

Etude sur les Performances des composites à base de sable bitumineux recyclés

O. HERIHIRI^a, N.GUESMI^a, A.BELLABD^a, S.BENZIANE^a, A. GUETTALA^c

a. Département Génie de la Matière, Université Dr Yahia Farès de Médéa. heri.widalg@gmail.com

c. Laboratoire de Recherche en Génie Civil " LRGC " Université de Biskra . Alger. guettala@univ-biskra.dz

Résumé :

Depuis plus de 10 ans, l'Algérie a traversé un long chemin de développement dans presque tous les secteurs économiques, ce qui a donné naissance à plusieurs projets stratégiques pour le pays; l'autoroute est-ouest, étant un des plus grands de ces projets, réalisés avec une distance de 1 216 km (enveloppe de 13 milliards de dollars), présente un grand atelier de valorisation des déchets de la déconstruction des routes qui génèrent les granulats bitumineux réemployés dans le domaine de la construction.

Dans ce contexte, ce projet a pour but d'étudier l'influence de sable bitumineux recyclé, sur le comportement des mortiers. Les propriétés des composites élaborés à l'état frais (ouvrabilité, air occlus) et durci (résistance à la compression, résistance à la traction) des différents mortiers ont été analysées et comparées. Les résultats expérimentaux confirment l'effet direct de sable bitumineux recyclé ajouté dans notre mortier à différents pourcentages sur les propriétés du mortier.

Les résultats générés dans cette étude permettront donc de mieux comprendre l'évolution des propriétés des mortiers en fonction de différentes quantités de sable recyclé bitumineux, ces données pourront ainsi être utilisées pour analyser le comportement mécanique (compression et traction) des bétons.

Mots clefs : Recyclage, Sable, Bitume, Traction, Résistance

Abstract

For more than 10 years, Algeria crossed a long way of development in almost all the sectors economic, what gave birth(rise) to several strategic projects for the country; the east-west highway, were one of bigger of these projects realized with a distance of 1 216 km (13 billion dollar envelope) presents a big workshop(studio) of valuation of the waste of the demolition of the roads which generate the bituminous aggregates reused in the field of the construction.

In this context, this project in for purpose to study influence of tar sand recycled on the behavior of mortars formulated with these recycled aggregates. Then the properties of composites developed in the fresh state (ouvrabilité, occluded air) and hardened (compression resistance, traction resistance) various mortars were analyzed and compared. The experimental results confirm the direct effect of recycled tar sand added in our mortar to various percentage on the properties of the mortar.

The results(profits) generated in this study will thus allow to understand(include) better the evolution of the properties of mortars according to various quantities of bituminous recycled sand, these data can so be used to analyze the mechanical behavior (compression and drive) concretes.

Keywords : Recyclage, Sand, Bitume, Traction, strength.

1 Introduction

La production de granulats est assurée en majeure partie par extraction dans les carrières. Il existe par ailleurs deux autres ressources qui permettent aux industriels de produire des granulats. On parle alors de granulats recyclés et de granulats artificiels.

Les matériaux recyclés peuvent représenter une excellente source de granulats, l'utilisation de ces matériaux dans le béton favoriserait d'une part la récupération des matériaux en circulation, et d'autre part la protection des ressources naturelles. Ainsi, l'objectif de ce projet est d'étudier l'influence de sable bitumineux recyclé sur le comportement mécanique du mortier (de construction et de réparation) et de minimiser les risques de faible résistance en traction.

La quantité de bitume à l'intérieur des enrobés bitumineux est généralement de 3 à 7 % en masse, mais selon des études réalisées aux États-Unis, les granulats bitumineux obtenus à partir de la majorité des couches de roulement ont en moyenne de 4,5 à 6 % de bitume (en masse) [1]. Les granulats bitumineux sont composés de plus de 90 % de granulats naturels, leurs propriétés dépendront grandement de celles des granulats naturels qui les composent.

La présente étude consiste donc à intégrer et réutiliser le matériau de sable bitumineux recyclés afin de formuler un béton bitumineux neuf avec différents pourcentages de ce sable, en substituant le sable naturelle par les granulats de sable bitumineux recyclés à des teneurs volumiques de $g=25\%$ puis 50, 75 et finalement 100 %.

