



Revue des Matériaux et Energies Renouvelable

Journal homepage: <https://icmre.000webhostapp.com>
ISSN: 507-554



Performance evaluation of concrete incorporating granite powder as partial substitution of cement in aggressive environments

Hamid Sellaf^{1,2}, Hadj Mostafa Adda³

¹. Département Génie Civil et Hydraulique, Faculté de Technologie, Université de Saida B.P. 20000 Saida hamidsellaf@yahoo.com

². LGCE Laboratoire de Génie Civil et Environnement, Département de Génie Civil, Université Djillali Liabès, Sidi Bel Abbés, Algérie.

³. Laboratoire de Génie Industriel et Développement Durable. Centre Universitaire de Relizane B.P. 48000 Relizane addahadjmostefa@gmail.com

ARTICLE INFO (Times New Roman, 09pt, bold)

ABSTRACT

Article history:

Received 30 November 2017

Received in revised form 21 March 2020

Accepted 09 July 2020

Keys word: Granite, Concrete, Durability, the Resistances, aggressive environments

This work is a part of a research project on the valuation of the waste of granite and the evaluation of the influence of the substitution of a part (party) of the cement portland by the waste of granite. Reference concretes and cement-based concretes portland with addition of various proportions of powder of granite (5, 10, 15 and 20 %) are kept (preserved) 28 days in solutions of sulfate and the solutions of chloride at an ambient temperature of 23 °C. The resistance, in its various acid solutions, of these specimens, is estimated by the follow-up of the variation of the mass and the resistance

Copyright © 2018 - All rights reserved

* Corresponding author. Tel.: +213770932432.

E-mail address: hamidsellaf@yahoo.com

Évaluation et performances des bétons incorporant de la poudre de granite comme substitution partielle du ciment dans des milieux agressifs

Hamid Sellaf^{1,2}, Hadj Mostafa Adda³

¹Département Génie Civil et Hydraulique, Faculté de Technologie, Université de Saida B.P. 20000 Saida
hamidsellaf@yahoo.com

²LGCE Laboratoire de Génie Civil et Environnement, Département de Génie Civil, Université Djillali Liabès, Sidi Bel
Abbés, Algérie.

³Laboratoire de Génie Industriel et Développement Durable. Centre Universitaire de Relizane B.P. 48000 Relizane
addahadjmostefa@gmail.com

Résumé. Ce travail fait partie d'un projet de recherche sur la valorisation des déchets de granite et l'évaluation de l'influence de la substitution d'une partie du ciment portland par les déchets de granite. Les bétons de références et les bétons à base de ciment portland avec ajout de différentes proportions de poudre de granite (5, 10,15 et 20 %) sont conservés 28 jours dans des solutions de sulfates et des solutions de chlorure à une température ambiante de 23C°. La résistance, à ces différentes solutions acides, de ces spécimens, est évaluée par le suivi de la variation de la masse et la résistance à la compression et à la traction. Les résultats mécaniques dans le cas de l'acide chlorhydrique étaient faible comparé au cas de l'acide sulfurique ceci peut être expliqué par le fait que les ions de chlorure Cl⁻ dans l'eau accélèrent l'hydratation du clinker portland encore existant.

Mots-clés : Granite, Béton, Durabilité, Résistances, Milieux agressifs.

1. Introduction

Le ciment est la principale source des impacts sur l'environnement de l'utilisation du matériau béton. Afin d'optimiser l'utilisation de ce dernier, il est nécessaire de réduire son dosage. Cela peut être entrepris en remplaçant une partie du ciment par des additions minérales lors de la confection des bétons [1].

Les analyses de cycle de vie de structures en béton montrent que, parmi les différents constituants du béton, que le ciment représente la source principale des impacts sur l'environnement, et des émissions de gaz à effet de serre en particulier [2,3,4,5]. Cette part importante du ciment dans les émissions de CO₂ du béton est due aux fortes émissions liées à sa production en cimenterie. En effet, la quantité de CO₂ émise lors de la fabrication du ciment correspond en moyenne mondiale à 810 kg de CO₂ émis par tonne de clinker [6].

