.

2.2.5 Essais d'absorption capillaire

L'absorption capillaire mesure le taux d'absorption de l'eau par succion capillaire des éprouvettes de mortier, non saturées, mises en contact avec de l'eau sans pression hydraulique. Dans cette étude, l'essai est effectué selon la norme EN 480-5 (EN 480-5., 2006).

Les éprouvettes de $40 \times 40 \times 160 \text{ mm}^3$ sont conservées dans une armoire climatisée maintenue à $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ et à $(65 \pm 5) \%$ d'humidité relative, pesées, puis placées verticalement dans un récipient rempli d'eau à niveau constant $(3 \pm 1) \text{ mm}$ au-dessus de leur base (figure 4).

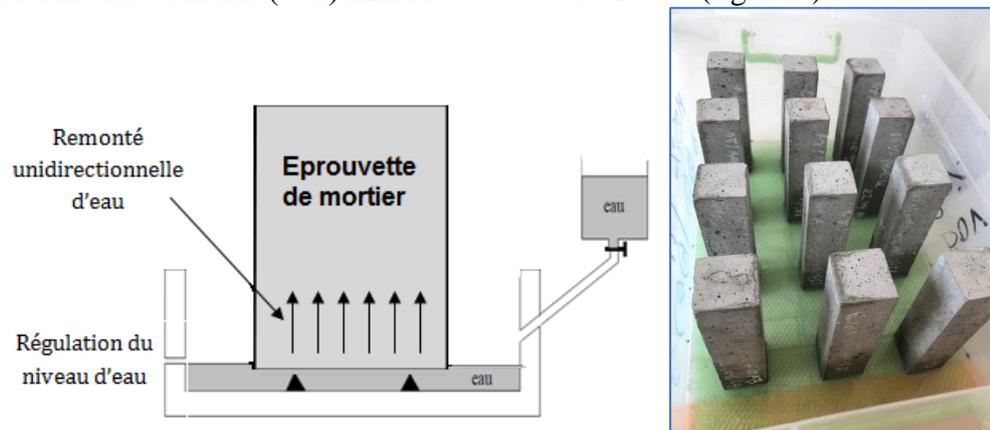


Figure 4 – Essai d'absorption d'eau par capillarité.

2.2.6 Résistances mécaniques

L'essai de résistance à la compression a été réalisé sur des éprouvettes de mortier prismatique $4 \times 4 \times 16 \text{ cm}^3$, suivant la norme EN 196-1 (EN 196-1., 2007). Une fois démoulées, les éprouvettes sont conservées dans l'eau jusqu'à l'échéance déterminée (3, 7, 14, 28, 56, 90 et 180 jours).

L'écrasement de l'éprouvette à l'échéance considérée se fait une fois qu'elle est retirée de son milieu de conservation, essuyée avec un tissu sec.

Par la suite, elle est placée dans la cellule d'écrasement de la presse hydraulique (Figure 5) en appliquant un taux de chargement à une vitesse de déplacement relative entre la platine supérieure et inférieure correspondant à une vitesse de chargement sur le spécimen de 1000N/s.



Figure 5 – Presse pour mortier du laboratoire LCTPE à l'université de Mostaganem.

3. Résultats et discussions

3.1 Consistance et prise des pâtes

Sur la figure 6, on peut clairement voir comment les besoins en eau évoluent afin d'obtenir une consistance normale.

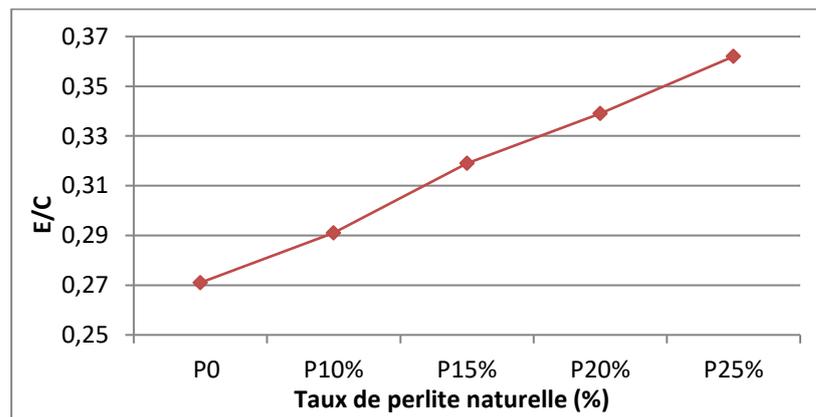


Figure 6 – Variation des rapports E/C en fonction du dosage en perlite.

