

VALORISATION DU LAITIER GRANULE DANS LA FABRICATION DU BETON CELLULAIRE AUTOCLAVE

R.BELOUETTAR

Université de Annaba

M.T.Abdia

Université de Boumerdès

RÉSUMÉ

Le laitier granulé constitue un sous-produit de l'industrie sidérurgique. Il est obtenu par un refroidissement très rapide du laitier. Le but de la granulation est d'obtenir une matière aussi vitreuse et aussi cristalline que possible. Si on observe le diagramme ternaire SiO_2 , CaO , Al_2O_3 , les plages correspondantes au laitier de haut fourneau et au ciment portland sont voisines.

L'utilisation du laitier granulé dans différents domaines n'a trouvé que de rares applications [2]. Dans ce travail nous avons essayé de valoriser le laitier granulé en l'utilisant comme partie du ciment dans la composition du béton cellulaire autoclavé. Nous avons élaboré deux systèmes à savoir un système témoin comportant 100% de ciment et un second système comportant de 10 à 50% de laitier granulé par rapport au liant (le ciment). Les différents systèmes ont été traités dans un milieu de vapeur saturée aux différentes pressions. Les résultats trouvés sont fort prometteurs et dépassent de beaucoup ceux du système témoin.

MOTS CLÉS

laitier granulé • béton cellulaire autoclavé • résistance mécanique • valorisation du laitier granulé.

1. Introduction

Les bétons légers présentent par rapport au béton ordinaire les avantages suivants :

- légèreté,
- une bonne isolation phonique, acoustique et thermique,
- une résistance mécanique moyenne,
- Ils se divisent en trois groupes :

- Bétons légers à base d'agréments légers.
- Bétons caverneux.
- Bétons cellulaires autoclavés [4].

Le béton cellulaire autoclavé est fabriqué par un procédé strictement contrôlé à partir des matières premières suivantes : sable, ciment, eau auxquels on ajoute de la poudre d'aluminium. Le ciment peut être remplacé en partie ou entièrement par la chaux ; le laitier granulé ou les cendres volantes. Le durcissement s'effectue en soumettant le produit à haute pression dans un autoclave. La silice et les produits de durcissement du ciment se combinent chimiquement en formant des hydro-silicates de calcium d'une structure cellulaire caractérisée par une résistance mécanique élevée et une excellente stabilité dimensionnelle, [6]. Le béton cellulaire autoclavé allie les avantages suivants :

- Légèreté.
- Résistance suffisante
- Une isolation thermique remarquable
- Une bonne résistance au gel
- Une exactitude et invariabilité dimensionnelle
- Une bonne résistance au feu
- Il est aussi facile à travailler que le bois.

Les usines sidérurgiques produisent des millions de tonnes de déchets qui ne trouvent que de rares applications, alors qu'on peut les considérer comme matières premières pour la fabrication des matériaux de construction. Le laitier granulé peut être utilisé en partie dans la fabrication des matériaux autoclavés y compris le béton cellulaire autoclavé, [1].

2. Structure et activité des laitiers vitreux

La trempe fige à la température ambiante une

configuration instantanée de la structure désordonnée du laitier fondu apparenté à la famille des silicates liquides. La structure d'un verre de silicate se déduit de celle de la silice vitreuse par la coupure de certaines liaisons Si-O-Si et la neutralisation des charges négatives créées par des cations métalliques appelés modificateurs de structure, [2], [3].

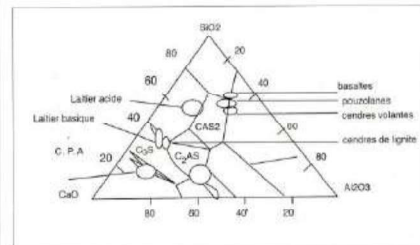


Figure 1 : Diagramme ternaire $CaO - Al_2O_3 - SiO_2$.

Les assemblages probables des minéraux formés par les quatre constituants principaux $CaCO_3$, SiO_2 , Al_2O_3 , MgO dans les limites des proportions caractéristiques des laitiers ne peuvent être prédits avec certitude d'après les diagrammes d'équilibre des phases parce que le système quaternaire n'a pas encore été étudié complètement.