2 Caractéristiques Des Matériaux Utilisés :

Les constituants entrant dans la composition des composites sont :

2.1 Le ciment

Un seul type de ciment est utilisé au cours de cette étude expérimentale. Il s'agit d'un ciment portland composé CPJ-CEM II/A 42.5, produit par la cimenterie d'Oggaz (Mascara) dont l'ajout est le calcaire qui est conforme à la norme [NA 442] [2].

Le tableau 1 résume les résultats des essais physiques sur le ciment utilisé.

Tableau 1 : Essai physiques sur ciment

Essais	Norme
Consistance normale de la pâte de ciment (%)	25.50-28.00
Retrait à 28 jours (mm/m)	< 1000
Expansion (mm)	0.50 – 2.50
Début de prise (min)	120 – 180
Fin de prise (min)	210-280

Tableau 2 : Evolution de la résistance du ciment en fonction de l'âge

Âges (jours)	Résistance à la compression (MPa)
2	>20
28	≥ 42.5 et 62.5

2.2 Le sable

Trois types de sable utilisés dans cette étude,

A. Le sable bitumineux

Le sable recyclé bitumineux utilisé dans cette étude (figure II.2), de dimension 0/4. C'est un mélange de sable naturel (souvent de forme arrondie), de sable concassé et de bitume très dur.

B. Le sable roulé

Le sable roulé utilisé dans cette étude est Hassi Bahbah de la région de Djelfa, située à 300 Km au sud d'Alger, sa classe granulaire est 0/0,315, c'est un sable fin (figure II.4) et est utilisé pour corriger le sable de concassage utilisé.

C. Le sable de concassage

Pour le sable de concassage utilisé de dimension 0/3, provenant de la station de concassage de MONT GORNO situé à 25 Km au sud de Médéa.

2.2.1 Masses volumiques

Après avoir soumis les granulats utilisés à différentes essais de caractérisation, les résultats trouvés sont résumés dans les deux tableaux suivant (Tableau 3 et 4) :

Tableau 3 : Les masses volumiques des différents sables utilisés

	Roulé	Concassé lavé	Recyclé bitumineux
Masse volumique apparente (kg/m ³)	1435	1530	1389
Masse volumique absolue (kg/m ³)	2613	2631	1818

Tableau 3 : Compacité, porosité et indice des vides des différents sables utilisés

Sable	roulé	Concassé lavé	Recyclé bitumineux
Compacité (%)	54.9	58.1	76.4
Porosité (%)	45.1	41.9	23.6
Indice des vides	0.82	0.72	0.31

2.2.2 Equivalent de sable

Les résultats de l'essai d'équivalent de sable sont résumés dans le tableau 4 suivant :

Tableau 4 : L'équivalent de sable des différents sables utilisés

Sable	ESV	ES	Observations
Roulé	90.54	61.73	Sable légèrement argileux : à ne pas utiliser seul
Concassé lavé	96.11	88.34	Sable très propre : bonne utilisation
Recycle bitumineux	78.21	76.54	sable propre

A travers ces résultats, il passait clair que le sable (concassé ou bitumineux) est grossier alors que le sable roulé est fin, ce que nous oblige de corriger le fin par le grossier pour avoir un mélange convenable avec un équivalent de sable acceptable.

Les corrections faites selon la méthode d'ABRAMS [3] et le module de finesse souhaité (Mf souhaité = 2.5). La courbe granulométrique des sables utilisés est illustrée dans la figure 1 suivante :