On peut constater que les besoins en eau des pâtes contenant l'ajout de perlite naturelle sont supérieurs à celui du ciment sans ajout. Par conséquent, à mesure que la quantité de la perlite augmente, les besoins en eau, pour avoir une consistance normale, augmente également.

Ceci est dû probablement au fait que la poudre de perlite a une surface spécifique plus grande, et a donc besoin de plus d'eau lors de la préparation de la pâte. Plusieurs auteurs ont rapporté les

mêmes constatations en utilisant la perlite naturelle ou la pouzzolane naturelle comme addition pouzzolanique pour produire des ciments mélangés (Chaib *et al.*, 2024; Ghrici *et al.*, 2006; Belaribi *et al.*, 2015).

La figure 7 donne les valeurs des temps de début de prise, fin de prise et les temps de prise, obtenus par les essais sur les pâtes témoin et celles contenant 10%, 15%, 20% et 25% de perlite par rapport au dosage du ciment.

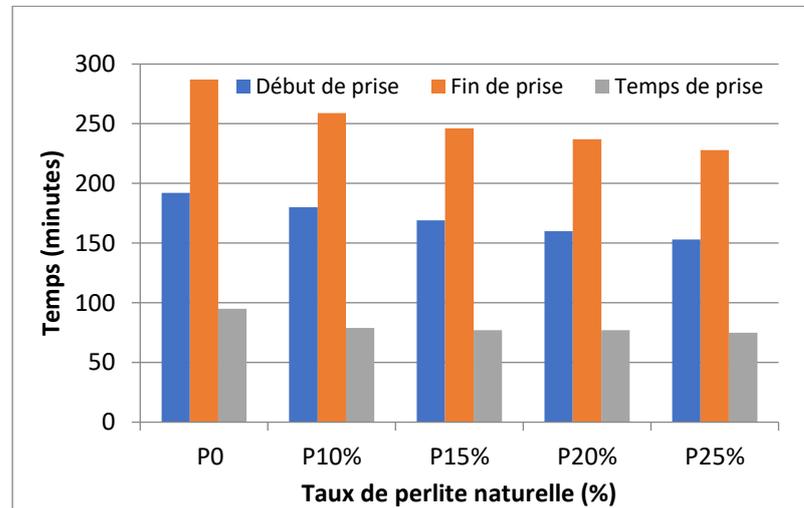


Figure 7 – Evolution des temps de prise des différentes pâtes.

D'après les résultats, il apparaît que l'ajout de la perlite affecte légèrement les temps de prise puisqu'un écart minimal de 19 minutes est enregistré entre la pâte témoin et celle dont 10% ,15%, 20% et 25% de perlite ont été substitués au ciment.

Il ressort des résultats de la figure 7, que remplacer le ciment par de la pouzzolane naturelle accélère le processus d'absorption par rapport à une augmentation de la proportion d'ajout, ce qui est conformes avec les études effectuées par certains chercheurs (Achour *et al.*, 2024; Chaib *et al.*, 2018).

3.2 Maniabilité des mortiers

La comparaison entre plusieurs formulations exige une maniabilité équivalente. Les temps d'écoulement des mortiers contenant la perlite doivent être proches de celui du mortier témoin.

