
Soumis le : 18 Mars 2010
 Forme révisée acceptée le : 03 Décembre 2010
 Email de l'auteur correspondant :
 hebhouhouria@yahoo.fr

Introduction de sable de déchet de marbre dans le béton hydraulique

Houria Hebhoub *, Mouloud Belachia *

* Université de Skikda BP 26, Elhadaik, Skikda, Algérie

Résumé

L'épuisement des gisements naturels et les difficultés pour ouvrir de nouvelles carrières imposent d'autres sources d'approvisionnement. Le recyclage et la valorisation des déchets sont aujourd'hui considérés comme une solution d'avenir afin de répondre au déficit entre production et consommation et de protéger l'environnement. Le but principal de cette étude est de mettre en évidence la possibilité d'utiliser le sable de déchets de marbre comme substituant dans le béton hydraulique.

L'étude est une caractérisation des matériaux utilisés qui nous permet de formuler les bétons. Dans ce sens on a étudié une série d'essais, « substitution de sable » avec un rapport E/C (eau /ciment) constant pour une teneur en sable recyclé variable. L'étude consiste à analyser les propriétés mécaniques à l'état frais et durci des bétons avec un taux de substitution variable (25%,50% ,75% et 100%) et de comparer les résultats avec un béton témoin à base de granulats ordinaires.

Mots clés : Recyclage, environnement, Caractérisation, déchet, marbre.

1. Introduction

Devant les besoins croissant des ressources en matériaux et aux exigences de préservation de l'environnement dans une vision de développement durable, il est devenu nécessaire et pertinent de prospecter et d'étudier toutes les possibilités de réutilisation et de valorisation des déchets et sous produits industriels notamment dans le domaine de génie civil.

Les contraintes d'ordre économique et écologique de ces dernières années ont rendu nécessaire la valorisation et le recyclage des déchets.

Le besoin universel de conserver les ressources, de protéger l'environnement et de bien utiliser l'énergie doit nécessairement se faire ressentir dans le domaine de la technologie du béton. Par conséquent, on accordera beaucoup d'importance à l'usage de déchets et de sous-produits pour la fabrication du ciment et du béton.

L'objectif de cette étude est de contribuer à la l'utilisation des déchets de marbre dans le béton hydraulique. Cela permet d'éliminer les déchets par recyclage et utilisation d'où la protection de l'environnement, et aide à résoudre certains problèmes liés au manque de granulats.

2. Recyclage des déchets

Les déchets constituent un réel problème, inhérent à toute vie biologique et à toute activité industrielle, agricole ou urbaine, et à ce titre, la recherche de solutions est une vraie nécessité pour les collectivités.

Sont considérés comme déchets toutes substances mise en rebut, ou tout produit qui doit être jeté car il est usé, contaminé ou abîmé [02].

Les dépôts de sable naturel de gravier ou de pierres, surtout ceux qui se situent près de grands centres urbains, risquent de s'épuiser ou d'entraîner des frais d'exploitation très élevés en raison du coût du transport et la place occupée par les sites de stockages et les restrictions relatives à la protection de l'environnement.

Le recyclage est le procédé de traitement des différents types de déchets et des sous-produits. Il constitue une activité importante dans les pays développés.

Le recyclage a deux conséquences écologiques bénéfiques: la réduction du volume de déchets et la préservation des ressources naturelles.

En Europe, plus de 25% des déchets proviennent de la démolition ou de la rénovation d'immeubles et de ces rebuts qui encombrant les décharges publiques. On estime que 30% seulement des matériaux utilisés dans la construction sont actuellement recyclés, alors que la pratique dans certains pays européens, démontre que 90%

sont réutilisables [04]. En Belgique, la confédération de construction wallonne cite déjà en 1997 le chiffre (estimé) considérable de 2.3 millions de tonnes de déchets produits dans le secteur pour l'année 1994. En France la loi du 13 juillet 1992 relative à l'élimination des déchets et la protection de l'environnement interdit à partir de l'an 2002 la mise dans les anciennes décharges des déchets tels que les matériaux de démolition [03]. Le Danemark dispose d'une loi spécifique depuis 1990 concernant l'utilisation des granulats recyclés [01].