Le ciment est un composant essentiel des matériaux cimentaires tels que le béton et le mortier. Il assure une fonction mécanique, car il lie le squelette granulaire, mais il est aussi en grande partie responsable de la tenue à long terme du matériau cimentaire. La conception d'un matériau cimentaire est extrêmement liée à l'environnement dans lequel il va être exposé durant sa durée de vie. Certains ions, dans un environnement aqueux, peuvent être néfastes pour le ciment hydraté, et par conséquent, pour l'intégrité du matériau [7]. Parmi ces ions agressifs, figurent les sulfates et le chlore.

Plusieurs travaux de recherche ont été réalisés sur des mortiers ou bétons afin d'évaluer l'influence de remplacement partiel du ciment par des matériaux naturelles tel que la pouzzolane naturelle ou par différents déchets ainsi que l'évolution des performances mécaniques et de durabilité [8, 9,10, 11, 12, 13].

Dans ce travail, nous étudions l'effet de la poudre granite sur les résistances mécaniques et les performances de durabilité vis-à-vis des milieux acides des bétons confectionnés. Pour cela, nous avons comparé le comportement des bétons élaborés à base de ciment seul (CPA 42.5) et celui des bétons contenant différents dosages de poudre de granite.

2. Matériaux utilisés ;

Dans cette étude six types de bétons sont formulés selon les proportions indiquées au tableau 1

2.1 La poudre granite

L'analyse physico-chimique de la poudre résultante du broyage et du tamisage du déchet granite est reportée dans les tableaux 1. D'autre part, l'examen de la diffraction aux rayons X du granite montre qu'il est constituée de minéraux cristallins riches en silice, alumine, fer et magnésium avec des minerais d'argile (montmorillonite) plongés dans une masse amorphe (verre volcanique).

Le ciment utilisé est le ciment Portland CPJ CEM II II/A 42,5 provenant de la cimenterie d'El Hassasna (Saida). Les compositions chimiques de ciment et la poudre granite sont représentés dans le Tableau 1.

Tableau 1. Analyses chimiques du ciment et de la poudre de granite (cimenterie Saida)

<i>Composition chimique</i>	<i>Ciment</i>	<i>Poudre granite</i>
Silice (SiO ₂ %)	22,76	20.61
Chaux (CaO %)	63,43	44.63
Magnésie (MgO %)	0,21	1.92
Oxyde de Fer (Fe ₂ O ₃ %)	3,57	3.20
Alumine (Al ₂ O ₃ %)	5,96	5.09
Sulfates (SO ₃ %)	1,91	0.63
Perte au feu (P.F %)	2,20	23.92
Totale %	100	100

Les ciments CPJ CEM II sont les plus utilisés aujourd'hui dans la construction en Algérie selon l'industrie du ciment.

2.2 Le ciment:

Le ciment utilisé est un ciment portland composé (CPJ-CEM II/A) 42.5, ses caractéristiques chimiques sont présentées dans le tableau 1 (Cimenterie de Saida).

2.3 Les granulats

La formulation des bétons étudiés nécessite l'utilisation des granulats de nature calcaires, concassés appartenant aux classes granulaires présentées comme suit :

- Un sable de gisement de la carrière de Hachem (wilaya de Mascara) de classe granulaire 0/1.82 caractérisé par un équivalent de sable de 75 et une masse volumique apparente de 240kg/m³
- Un gravier de classe granulaire 3/8 et 8/15 issus de la carrière de Tizi (Mascara -Algérie) à prédominance de calcites et de masses volumiques apparentes de 1873 et 2076 kg/m³.

Les bétons sont confectionnés dans un malaxeur d'une capacité de 100 litres. Les éprouvettes destinées aux essais de compression sont des éprouvettes cylindriques 11x22cm et prismatiques 7x7x28cm pour les essais de traction par flexion. Elles sont soumises à une vibration externe (table vibrante). Les résultats des essais des bétons à l'état frais sont présentés dans le tableau 2.