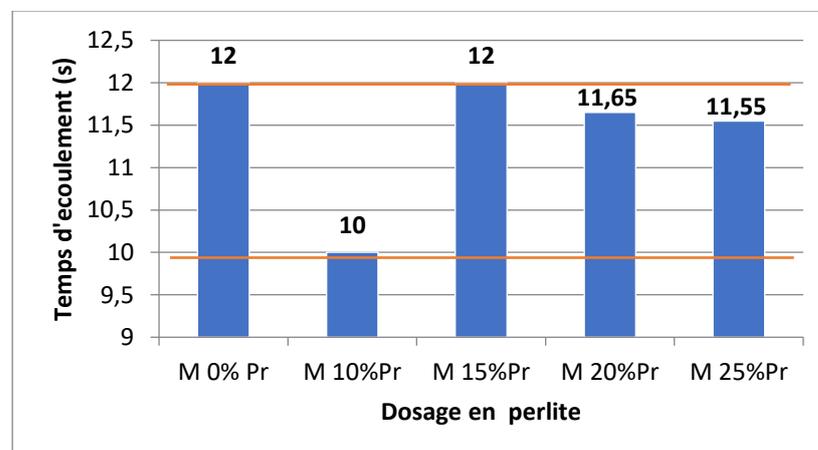


Figure 8 – Temps d'écoulement en fonction du dosage en Perlite des mortiers.

D'après les résultats de la figure 8 on observe que les temps d'écoulements des mélanges avec perlite sont légèrement inférieurs à celui du mortier témoin mais les temps satisfont les conditions. Pour garder une maniabilité plus ou moins constante, on augmente la quantité d'adjuvant nécessaire pour l'obtention d'un mélange maniable et ouvrable (Chihaoui., 2018; Hamadache., 2018).

Plusieurs chercheurs, (Guenanou., 2018; Senhadji., 2013). ont également prouvées que le mortier avec du ciment Portland sans ajout présente une maniabilité supérieure aux mortiers pouzzolaniques. Ainsi, la maniabilité des mortiers pouzzolaniques diminue avec l'augmentation du taux de substitution du ciment par la perlite. Ce qui prouve que l'augmentation du taux de la perlite accroît sensiblement la demande en eau (Chaib *et al.*, 2024; Hamadache., 2018).

3.3 Absorption capillaire

Les résultats obtenus à chaque échéance sont exprimés sous forme de la moyenne des trois valeurs mesurées des éprouvettes 4x4x16 cm³ mises en contact avec l'eau durant sept jours.

La figure 9 représente les résultats obtenus de l'essai d'absorption capillaire des mortiers à base de 10%, 15%, 20% et 25 % de perlite et le mortier témoin.

On utilise la formule (1) pour calculer le coefficient d'absorption capillaire.

$$c = \frac{M_j - M_0}{16} \quad (1)$$

Avec:

C: coefficient d'absorption capillaire (g/cm²)

M₀: est la masse de l'éprouvette après conservation dans l'air pendant 7 jours en grammes.

M_j : est la masse de l'éprouvette après le temps requis d'absorption, en grammes.

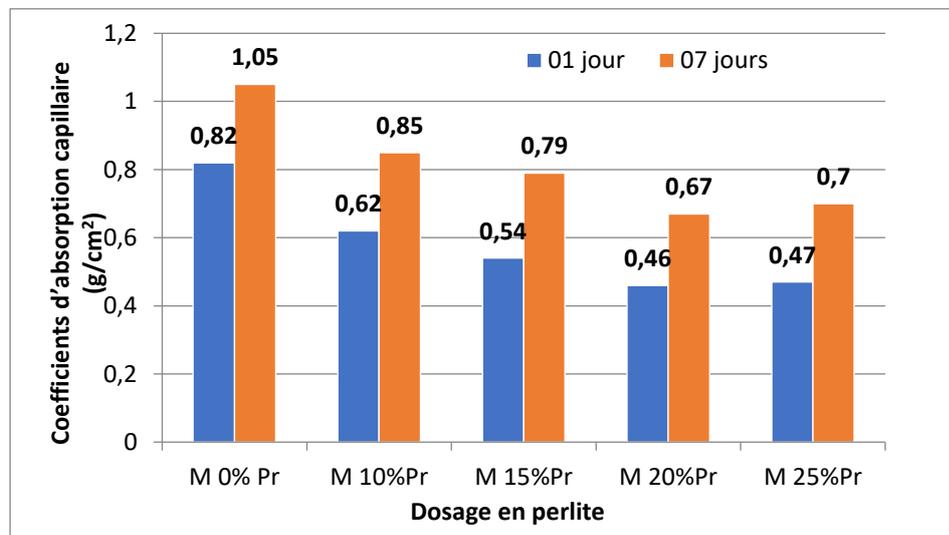


Figure 9 – Evolution des coefficients d'absorption capillaire des différents mortiers.