On peut remarquer que les plages correspondantes au laitier de haut fourneau et au ciment sont voisines. Ainsi d'après leur composition chimique, les laitiers de haut fourneau sont proches du ciment portland.

Si le refroidissement du laitier est rapide, les groupes moléculaires conservent en majorité leur disposition irrégulière et la viscosité augmente rapidement. A mesure que la température baisse, le laitier passe de l'état liquide à un état dans lequel la rigidité s'approche de celle d'un solide, mais sans le développement d'une structure cristalline. Donc le but du traitement est de refroidir le laitier si rapidement pour que la cristallisation ne puisse pas avoir lieu et pour qu'il se solidifie à l'état vitreux en même temps. La trempe brise la matière en de petites particules dont la grosseur varie 0 à 5 mm : le produit est alors appelé laitier granulé [2].

% Laitier	8 bars		12 bars		15 bars	
	kg/m ³	Mpa	kg/m ³	Mpa	kg/m ³	Mpa
10	545	3.17	540	2.06	540	1.51
20	546	3.18	530	2.30	543	1.68
30	550	5.43	555	5.86	550	4.15
40	552	5.65	560	6.17	557	4.83
50	550	5.36	545	4.33	556	4.82

Tableau 2 : Résistance à la compression en fonction de la masse volumique et du pourcentage de laitier granulé

3. Valorisation des laitiers dans différents domaines

Depuis près d'un siècle les ingénieurs ont fait appel aux sous produits pour la réalisation des travaux. On voit alors se développer des recherches sur la possibilité d'emploi du laitier granulé comme liant dans les assises de chaussées.

Les cimenteries utilisent le laitier vitrifié moulu comme constituant secondaire ou même principal du ciment. Le laitier concassé est comme granulat dans la confection des bétons. Parmi les autres utilisations des laitiers granulés on peut citer :

La fabrication du ciment et ciment au laitier. Le laitier granulé est utilisé dans la fabrication du béton cellulaire autoclavé. [4],[5].

3.1 Caractéristiques du laitier utilisé pendant les essais

Laitier pris d'une fraîche production, séché jusqu'à une masse constante et broyé (S.S.B = 2500cm²/g). L'analyse chimique du laitier a donné les résultats suivants :

Composant	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	MnO
Valeur %	35.08	35.64	7.75	5.32	2.22

Tableau 1 : Composition chimique du laitier granulé

L'étude s'est portée sur deux systèmes : un système «sable - ciment» et un système «sable - ciment - laitier».

3.2 Equipement utilisés

- Malaxeur de laboratoire de volume égal à quatre litres.
 - Moules métalliques (4 x 4 x 16)cm.
 - Autoclave vertical de laboratoire de volume égal à 10 litres, pression maximale 22 bars
- Les échantillons de dimensions (4 x 4 x 16)cm ont été traités à trois différentes pressions : 8, 12 et 15bars, sous un régime de traitement thermique 2heures - 8heures - 2heures.
- Presse hydraulique de 50 tonnes.

3.3 Résultats et caractéristiques du matériau obtenu

Les valeurs présentées dans le tableau 2 sont la moyenne de six essais.

4. Conclusion

A partir des résultats obtenus on observe une augmentation de la résistance mécanique avec l'augmentation de la quantité du laitier dans le liant et cela jusqu'à 40%. Si nous comparons les résultats trouvés à ceux du système témoin on peut dire qu'à une pression de 8 bars les résultats des compositions contenant de 10 à 50% de laitier dépassent sensiblement celle du système témoin ; alors qu'à une pression de 12 et 15 bars et au delà de 30% de laitier les résultats sont meilleurs. (Figures 2,3).

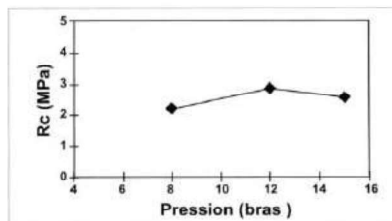


Figure 2 : Résistance à la compression du système témoin en fonction de la pression de traitement.