La valorisation des déchets de démolition connaît un développement aussi important et le taux de recyclage a atteint dans certains pays comme les Pays-Bas 73% [03].

Au Québec l'importante hausse du taux de recyclage (18 % à 42 % entre 1988 et 2002) est allée de pair avec une augmentation de la quantité de déchets à éliminer par habitant, passant de 640 kg/an/personne à 870 Kg. En France, le volume de déchets a doublé entre 1980 et 2005, pour atteindre 360 kg/an/personne.

En 2007, la production, le stockage, le traitement et le recyclage des déchets sont désormais encadrée en Europe par une législation de plus en plus élaborée.

La construction génère aussi une quantité importante de déchets de brique et de béton rarement valorisés. L'Algérie compte un déficit important en matériaux de construction et en particulier le ciment et le sable [02].

L'Algérie a une demande en granulats considérablement croissante en rapport avec le développement surtout dans les régions du sud du pays. Dans le bâtiment, la demande en sable s'élève annuellement à plus de 15 millions de mètre cube [02]. Face à la gravité des problèmes environnementaux, le gouvernement algérien a décidé en 2001 de consacrer une enveloppe financière importante, de près de 970 million de dinars, pour atteindre les objectifs inscrits dans le Plan National d'Actions pour l'Environnement et le Développement Durable (PNAE-DD).

Plusieurs types de résidus, sous produits et déchets divers peuvent être utilisés en fonction de leur rentabilité d'exploitation et de leurs propriétés comme granulats. Parmi les divers matériaux on trouve, les laitiers, le béton récupéré, la brique concassé, les déchets de centrales thermiques (cendres volantes), les déchets provenant d'exploitation des mines, et les déchets de marbre. Le marbre est une roche calcaire de texture assez dense, à tissu compact ou cristallin. Le degré de pureté du marbre est responsable de sa couleur et de son aspect. Ces couleurs proviennent essentiellement d'oxydes métalliques du fer, il est blanc si la roche dont il provient est uniquement composée de calcite.

Pour cette étude, nous avons étudié l'utilisation des déchets de marbre blanc de la carrière à bloc de Fil-Fila qui se trouve à 25 Km à l'Est de la ville de Skikda.

Les déchets de marbre de la carrière de Fil-Fila sont les blocs, les chutes et les moellons ayant différentes formes géométriques. Pour l'année 2007, le taux de déchets est de 56% de la production pour la carrière à blocs et 19% pour la carrière dérivées de CHATT.

3. Caractérisation des matériaux utilisés et programme expérimental

3.1. Caractérisations des matériaux utilisés

Les matériaux utilisés pour cette étude sont :

- Granulats ordinaires: calcaire concassé d'AIN SMARA (Constantine)
- sable de mer de CHATT (Skikda)
- Sable recyclé de déchet de marbre blanc de nature concassé de la carrière à bloc (Skikda)

Les résultats des essais de caractérisation sont présentés dans le tableau 01 :

Table 1

Caractéristiques des granulats utilisés

Echantillon	Granulats ordinaires			Déchets de Marbre
	0/5	5/15	15/25	0/5
Mvapp g/cm ³	1.723	1.575	1.551	1.667
Mvabs g/cm ³	2.591	2.666	2.666	2.666
Coeff d'app (A)	--	12%	15%	--
ES (%)	81	--	--	75
VB	0.33	--	--	0.33
LA(%)	--	--	26.14	--
MDE	--	--	21.50	--
Caco3(%)	25.56	--	88	99.25
cl-	0.25	--	0.12	0.12
Ab (%)	--	--	0.8	--

3.2. Variation des caractéristiques des matériaux

D'après les résultats de caractérisation nous concluons :

- la propreté marquée par l'essai de l'équivalent de sable est inférieure aux valeurs données par la norme P18-301 ; c'est un signe que les granulats utilisés sont propres.

- Le module de finesse du sable ordinaire est de 1,95. Il indique un sable fin, qui est caractérisé par une facilité de mise en œuvre au détriment probable de la résistance et une demande en eau élevée.