D'après la figure 9 on remarque que l'absorption d'eau du mortier témoin est plus élevée que celles des mortiers à base de perlite et ce pour les deux échéances.

L'accroissement de l'absorption d'eau relative à chaque mortier est observé entre le premier et le septième jour. On distingue qu'avec l'augmentation du pourcentage de la perlite le coefficient de l'absorption capillaire diminue ce qui rend l'effet de la substitution plus avantageuse et notamment le dosage de 20%.

Ainsi, on peut dire que la perlite a contribué à sceller les capillaires résultant de l'interaction du ciment, de l'eau et du sable. Ces résultats sont en accord avec les résultats d'Ayed et all (Ayed *et al.*, 2022).

3.4 Mesure de la conductivité thermique

La figure 10 illustre la variation de la conductivité thermique des mortiers, à base de perlite et du mortier témoin, en fonction du temps à l'air libre

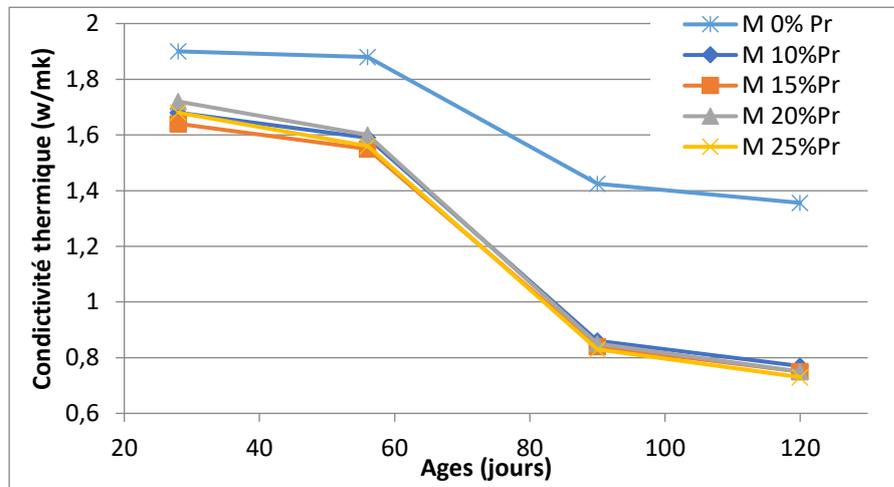


Figure 10 – Variation de la conductivité thermique en fonction du temps à l'air libre.

Les conductivités des mortiers à base de perlite sont inférieures à celle du témoin, au-delà de 56 jours la conductivité thermique diminue pour le même taux d'ajouts ce qui explique la bonne isolation thermique à long terme (SIA 279-00., 2000; SIA 180-99., 1999). Ceci confirme d'une façon générale l'étude de Hamadache (Hamadache., 2018).

qui a déduit une meilleure isolation thermique des mortiers perlitiques. Ces mortiers peuvent par conséquent être recommandés comme matériaux présentant une meilleure isolation thermique que le mortier témoin.

3.5 Résistances à la compression

Les différents résultats des résistances à la compression en fonction du temps et du dosage en perlite sont illustrés par la figure 11.