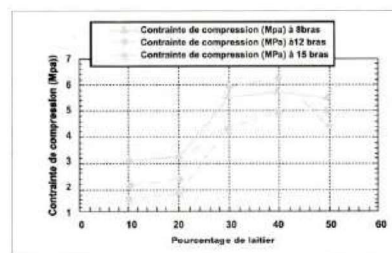


Figure 3 : Résistance à la compression en fonction du pourcentage de laitier et de la pression de traitement.

Le durcissement en autoclave du système sable-ciment - laitier conduit au dégagement de l'hydroxyde de calcium. Pendant l'hydratation du silicate tricalcique et partiellement du silicate bicalcique ; cet hydroxyde de calcium est absorbé par la silice et l'alumine.

Ainsi, cette quantité d'hydroxyde de calcium

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Documentation Siporex A.B Suède 1986.
- [2] F. Hawthorn, E. Demoulin, P. Gourdin et C. Vernet : "Laitiers et clin- kers". Influence et réci- proques Vol 2 et 3, 1980, Paris.
- [3] P. Champion et L. Guillet : "Diagramme des phases des matériaux cris- tallins" Edition masson 1981.
- [4] R. Hoffman, C. Kirpach, G. Didérich et C. Reignard : "Le béton tout laitier, les laitiers de haut fourneau". n°15 - 1979.
- [5] Vautrin : "Valorisation des sous produits indus- triels". Séminaire interna- tional sur la valorisation des sous produits indus- triels. 1986, Annaba, Algérie.
- [6] Folker, H. Wittmann : "Autoclaved aerated concrete, moisture and properties". Editon Elsevier, 1983.

dégagée par le ciment et absorbée par le laitier varie dans les larges limites et dépend particulière- ment de l'état cristallographique du laitier (réacti- vité hydraulique) de sa composition chimique et minéralogique, de sa finesse de mouture et des conditions de durcissement.

Pour voir nettement cette augmentation des résis- tances mécaniques, nous avons analysé trois com- positions aux rayons X.

Nous remarquons sur les trois diffractogrammes que l'intensité des pics augmente considéra- blement puis diminue : il y'a probablement appa- rition de nouveaux composés qui se sont formés et qui influent positivement sur la résistance maca- nique du béton cellulaire autoclavé. (figures 4,5,6).

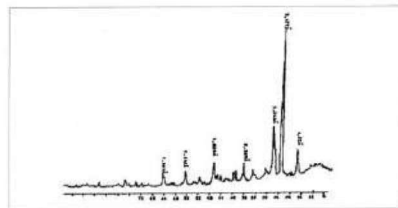


Figure 4 : Diffractogramme de la composition contenant 30% de laitier et 70% de ciment

La substitution du ciment par une partie de laitier granulé a permis d'accroître les résistances méca- niques du béton cellulaire autoclavé : Le laitier granulé peut être utilisé en partie comme liant dans la composition du béton cellulaire autoclavé

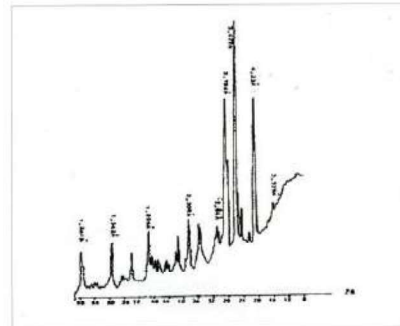


Figure 5 : Diffractogramme de la composition contenant 40% de laitier et 60% de ciment

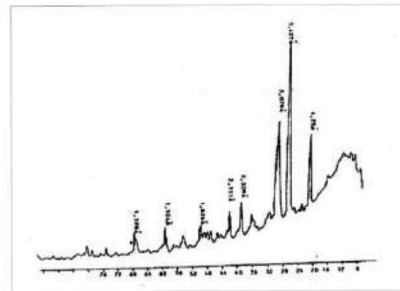


Figure 6 : Diffractogramme de la composition contenant 50% de laitier et 50% de ciment