- Le module de finesse du sable recyclé est de 3,12. Il s'agit d'un sable grossier, qui permet d'avoir une résistance élevée mais provoque en général une mauvaise ouvrabilité.

- Les granulats recyclés ont une teneur en carbonate supérieure à celle des granulats ordinaires, ce qui indique un bon collage de la pâte de ciment avec la surface des graviers

- La courbe granulométrique de sable recyclé présente une bonne régularité de la granularité (figure 1).

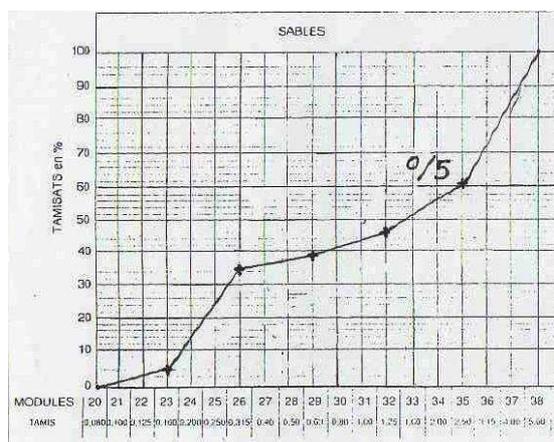


Figure n° 1 : Courbe granulométrique de sable recyclé

3.3. Programme expérimental

Dans le programme expérimental nous avons étudié une série d'essais à savoir :

-substitution de sable (formulation S) avec un taux de substitution de 0%, (E/C) constant, dosage en ciment de 350kg/m3 et squelette granulaire continu.

-substitution de sable (formulation S) avec un taux de substitution de 25%, (E/C) constant, dosage en ciment de 350kg/m3 et squelette granulaire continu.

-substitution de sable (formulation S) avec un taux de substitution de 50%, (E/C) constant, dosage en ciment de 350kg/m3 et squelette granulaire continu.

-substitution de sable (formulation S) avec un taux de substitution de 75%, (E/C) constant, dosage en ciment de 350kg/m3 et squelette granulaire continu.

-substitution de sable (formulation S) avec un taux de substitution de 100%, (E/C) constant, dosage en ciment de 350kg/m3 et squelette granulaire continu.

Et à chaque fois on observe le comportement du béton frais et durcis.

Tableau 2

Différentes compositions utilisées dans l'étude. *Série d'essai: Substitution de sable (formulation S)

N°	Notation	Type de béton
1	S1 (0%)	Béton témoin à base de granulats concassés de la carrière d'AIN SMARA et sable mer de CHATT
	S2 (25%)	Béton à base de granulats concassés de la carrière d'AIN SMARA et sable de CHATT avec substitution de 25% de sable recyclé de déchet de marbre de la carrière a bloc de FILFLA
	S3 (50%)	Béton à base de granulats concassés de la carrière d'AIN SMARA et sable de mer de CHATT avec substitution de 50% de sable recyclé de déchet marbre de la carrière a bloc de FILFLA.
	S4 (75%)	Béton à base de granulats concassés de la carrière d'AIN SMARA et sable de mer de CHATT avec substitution de 75% de sable recyclé de déchet marbre de la carrière a bloc de FILFLA.
	S5 (100%)	Béton à base de granulats concassés de la carrière d'AIN SMARA avec substitution de 100% de sable recyclé de déchet marbre de la carrière a bloc de FILFLA.

On a effectué sur le béton frais des mesures de la densité, l'air occlus et l'affaissement au cône d'ABRAMS ; et sur le béton durci des mesures de la résistance à la

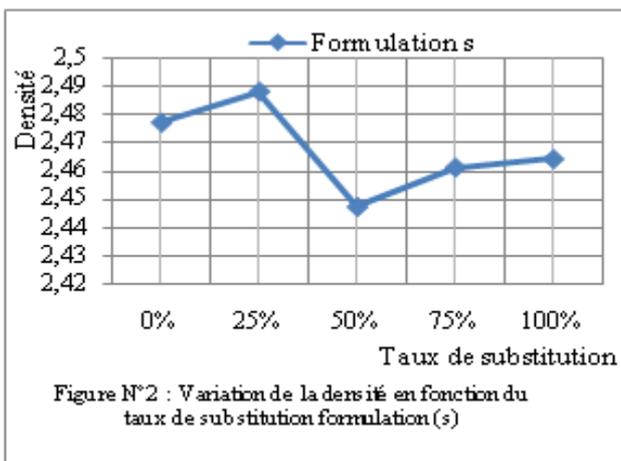
compression sur éprouvette 16x32 et la résistance à la traction par flexion sur éprouvette 7x7x28 à 2, 14, 28 et 90jours respectivement.