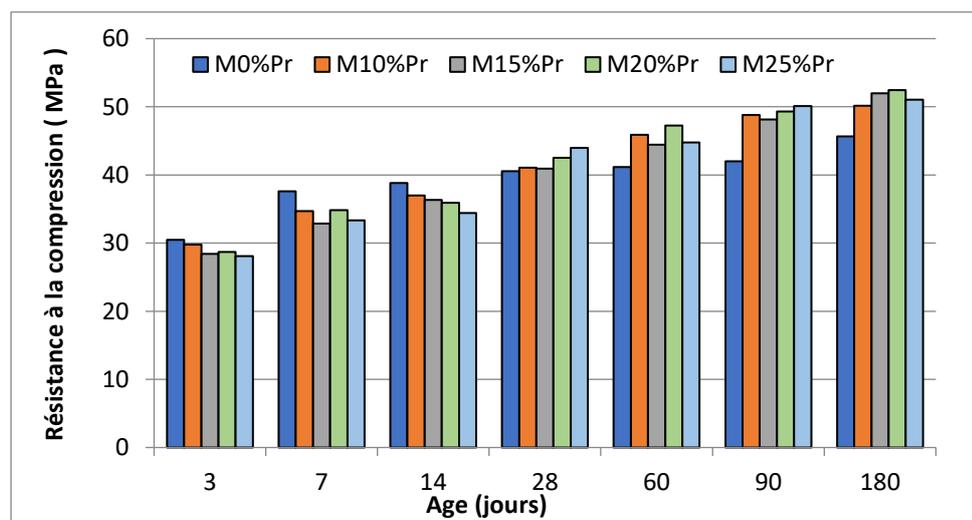


Figure 11 – Evolution des résistances à la compression des différents mortiers.

Les résistances de tous les mortiers augmentent régulièrement avec l'âge et ne présentent aucune chute.

A des âges inférieurs à (14 jours), les valeurs de résistance à la compression des mortiers incorporant la perlite M10%, M15%, M20% et M25%. L'ajout de matériaux pouzzolaniques entraîne généralement une diminution des résistances à la compression au jeune âge. Ces résultats ont été également observés par de nombreux chercheurs (Achour *et al.*, 2024; Erdem *et al.*, 2007; Ayed *et al.*, 2022).

Après 28 jours d'âge, les valeurs de résistance des mortiers incorporant la perlite naturelle commencent à développer des performances mécaniques dépassant celles du mortier témoin. (Yu *et al.*, 2003; Achour *et al.*, 2024).

À long terme, les mortiers perlitiques affichent des résistances nettement meilleures par rapport à celles du mortier témoin avec une supériorité pour le mortier à base de 20% de perlite à 180 jours, atteignant environ 52,45 MPa. (Chaib *et al.*, 2024; Chaib *et al.*, 2018).

Ceci est attribué probablement à l'activité pouzzolanique de l'ajout de la perlite qui est lente au jeune âge et s'accélère à long terme. Cette activité consiste à fixer la chaux libérée par le ciment au cours de son hydratation pour former de nouveaux silicates de calcium hydratés qui boostent la résistance ; un résultat également observé par de nombreux chercheurs (Meral *et al.*, 2004; Guenanou *et al.*, 2019).

4. Conclusion

L'objectif principal de ce travail est de prouver qu'il est possible de remplacer partiellement le ciment par la perlite de Maghnia, un produit naturel, qui ne nécessite pas d'être traitée par des procédés industriels coûteux. Leur prix est bien inférieur à celui du ciment, qui passe par des processus très onéreux. Cependant, les mortiers binaire composés de ciment et de perlite ne peuvent être adoptés que s'ils présentent des performances physico-mécaniques et thermiques nettement supérieures à celles obtenues en utilisant uniquement du ciment.

A l'issue des résultats obtenus nous sommes parvenues aux conclusions suivantes :

L'ajout de perlite naturelle dans le ciment accélère les temps de début et de fin de prise des pâtes par rapport à la pâte sans ajout. et affecte légèrement les temps de prise;

La maniabilité des mortiers diminue avec l'augmentation du taux de substitution du ciment par la perlite. De plus, il est nécessaire d'augmenter la quantité d'adjuvant nécessaire pour obtenir des mélanges maniabiles et ouvrables, avec une maniabilité plus ou moins constante et équivalente à celle du mortier témoin;

L'augmentation du dosage en perlite contribue à la diminution de l'absorption capillaire. Le taux de 20 % de substitution reste le plus intéressant et avantageux, en conséquence, il offre la possibilité d'améliorer la durabilité des mortiers. Ainsi, on peut affirmer que la perlite a aidé à sceller les capillaires en interagissant avec le ciment, l'eau et le sable.

L'étude thermique a abouti à la conclusion que la meilleure valeur de la conductivité thermique a été obtenue à l'âge de 120 jours pour tous les mortiers perlitiques. De cela, on déduit une meilleure isolation thermique.

Le comportement mécanique du mortier contenant 20% de perlite est le plus marquant car des résistances élevées ont été notées, avec une évolution importante à 180 jours par rapport au mortier témoin. Ce qui explique que l'ajout de la perlite naturelle dans le ciment améliore à long terme la résistance mécanique du mortier grâce au déclenchement tardif de la réaction pouzzolanique.