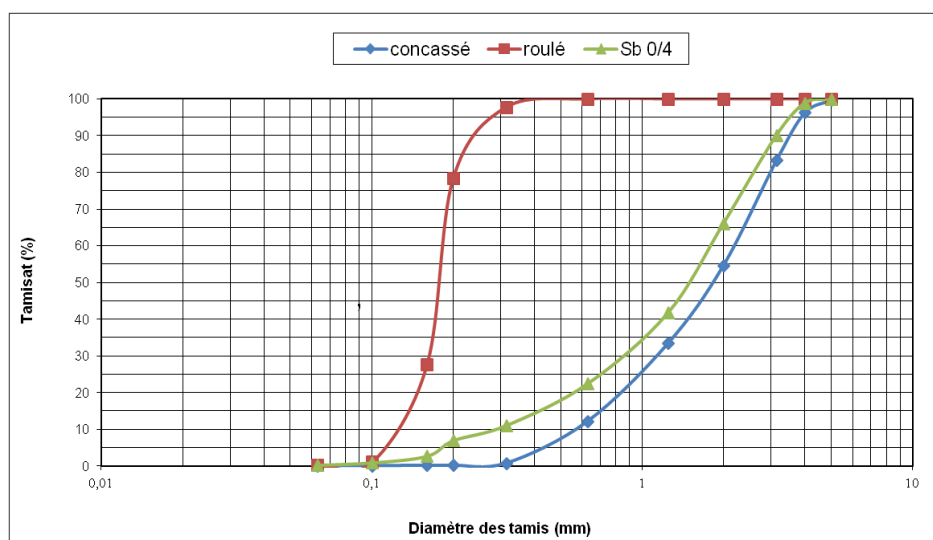


Figure1 : La courbe granulométrique des sables utilisés.

2.3. L'eau de gâchage

L'eau de gâchage utilisée pour la confection de béton est une eau potable du robinet, exempte d'impuretés, conforme à la norme [NFP 18-303].

3 Description Des Composites

Le programme expérimental a pour but de contribuer à la valorisation des granulats de sable bitumineux recyclé par leur incorporation dans une matrice cimentaire, pour l'élaboration d'un composite comparable à celle élaborées à base de granulats naturelles.

Cinq différentes familles (M0%-M1 25%-M2 50%-M3 75%-M4 100%) de mortier sont fabriquées à base de sable de concassage corrigé et de sable recyclé bitumineux comparés (chacun par rapport à son type) à un mortier témoins (M0%).

4 Caractérisation des composites :

Les résultats des différents essais faites sur les granulats, le mortier frais et durci sont rassemblés ci-après et les valeurs données sont les moyennes arithmétiques des trois résultats d'essais. Les résultats données ci-après sont regroupés selon deux modes : à l'état frais et à l'état durci.

5 Analyse Des Résultats

5.1 Les essais réalisés à l'état frais

Deux essais réalisés sur le mortier à l'état frais sont : la teneur en air, et la mesure du temps d'écoulement dans le maniabilimètre. Afin de limiter le nombre de compositions et de pouvoir comparer sur une base commune, les différents mélanges ont été réalisés avec un E/C constant.

5.1.1 La teneur en air

Lors de la confection des différents mortiers, on a remarqué une moins bonne adhérence entre la pâte de ciment et le sable bitumineux recyclé dans le mortier, ce résultat a été confirmée par Hasen [4]. La Figure 2 présente les différentes valeurs de la teneur en air trouvée.

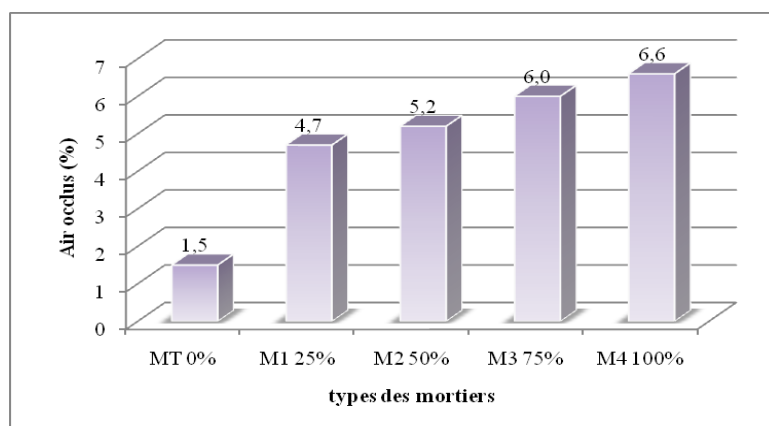


Figure 2 : Teneur en air des mortiers réalisés.