4. 4. Interprétation des résultats

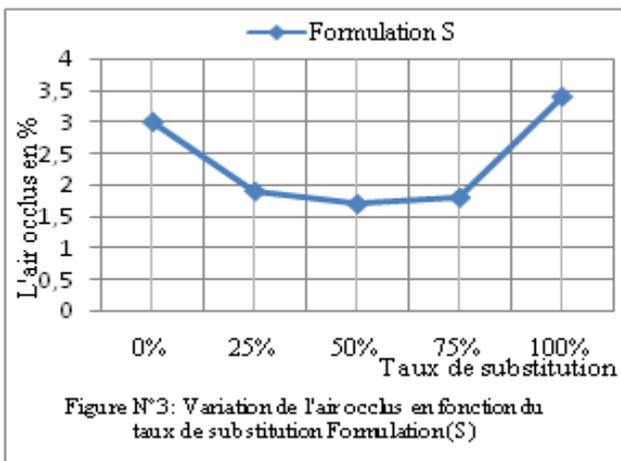
La figure 2 montre une diminution de 1,1% de l'air occlus entre le béton de granulat ordinaire et de taux de substitution de 25% de sable, puis une stagnation avec une variation modérée entre les bétons de 25%, 50% et 75% de taux de substitution tandis qu'une augmentation plus importante de 3,4% pour le béton à 100% de taux de substitution. Ce qui implique que l'introduction du sable recyclé diminue la teneur en air occlus.

La correction et l'évolution du module de finesse influent sur la teneur en air occlus.

La densité varie d'un pas à un autre. La valeur maximale est obtenue pour un taux de substitution de 25%.

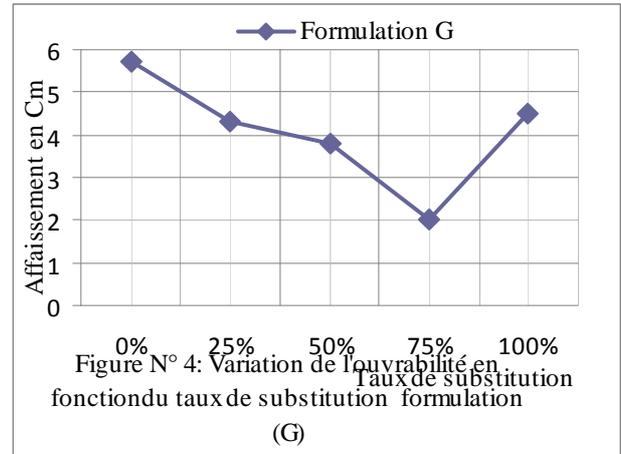


Selon la figure 3, l'affaissement au cône d'Abrams diminue en fonction de l'augmentation du taux de substitution : plus le taux de substitution est élevé plus l'affaissement est faible, donc la meilleure ouvrabilité est donnée par le béton de granulats ordinaires ; ceci peut être expliqué par la présence d'éléments fins du sable.