Tableau 2. Formulation et propriétés rhéologiques des bétons testés

<i>Matériaux</i>	<i>BT</i>	<i>BG5</i>	<i>BG10</i>	<i>BG15</i>	<i>BG20</i>
Ciment (kg/m ³)	350	332.5	315	297.5	280
Eau (kg/m ³)	175	175	175	175	175
Poudre granite (kg/m ³)	0	17.5	35	52.5	70
Gravier 4/10 (kg/m ³)	1150	1150	1150	1150	1150
Sable (kg/m ³)	670	670	670	670	670
Affaissement (cm)	16	15	14	13	13
Etalement (cm)	68	66	60	61	61

Avec :

BT : 100% Ciment,

BG5 : 95% Ciment +5% Poudre de granite

BG10: 90% Ciment +10% Poudre de granite

BG15 : 85% Ciment +15% Poudre de granite

BG20 : 80% Ciment +20% Poudre de granite.

3. Résultats et discussion

3.1 Résistance en compression et Résistance en traction par flexion:

Nous constatons que la résistance à la compression sur les éprouvettes 11x22 cm à 28 jours varie d'une composition à une autre. Elles atteignent plus de 5 à 20% respectivement pour les BG5, BG10, BG15, BG20 par rapport au béton témoin BT (Figure 1).

La résistance à la compression et à la traction diminue considérablement avec l'augmentation du pourcentage d'ajout (granite) à 28 jours. A titre d'exemple, un remplacement du ciment par 20% de poudre de granite diminue la résistance à la compression de 25% et 30%. Ces résultats sont prouvés par [12].

Ce phénomène s'explique par l'interaction entre la silice réactive qui se situe dans la partie vitreuse de la poudre granite et le $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (Hydroxyde de Calcium) libéré par l'hydratation du CPA. La réaction poudre granite n'est pas prédominante au jeune âge, ceci mène à une hydratation moins intense aux jeunes âges en induisant de faibles résistances (effet de retardateur de prise).

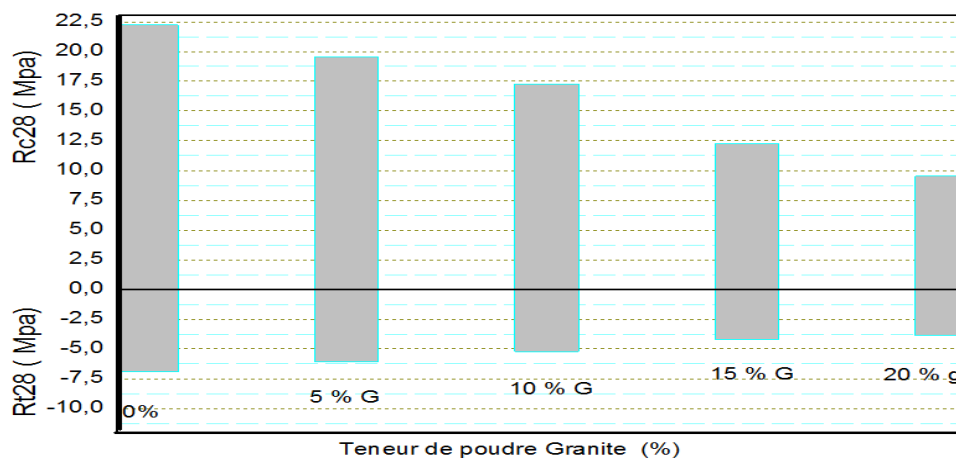


Figure 1. Résistances mécaniques (à la compression et à la traction par flexion) des différents Bétons à 28 jours.

3.2 Durabilité :

3.2.1. Perte de masse : Durant l'échauffement du béton, sa masse est soumise à une variation due à l'évaporation de l'eau figure 2.



Figure 2. Les éprouvettes des différents types du béton dans milieux agressif.

Les résultats de calcul de la perte de masse sont présentés dans la figure 3:

Après 24h jusqu'à 28 jours les différents **BT** (béton normalise) et **BG** (béton composé avec différentes teneurs de la poudre de granite) augmentent leurs aptitudes à résister aux attaques acides. On constate une perte de masse permanent à compter de 1 jour jusqu'à 28 jours d'immersion dans les acides.