La teneur en air des mortiers à base de sable bitumineux recyclé augmente avec l'augmentation de pourcentage de substitution en sable recyclé par rapport à celle du mortier naturel. Ceci est comparable aux résultats des travaux antérieurs [5, 6, 7].

5.1.2 Le temps d'écoulement

Les résultats sont représentés sur un histogramme (Figure 3) qui permet de comparer les valeurs du temps d'écoulement des différents mortiers réalisés.

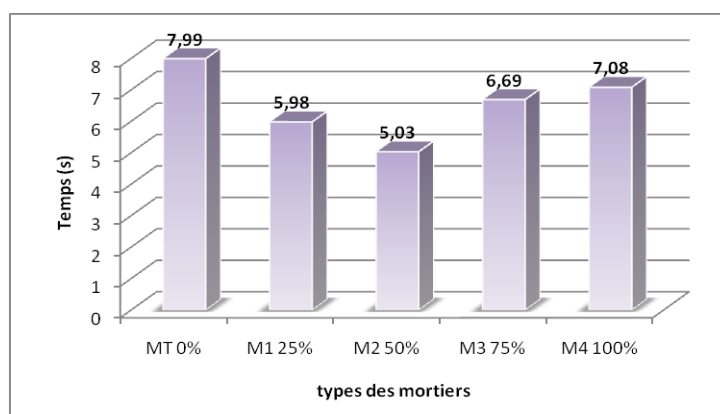


Figure 3 : Temps d'écoulement des mortiers réalisés.

On remarque que le temps d'écoulement des différents mortiers diminue avec l'augmentation du pourcentage en substitution du sable recyclé jusqu'à 50 % (obtention d'un mortier un peu plus fluide par rapport au mortier naturel) ensuite à partir de 75 % et 100 % le temps d'écoulement revient à augmenter mais reste inférieure au mortier témoin.

5.2 Les essais réalisés à l'état durci

Pour chaque essai, le résultat est la moyenne de deux mesures pour essai de traction par flexion et quatre mesures pour essai de compression présent sur deux éprouvettes à l'âge de 3, 7 et 28 jours et ceci est valable pour les cinq différents types des mortiers.

5.2.1 Résistance à la compression

Les résultats sont illustrés dans la figure 4.

Tableau III.7 : Résistance à la compression des mortiers réalisés

Types des mortiers	Rc (MPa)			$\Delta Rc / Rc$ (%)
	3j	7j	28j	28 j
MT0%	21,46	30,03	36,61	0
M1 25%	20.63	26.88	32,51	11.19
M2 50%	17.51	24.50	30,11	17.75
M3 75%	16.32	22.55	24,22	33.84
M4 100%	16.07	21.17	21,6	40.99

Les différentes valeurs de la résistance à la compression sont données par la Figure III.5

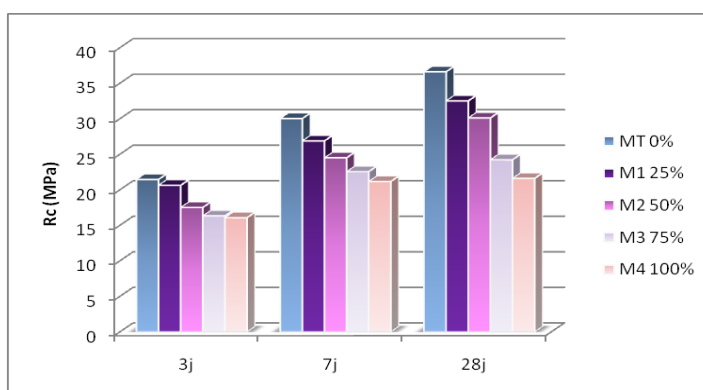


Figure 4 : Variation de la résistance à la compression des différents types des mortiers

Lors de la réalisation des essais de compression, on a observé que la résistance en compression des mortiers recyclés à base de sable bitumineux recyclé augmente en fonction de l'âge et diminue en fonction de l'augmentation du pourcentage en substitution en sable recyclé, cette résistance est de 30 MPa avec 50% de substitution en sable recyclé, par comparaison de leur mortier de référence la chute en résistance est de l'ordre de 17,75%.