Remerciements

Nous tenons à remercier toute l'équipe de recherche au Laboratoire de Construction, des Transports et de la Protection de l'Environnement de l'Université Abdelhamid Ibn Badis, Mostaganem, Algérie.

Mes remerciements particuliers à la Direction Générale de la Recherche Scientifique et du Développement Technologique, Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique, Algérie.

Références bibliographiques

- Achour, M., Belas, N., Hadj Sadok, R. (2024). Effect of incorporation of calcined sediments and perlite as partial cement replacement on mortars behavior. *The Journal of Engineering and Exact Sciences – jCEC*, 10 (02). <https://doi.org/10.18540/jcecv110iss2pp17398>
- Ayed, K., Midoune, N., Mechebek, S. (2022). Formulation d'un mortier à base de perlite avec étude thermique et Acoustique. *Communication Science et Technologie*, 11, 01, 34–46, [enpo-maurice audin asjp/essn](https://doi.org/10.1007/s11859-022-00000-0)
- ASTM C187. (1998). Standard test method for normal consistency of hydraulic cement. *West Conshohocken, PA: American Society for Testing and Materials: (ASTM) International*.
- ASTM C191. (2004). Standard test method for time of setting of hydraulic cement by vicat needle. *West Conshohocken, PA: American Society for Testing and Materials: (ASTM) International*.
- Belaribi, O., Belas, N., Aggoun, S., Bendani, K., Bouhamou, N., Mebrouki, A. (2014). Enhancing the value of dam dredged sediments as a component of a self compacting concrete, *Cement Wapno Beton*, (6), 370–375.
- Belaribi, O. (2015). Durabilité des bétons autoplaçants à base de vase et de pouzzolane. *Thèse de doctorat à l'Université de Cergy-Pontoise, France et de l'Université de Mostaganem, Algérie*.
- Belas, N., Besseghier, N., Mebrouki, A., Bouhamou, N. (2009). Vers une protection de l'environnement en valorisant la vase draguée du barrage comme composant du béton. *Matériaux & Techniques*, 97,4, 231–240. <https://doi.org/10.1051/mattech/2009039>
- Belguesmia, K., Belas Belaribi, N., Amiri, O., Leklou, N., Belaribi, O. (2018). Influence of treated sediment substitution percentage on workability, strength and porosity of SCC', *Journal of Materials and Engineering Structures*, 5,1, 47–55.
- Bouzidi, C., Boutadjine, Z. (2022). Etude du comportement physico-mécanique des mortiers à base de 10 et 20% de perlite naturelle de Maghnia, *Mémoire de Master académique*.
- Chaib, O., Mouli, M., Benosman, A. S., Hamadache, M. (2018). Study of the effects of shrinkage on concretes based on pozzolana and perlite, *Asian Journal of Civil Engineering*, 19, (3), 287–294.
- Chaib, O.; Safer, O.; Dif, F. (2024). Mechanical Behavior and Durability of Perlite Based Mortar Exposed to Sodium Sulfate Attack, *Materials Science (MEDŽIAGOTYRA)*. <http://doi.org/10.5755/j02.ms.34760>
- Chihaoui, R. (2018). Etude de durabilité des matériaux cimentaire exposés aux attaque, *Thèse de Doctorat en Sciences, USTOMB*.
- Chihaoui, R., Siad, H., Senhadji Y., Mouli, M., Nefoussi, A. M., Lachemi, M., (2022). Efficiency of natural pozzolan and natural perlite in controlling the alkali-silica reaction of cementitious materials, *Case Studies in Construction Materials*, 17, <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01246>
- Chikouche, M. A., Ghorbel, E., & Bibi, M. (2016). The possibility of using dredging sludge in manufacturing cements: Optimization of heat treatment cycle and ratio replacement. *Construction and Building Materials*, 106, 330–341. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.12.128>
- El Mir A. (2020). Durability of self-consolidating concrete containing natural waste perlite powder, *Heliyon*, 6, (1). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03165>
- Erdem, T.K., Meral, Ç., Tokyay, M., Erdoğan, T.Y. (2007). L'utilisation de la perlite comme une addition pouzzolanique dans la production de ciments, *Moyen Science Direct Scopus Applications*, 29, (1),13–21. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2006.07.018>