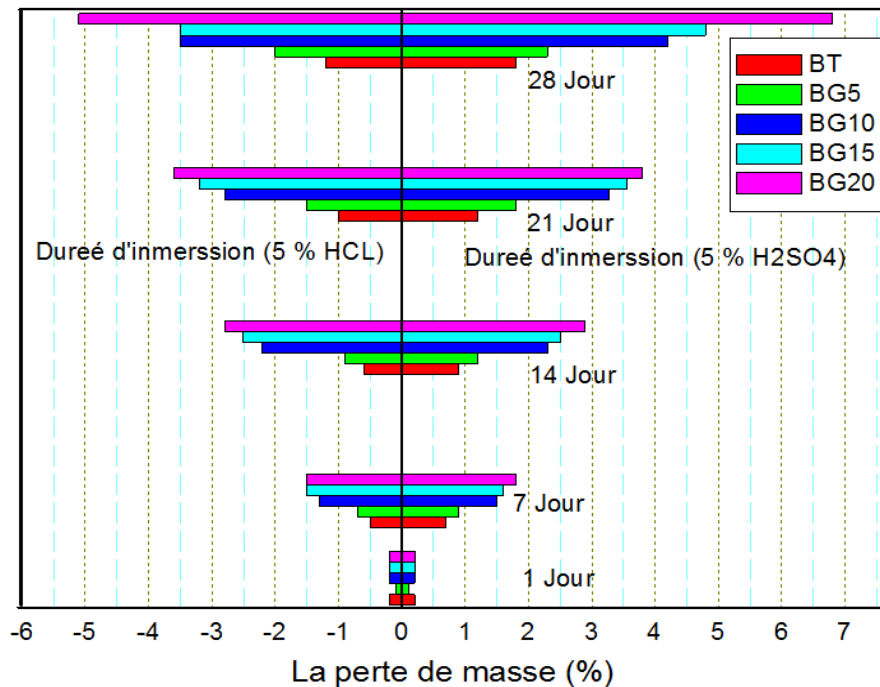


Figure 3. La Perte de masse du béton dans un milieu avec 5% de HCl et 5% de H₂SO₄

Les bétons contenant 5%, 10%, 15% et 20% de poudre de granite sont immergés dans l'acide chlorhydrique (HCl), la réduction de la perte de masse est de 5.50%, 6.50%, 8.60% et 8.90% respectivement. Pour ceux immergés dans l'acide sulfurique (H₂SO₄) la réduction de la perte de masse est de 6.30%, 6.80%, 8.90% et 9.90% respectivement par rapport au béton témoin.

La perte de masse est due au fait que le Ciment Portland Artificiel, après hydratation, a libéré une partie considérable d'hydroxyde de calcium libre (CH) qui peut être lixiviée à l'extérieur quand elle est soumise à l'acide.

3.2.2 Influence des attaques acide sur le comportement mécanique du béton :

Pour les bétons contenant 5%, 10%, 15% et 20% de granite immergés dans l'acide Chlorhydrique (HCl), la perte de masse est de 7, 28, 35 et 58 % respectivement. Et pour ceux immergés dans l'acide Sulfurique (H₂SO₄) la perte de masse est de 23, 31, 50 et 60% respectivement par rapport au béton témoin voir la figure 4.