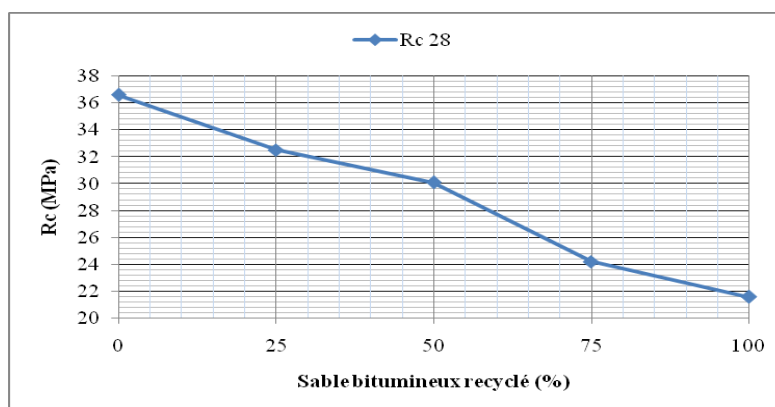


Figure 6 : Variation de la résistance à la compression en fonction du sable bitumineux recyclé.

Ce résultat se rapproche des résultats trouvés ailleurs. En effets, une diminution de résistance serait de l'ordre de 61% [9, 10, 11] et de 23% [4] respectivement pour un remplacement à 100% de gros ou de fins granulats naturels par des granulats recyclés.

5.2.2 Résistance à la traction par flexion

La mesure de la résistance à la traction est importante surtout pour identifier l'adhérence ciment / grains. Les résultats trouvés durant ce travail sont résumés dans la figure 7.

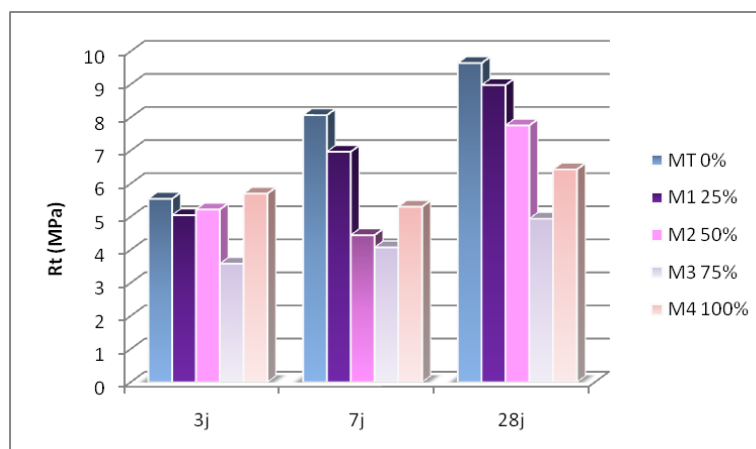


Figure 7 : Variation de la résistance à la traction par flexion des différents types des mortiers

La résistance en traction à l'âge de 3 jours est comparable par rapport au mortier témoin, mais à partir de 7 jours de cure on remarque bien une chute considérable.

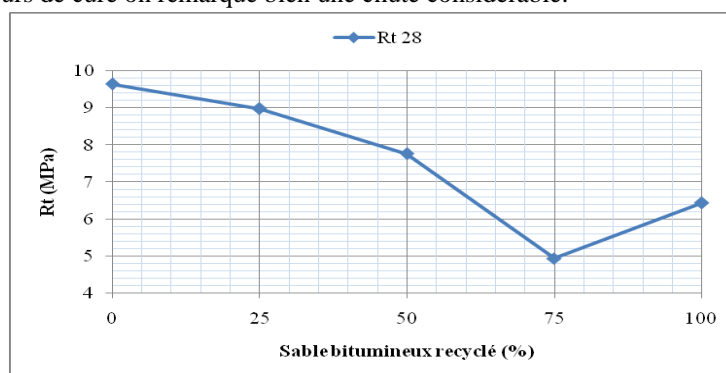


Figure 8 : Variation de la résistance à la traction en fonction du sable bitumineux recyclé.