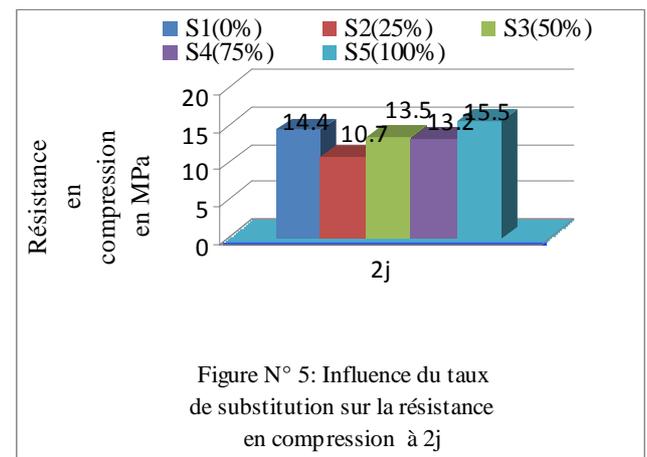


Selon l'histogramme (figure 4), on constate que les résistances initiales des différents bétons (à 2jours) atteignent (49%, 67%, 61%, 59%, 27% respectivement)

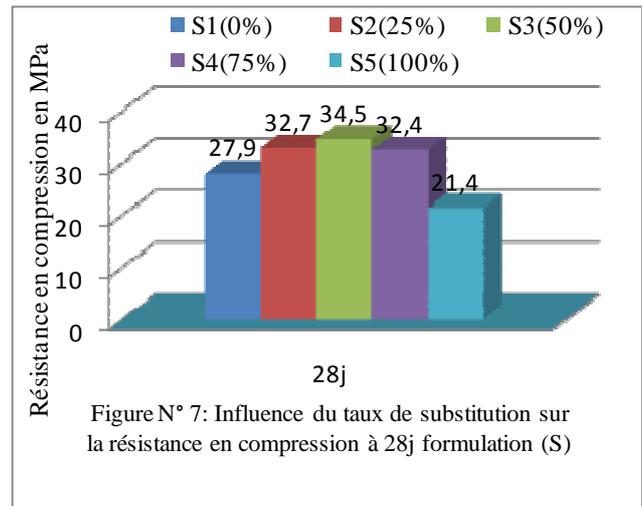
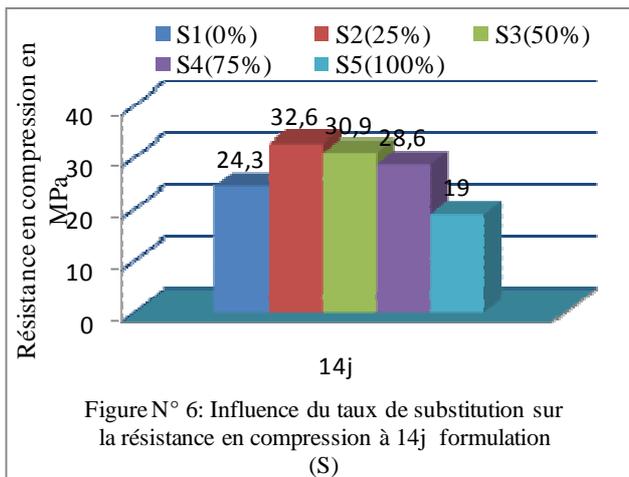
par rapport aux résistances finales (moyen terme) à 28 jours.



Les mélanges à base de granulats de substitution totale (à 100%) (figure n° 5) donnent les plus hautes résistances par rapport aux mélanges à base de granulats de substitution partielle.



La résistance des mélanges à base de substitution partielle est augmentée trois fois plus à 14jours (figure n° 6), pour se stabiliser à moyen et long terme (28jours et 90jours). On peut dire que le sable recyclé retarde le durcissement à jeune âge.