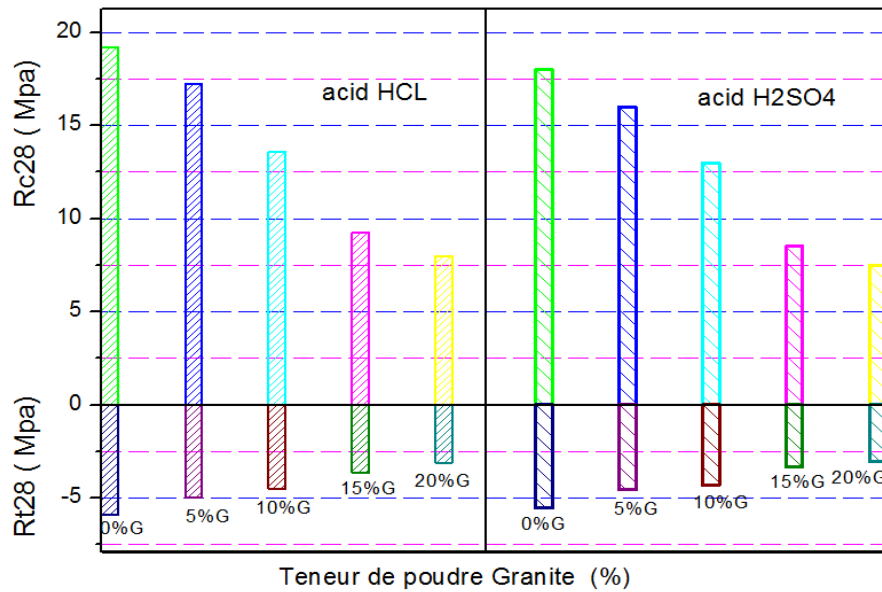


Figure 4. Résistance mécanique des Béton après immergé dans milieux agressif.

4. Conclusion :

Au cours de ce travail, nous avons réussi à quantifier l'effet de la poudre de granite comme substituant du ciment, sur la carbonatation et sur la décalcification dans l'acide sulfurique et chlorhydrique. Les résultats de cette recherche ont montré que la poudre de granite, contribue à l'amélioration de la durabilité des bétons vis-à-vis de ces deux types d'attaque. Ainsi le choix d'utiliser la poudre de granite comme substituant au ciment est avantageux du point de vue économique et écologique (recyclage d'un déchet) et offre la possibilité d'améliorer la durabilité des bétons voir aussi celle des mortiers.

Bibliographie et références

- [1] Akli Y (2011). Carbonatation de bétons à forts taux de substitution du ciment par des additions minérales thèse de Doctorat de l'Université de La Rochelle Discipline
- [2] Parrott L.J (2002). Cement, concrete and sustainability. A report on the progress of the UK cement and concrete industry towards sustainability, British Cement Association.
- [3] Flower D.J.M., Sanjayan J.G.(2007), Green House Gas Emissions due to Concrete Manufacture, International Journal of Life Cycle Assessment, 12 (5), 2007, 282-288.
- [4] Habert G., Roussel N.(2008), Comment concevoir un béton ayant un faible impact environnemental, XXVIèmes Rencontres Universitaires de Génie Civil, Nancy, 4-6 .
- [5] Collins F.(2010), Inclusion of Carbonation during the Life Cycle of Built and Recycled Concrete: Influence on their Carbon Footprint, International Journal of Life Cycle Assessment, 15 (6), 2010, 549-556.
- [6] Hendriks C.A., Worrell E., deJager , K. Block, Riemer P.(1998), Emission reduction of greenhouse gases from the cement industry, International Energy Agency, California.
- [7] Raymond D. (2004) . Granulat, sol, ciment et béton » : caractérisation des matériaux de génie civil par les essais de laboratoire, Edition Casteili.
- [8] Chihaoui R. (2008) . Durabilité des matériaux cimentaires vis-à-vis d'un environnement chimiquement agressif (Mémoire de Magister- USTMB d'Oran
- [9] Senhadji A. (2006): L'influence de la nature du ciment sur le comportement des mortiers vis-à-vis des attaques chimiques (acides et sulfatiques) (Mémoire de Magister- USTMB d'Oran .
- [10] Medine M., Trouzine H, Aguiar J.B., Asroun A., (2018) "Durability Properties of Five Years Aged Lightweight Concretes Containing Rubber Aggregates", Periodica Polytechnica Civil Engineering
- [11] Hyvert .N (2009) Application de l'approche probabiliste à la durabilité des produits préfabriqués en béton (Thèse de doctorat - l'Université Toulouse III - Paul Sabatier.

- [12] David S. (2007) Etude des interactions physico-chimiques aux interfaces fibres de chanvre/ciment. Influence sur les propriétés techniques du composite .
- [13] Burak F, .(2006) Comparative study on the performance of sandsrich and poor in fines in self-compacting concrete”, Construction and Building Material .