Cette chute est d'environ 19,55% pour un remplacement de 50% en sable recyclé par rapport à leur mortier témoin. En effet de l'ancienne quantité du bitume qui entoure les granulats est la cause principale de cette différence de résistance en traction. Ce résultat est confirmé par Quellet [8] qui avait conclu que, la résistance en traction par flexion n'est pas sensible aux variations de rapport E/C mais plutôt à la nature des granulats.

Conclusions

L'objectif de ce travail est de déterminer l'influence du sable bitumineux sur le comportement mécanique des mortiers à l'état frais et durci. Sur base des différents résultats expérimentaux, on peut conclure ce qui suit:

- L'air occlus dans le mortier augmente par l'augmentation du pourcentage en substitution en sable bitumineux recyclé ;
- La substitution de sable naturel par le sable bitumineux avec des pourcentages croissantes peut rendre le mortier plus fluide et par conséquent il est possible de réduire la consommation d'eau ;
- Pour avoir une meilleure résistance à la compression et à la traction on peut limiter l'utilisation du sable bitumineux recyclé jusqu'à 50% ;

- Les essais mécaniques réalisés sur le mortier, qui ne contient que des sables bitumineux, montrent que ce type de béton a des caractéristiques mécaniques satisfaisantes, Sans oublier les intérêts d'ordre économique qu'on peut en avoir ainsi que l'aspect environnemental présenté par l'évacuation et la valorisation des déchets de béton bitumineux.

Références

- [1] Turner – Fairbank highway research center. Federal highway administration. USA (1999) www.tfhr.gov ; www.tfhr.gov/recycle/waste/toc.htm.
- [2] NA 442 ; Normes Algérienne : « Ciment - Composition, Specifications Et Criteres De Conformite Des Ciments Courants », 1994, 2000.
- [3] G.DREUX, JEAN FESTA ; « Nouveau Guide Du Béton Et Ses Constituants, 8^{ème} édition, Eyrolles ,1998.
- [4] T.C. Hasen T.C; « Recycling Of Demolished Concrete and Masonry », RILEM Report 06, Published by E and FN Spon, London, 1992.
- [5] F.Debieb ; « Valorisation Des Dechets De Briques Et Beton De Demolition Comme Agregats De Beton », Thèse de Magister de l'université de Blida, Algérie, Novembre 1999.
- [6] Sagoe – K.K. Centsil, T.Brown and A. H.Taylor; « Performance of Concrete Made with Commercially Produced Coarse Recycled Concrete Aggregate », Cement and Concrete Research, 31, 2001, pp.707-712.
- [7] kenai S, F.Debieb . and L.Azzouz .; « Mechanical Properties And Durability Of Concrete Made With Coarse And Fine Recycled Aggregates», in « Sustainable Concrete Construction », Edited by R. K. Dir, T. D. Duer and J. E. Halliday, Published bu T. Thelford. London, Sept.2002, pp.383-392.
- [8] E .Quellet ; « Formulation Et Etude Du Comportement Mecanique Des Betons Compactes Au Rouleau », Mémoire de maitrise ès science de l'université Laval, Canada, 1998.
- [9] I.Tori, M. kawamura, K.Takemoto and S. Hasaba, « Applicability of Recycled Concrete Aggregate As An Aggregate for Concrete Pavement », Transaction of the Japan concrete institue, Vol. 6, 1984, pp. 133-140.
- [10] R.S.Ravindraradjah and C.T.Tam : « Properties Of Concrete Made With Crushed Concrete As Coarse Aggregates », Magazine of Concrete research, Vol. 37, N° 130, March 1985, pp. 29-38.
- [11]R. Ravindraradjah , Y.H. Loo. and C.T. Tam.; « Recycled Concrete As Fine And Coarse Aggregate In Concrete», Magazine of Concrete research, Vol. 39, 1987, pp. 214-220.