- Erdogan, S.T., Saglik, A.Ü. (2013). Early-age activation of cement pastes and mortar, *Cement and Concrete Composites*, 38, 29–39.
- Ghrichi, M. (2006). Etude des propriétés physico Mécaniques et de la durabilité des ciments à base de pouzzolane naturelle, *Thèse de doctorat, Université de sciences et de la technologie d’Oran MB, Algérie*.
- Guenanou, F. (2018). Durabilité des mortiers contenant la perlite vis-à-vis de la corrosion des armatures, *Thèse de Doctorat en Sciences, Université d’Oran, Algérie*.
- Guenanou, F., Khelafi, H., Aattache, A. (2019). Behavior of perlite-based mortars on physicochemical characteristics, mechanical and carbonation, Case of perlite of Hammam Boughrara, *Journal of Building Engineering*, 24, 100734. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2019.100734>
- Guemidi, I., Taleb, H. A., Abdelaziz, Y. (2024). Effect of W/C ratio on the rheological and physico-mechanical behavior of high-performance concrete formulated with natural pozzolana, *The Journal of Engineering and Exact Sciences*, 10, (2), 17490. <https://doi.org/10.18540/jcecvl10iss2pp17490>
- Hadj Sadok, R., Belas Belaribi, N., Hadj Sadok, F. (2024). Performance assessment and cost-benefit analysis of low-carbon binders containing calcined sediments from Chorfa II dam as new building materials. *Construction and Building Materials*, 415, 135039. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.135039>
- Hadj Sadok, R., Belas Belaribi, N., Mazouzi, R., Hadj Sadok, F. (2022). Life cycle assessment of cementitious materials based on calcined sediments from Chorfa II dam for low carbon binders as sustainable building materials. *Science of Total Environment*, 826, 154077. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154077>
- Hadj Sadok, R., Belas, N., Tahlaiti, M., Mazouzi, R. (2021). Reusing calcined sediments from Chorfa II dam as partial replacement of cement for sustainable mortar production, *Journal of Building Engineering*, 40, 102273, <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.102273>
- Hadj Sadok, R., Maherzi, W., Benzerzour, M., Lord, R., Torrance, K., Zambon, A., Abriak, N. E. (2021). Mechanical properties and microstructure of low carbon binders manufactured from calcined canal sediments and ground granulated blast furnace slag (GGBS). *Sustainability*, 13, 9057. <https://doi.org/10.3390/su13169057>
- Hadj Sadok, R., Tahlaiti, M., Belas Belaribi, N., Mazouzi, R. (2019). Environmental life cycle assessment of industrialization process of calcined dredged sediments, *Journal of Materials and Engineering Structures*, 6,1, 25–37.
- Hamadache, M., Mouli, M., Bouhamou, N., Benosman, A.S., Chaib, O., Dif, F. (2016). Caractérisation des ajouts pouzzolaniques dans le mortier pour l’efficacité énergétique des bâtiments, *Journal of materials and Environmental Sciences*, 7, (2), 416–421.
- Hamadache, M., (2018). Résistances mécaniques, conductivité et résistance à la corrosion des. Pouzzolaniques, *Thèse doctorat en science, Ecole Nationale Polytechnique Mauris Audin, Oran, Algérie*.
- Hamidi, M. (2014). Elaboration d’un éco-ciment composé à base d’un ajout andésitique brut et activé, *Thèse de doctorat En Sciences, Université des Sciences et de la Technologie d’Oran Mohamed Boudiaf, Faculté de Chimie Département de Génie des Matériaux, Algérie*.
- Huedo, P., Mulet, E., López-Mesa, B. (2016). A model for the sustainable selection of building envelope assemblies, *Environmental Impact Assessment Review*, 57, 63–77. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2015.11.005>
- Huntzinger, D., Eatmon, T. D. (2009). A life-cycle assessment of Portland cement manufacturing : Comparing the traditional process with alternative technologies. *Journal of Cleaner Production*, 17, (7), 668–675. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2008.04.007>
- ISO8302-91. (1991). Isolation thermique, détermination de la résistance thermique et des propriétés connexes en régime stationnaire, méthode de la plaque chaude gardée, *Model ISOMET 2104, Heat Transfer Analyzer*.