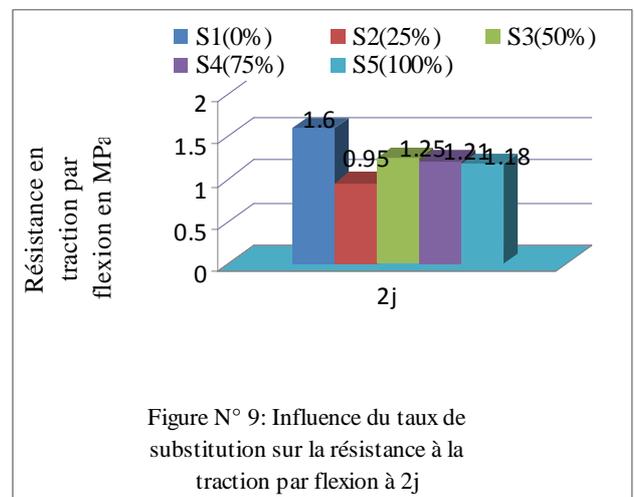
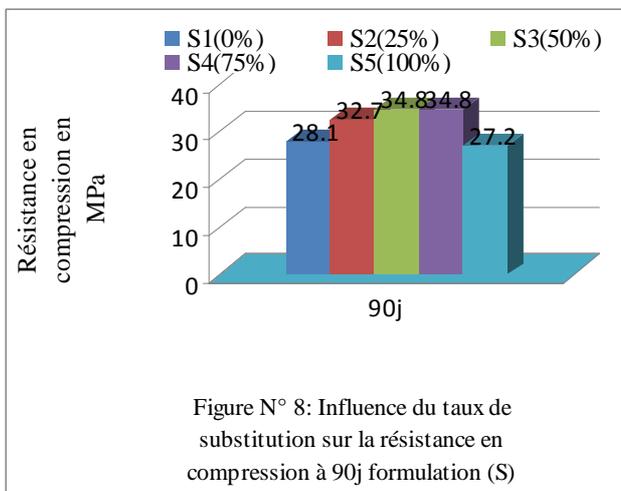


Les mélange à base de granulats substitués partiellement donnent de meilleures performances que ceux substitués totalement ou de référence. Ce qui confirme le rôle et la fonction d'un retardateur de durcissement joué par le sable de déchet de marbre.

La valeur maximale de la résistance à 28 jours est de 34,5 MPa obtenue dans le béton de 50% de taux de substitution et la valeur minimale est de 21,4 MPa obtenue dans le béton de 100% de taux de substitution.

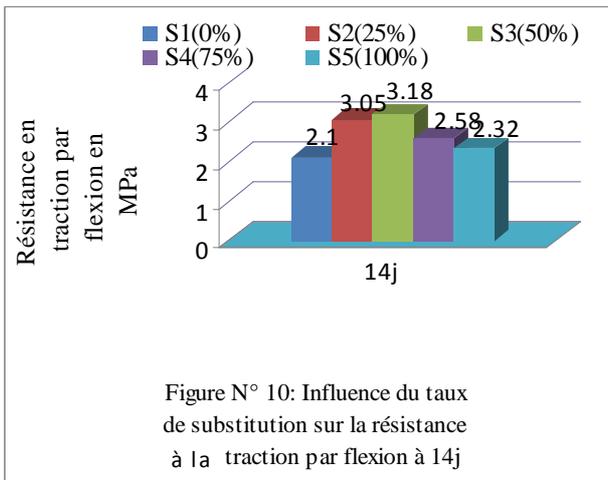
Les résistances initiales au jeune âge (2jours) des bétons de granulat ordinaires et de 25%,50%,75%,100% de taux de substitution atteignent (48%, 69%, 64%, 57%, 52% respectivement) par rapport aux résistances finales (moyen terme) à 28 jours (figure ° 9).

Les mélanges à base de granulats de substitution partielle ou totale donnent les plus faibles résistances par rapport aux mélanges à base de granulats ordinaires.