- Meral, Ç. (2004). Use of perlite as a pozzolanic addition in blended cement production, *Turkey, Middle East Technical University*.
- NF P18-452 et NF P18-437. (1996). Maniabilité (ouvrabilité), AFNOR – Paris.
- Norme EN ISO 6946 SIA 180.071-96. (1996). Composants et parois de bâtiments-Résistance thermique et coefficient de transmission thermique-Méthode de calcul, *Catalogue d'éléments de construction avec calcul de la valeur de coefficient de transmission thermique*.
- Norme EN 480-5. (2006). Adjuvants pour béton, mortier et coulis Méthodes d'essai Partie 5 : Détermination de l'absorption capillaire.
- Norme EN 196-1. (2007). Méthodes d'essais des ciments - Détermination des résistances mécaniques.
- Norme NF 15 403. (2011). Préparation des éprouvettes, réalisations, malaxages.
- Norme SIA 180-99. (1999). Isolation thermique et protection contre l'humidité dans les bâtiments, *Catalogue d'éléments de construction avec calcul de la valeur de coefficient de transmission thermique*.
- Norme NA442., Equiv EN 197-1. (2001). Ciment- composition, spécification et critères de conformité des ciments courants, P15-101-1, comité 37 N°20.
- Prénorme SIA 279-00. (2000). Isolants thermiques, *Catalogue d'éléments de construction avec calcul de la valeur de coefficient de transmission thermique*.
- Safer, O., Belas, N., Belaribi, O., Belguesmia, K., Bouhamou, N., Mebrouki, A. (2018). Valorization of dredged sediments as a component of vibrated concrete: Durability of these concretes against sulfuric acid attack. *International Journal of Concrete Structures and Materials*, 12, 44. <https://doi.org/10.1186/s40069-018-0270-7>
- Safer, O., Belas Belaribi, N., Belaribi, O., Belguesmia, K., Taieb, F., Hamadache, M. (2021). Resistance of concrete based on treated mud to sea water attack, *Journal of Materials and Engineering Structures*, 8, 111-121. <https://revue.ummt0.dz/index.php/JMES/article/view/2497/0>
- Safer, O., Belas, N., Belaribi, O., Belguesmia, K., Mebrouki, A., Hamadache, M. (2017). Study of the behavior in the fresh and hardened state of an eco-concrete based on dredged sediments. *Journal of Materials and Environmental Sciences*, 8 (6), 2026-2033. <http://www.jmaterenvironsci.com>
- Sengul, O., Azizi, S., Karaosmanoğlu, F., Tasmir, M. A. (2011). Effect of expanded perlite on the mechanical properties and thermal conductivity of lightweight concrete, *Energy and Buildings*, 43, (2-3), 671-676. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2010.11.008>
- Senhadji, Y. (2013). L'influence de la nature du ciment sur le comportement des mortiers vis-à-vis des attaques chimiques (acides et sulfates), *Thèse de doctorat, Université de sciences et de la technologie d'Oran MB, Algérie*.
- Skibsted, J., Snellings, R. (2019). Reactivity of supplementary cementitious materials (SCMs) incement blends. *Cement and Concrete Research*, 124, 105799. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2019.105799>
- Stefanidou, M., Pachta, V., Konstantinidis, G. (2023). Exploitation of waste perlite products in lime-based mortars and grouts. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 32, 101024. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2023.101024>
- Taieb, F., Belas, N., Belaribi, O., Belguesmia, K., Hadj Sadok, R. (2018). Influence of calcined mud on the mechanical properties and shrinkage of self-compacting concrete, *Matec Web of Conferences*, 149, 01026, <https://doi.org/10.1051/mateconf/201814901026>
- Yu, L. H., Ou, H., Lee, L. L. (2003). Investigation on Pozzolanic Effect of Perlite Powder in Concrete, *Cement and Concrete Research*, 33, (1), 73-76. [https://doi.org/10.1016/S0008-8846\(02\)00924-9](https://doi.org/10.1016/S0008-8846(02)00924-9)
- Zhang, H., Cao, M., Xing, Z. (2024). Early-age properties of cement paste with mechanically ground Yellow River sediment. *Construction and Building Materials*, 411, 134635. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.134635>