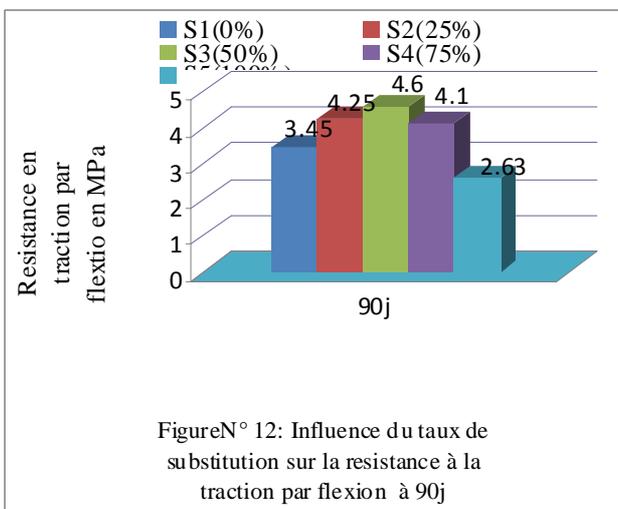
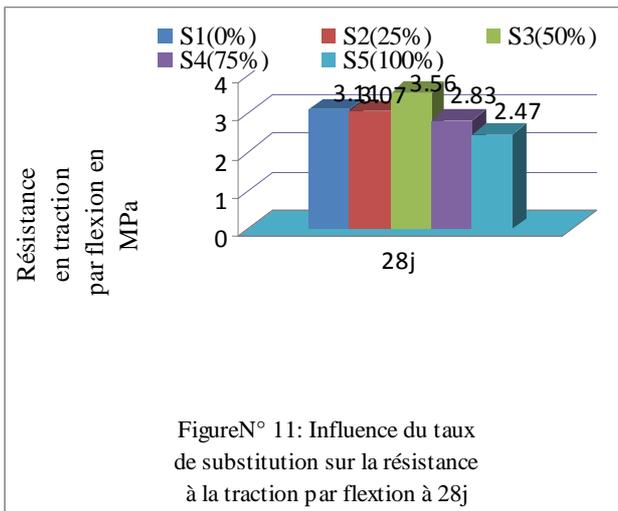


Entre 28 jours et 90jours, les résistances obtenues n'enregistrent pas une évolution sensible (augmentation) pour tous les mélanges contenant des granulats ordinaires, à l'inverse de la composition à base de granulats recyclés d'où un gain de 5,8 MPa, ce qui montre que l'hydratation du ciment est perturbée par l'introduction du sable de déchet de marbre même en substitution du sable (figure n° 8).

Les meilleures performances sont obtenues par les mélanges de 25% et 50% de taux de substitution. À jeune âge le sable recyclé ralentit l'augmentation de la résistance en traction (figure 10).



La valeur maximale de la résistance en traction à 28 jours est de 3,56 MPa obtenue dans le béton de 50% de taux de substitution et la valeur minimale est obtenue par le béton de 100% de taux de substitution (figure 11).



Entre 28 et 90 jours, les résistances obtenues n'enregistrent pas d'augmentation sensible pour tous les mélanges contenant des granulats ordinaires et des granulats recyclés (figure n°12).

Conclusion

Cette étude apporte un éclairage sur la valorisation des sous produits et devrait aider, à terme, à la mise en place des règles de formulation de bétons à base de granulats de substitution.

La base de cette étude est de déterminer les performances de chaque composition qui permet de comprendre le comportement de sable de déchets de marbre dans le béton.

L'étude de la faisabilité de cette utilisation passe par plusieurs étapes, leur influence sur l'ouvrabilité et résistances mécaniques, sont les aspects les plus importants dans cette étude.

La meilleure ouvrabilité est donnée par le béton de granulats ordinaires. Ceci peut être expliqué par la présence d'éléments fins du sable.

Les mélanges à base de granulats substitués partiellement donnent les meilleures performances en compression que ceux substitués totalement ou de référence.

La valeur maximale de la résistance en traction à 28 jours est obtenue avec le béton de 50% de taux de substitution.

Les résultats obtenus montrent que les déchets de marbre peuvent être techniquement utilisés comme substituant dans les bétons hydrauliques.

6. Bibliographie

- [1] Pierre Pimienta ; Patrick Delmotte : Blocs de construction en granulats recyclés CSTB MAGAZINE N=109 novembre 97
- [2] L.Azzouz ; M.Bouhicha ; S.Kenai ; M.Hadjoudja : Recyclage des déchets de briques dans le béton de sable de dunes (PROCEEDINGS du 1^{er} colloque national de génie civil : matériaux de construction, novembre 2000, université de Mostaganem).
- [3] F.Debieb ; S.Kenai : les performances du béton recycle a base de gros et fins granulats de brique concassée (PROCEEDINGS du 1^{er} colloque national de génie civil: matériaux de construction, novembre 2000, université de Mostaganem).
- [4] Jan Desmyter-Edmonde Rousseau, CSTC : RTD info 26 le bâtiment ce recycle, mars 2004