

## Valorisation des fraisât routiers et produits de démolition pour la fabrication de mélanges granulaires traités aux liants hydrauliques

S. Mezhoud<sup>1</sup>\*, H. Houari, F. Boubaker

<sup>1</sup>Laboratoire Matériaux et Durabilité des Constructions, Université des frères Mentouri Constantine, Algérie.

\*Corresponding author: [mezhoud.sami@umc.edu.dz](mailto:mezhoud.sami@umc.edu.dz) ; Tel.: +213 553 481 132; Fax: +213 0 93 05 90

### ARTICLE INFO

#### Article History:

Received : 08/12/2016

Accepted : 23/09/2017

#### Keywords:

Demolition products; Asphalt millings; Reclaimed aggregate; Recycling.

#### Mots clés:

produits démolition; fraisât routiers ; agrégats recyclés, valorisation.

### ABSTRACT/RESUME

**Abstract:** The objectives of this work are to promote the act of valorization and to show the significant potential of recycled material in roads construction. In this aims, the above research will present an experimental study for making granular mixtures, hydraulically bounded (MGTLH) from two recycled materials that are: 1) concrete demolition products and 2) Reclaimed asphalt materials. To proceed several mixtures incorporating these materials were formulated and which are compared with a control mix based on naturel aggregates. Performance verifications focused on the ability to compaction via a Proctor study, and mechanical performances using unconfined compressive strength, tensile test device and indirect measurements of elastic modulus values. Finally deformations of produced MGTLH are checked through measurement of the total shrinkage. The results obtained show that the incorporation of these materials present lower performance that the control mix. However, remains significant and encouraging their admittance in the roads construction.

**Résumé:** L'objectif principal de ce travail est de promouvoir l'acte de valorisation et de dévoiler l'important potentiel d'emploi des matériaux recyclés dans la construction routière. Dans ce contexte, cette recherche présente une étude expérimentale pour la mise en œuvre de graves traitées aux liants hydrauliques (MGTLH) à partir de deux types de matériaux recyclés qui sont : les produits de démolition de béton et les fraisât routiers. On a procéder à la formulation de plusieurs mélanges incorporant ces matériaux recyclés, pour vérifier leurs aptitude au compactage et leurs performances mécaniques à court et à long terme aux moyens d'essai de compression, de traction indirect et mesures des valeurs du module d'élasticité. Enfin les déformations produites sont vérifiées à travers des mesures de retrait hydraulique total. Les résultats recueillis montrent que l'incorporation de ces matériaux présente des performances moindres que les graves de carrière mais reste appréciable et incitent leurs emplois dans le domaine routier.

### I. Introduction

Le recyclage, la réutilisation, ou la valorisation sont des comportements qui visent à minimiser l'énergie d'élaboration et à tirer profit des matériaux

usées. L'objectif principal sera sans doute de faire des économies de cout.

Heureusement, la recherche de cet intérêt humain découlera à un certain respect de l'environnement, liée au fait de minimiser les risques de pollution de

l'extraction et l'emploi des matériaux dites nobles. D'autre parts, le concept du développement durable comme adopté au « sommet de la terre de L'ONU, tenu à Rio [1], est définie comme : « la capacité de satisfaire nos besoins sans compromettre l'aptitude des générations futures à couvrir leurs propres besoin avec un minimum de changement ». Dans cet esprit, l'emploi de ces matériaux recyclés notamment les fraisâtes de route et produits de démolition devient une priorité et une alternative qui mérite d'être clairement approuver.

Parmi les domaines qui offrent la possibilité de réinsertion figurent les chaussées routières semi-rigides employant des mélanges granulaires traitées aux liants hydrauliques « MGLTH » [2]. Ces dernières nécessitent des matières plus au moins nobles, de qualité inférieure et avec des performances requises de niveau médium. Ceci n'empêchera pas bien sûr, d'avoir les objectifs et privilèges de l'usage de ce type de chaussée pour obtenir un corps de chaussée optimisé, plus rigide et qui permettra d'avoir un comportement bien adapté aux sollicitations engendrées par le trafic lourd.

A travers la recherche bibliographique, il existe plusieurs études qui ont abordé l'emploi des agrégats recyclé pour la confection des bétons et mortier [3, 4, 5, 6, 7]. Les conclusions préliminaires portent sur les intérêts environnementaux d'une telle intégration [4]. Cependant elles ne sont pas concluantes. Les granulats recyclés sont considéré comme granulats hors normes [8]. La principale limitation dans le cas des produits de démolition est la teneur soluble des sulfates, qui a un maximum de 0,8 % autorisée [7]. Dans le cas de l'incorporation dans les couches de routes, Il y a peu de recherche sur ce sujet. On note les travaux de Xuan et al [6] qui ont étudié l'influence de la proportion de particules de démolition sur les performances des MGLTH produits.

C'est dans cette optique que s'inscrit notre travail, qui a pour objet d'apporter plus de précision sur cette manière de recyclage et puis pour évaluer dans un contexte purement locale les propriétés des MGLTH fabriquées à base d'agrégats recyclés.

## II. Matériaux utilisés

Pour mener notre plan expérimental, plusieurs matériaux ont été sélectionnés :

- Un ciment de type CEM II / A 42.5N, qui provient de la cimenterie HAMMA BOUZIYANE, Wilaya de Constantine (Tableau 1).

- Une Grave non traité concassée de type 0/31.5. Elle est utilisée comme témoin. Cette grave provienne de la carrière Grouz situé à la Wilaya Mila et exactement à la commune de Chelgoum Laid. La roche mère est de d'origine calcaire.

- Produits de démolition de béton et matériau de construction (Figure 1). Ils proviennent des déchets du laboratoire LMDC de Constantine. Ils sont constitués de : 50% produit de démolition d'éprouvette, restes de gravier, sable et 50% de produit de maçonnerie (brique et leur mortier). Le produit est sans doute mélangé avec une portion d'argile et déchet de papier ou plastique. Il est à signaler que pour constituer la quantité nécessaire, il y lieu de faire un broyage séparé avec l'appareil los-angles, et faire passer les produits au tamis 31.5mm. Les constituants vont être mélangés après à sec à l'aide d'un malaxeur à béton.

- Des produits de fraisât qui proviennent de l'opération de fraisage de l'autoroute est-ouest de la section situé entre PK152+000 au PK 154+000 (Figure 2). Ces fraisât sont déjà stocker dans des tas, devant le site du projet.



Figure 1. Produits de démolition utilisés



Figure 2. Fraisât routiers utilisés

Tableau 1. Caractéristique du ciment utilisé

Composition Potentielle du ciment (%)		Les constituants %	
C3S	55-65	CLINKER	≥ 74
C2S	10-25	GYPSE	4-6
C3A	8-12	CALCAIRE	0
C4AF	9-13	LAITIER	≤ 20

### III. Résultats et discussion

#### III.1. Résultats des travaux de caractérisation

Pour les maîtres d'ouvrage et entreprises, l'emploi des matériaux en couche traitée aux liants hydraulique est régi par une réglementation stricte. En outre la courbe granulométrique doit s'insérer dans le fuseau de spécification de la norme NF EN 13285 [9]. La figure 3 présente le résultat de l'analyse granulométrique des trois graves utilisés.

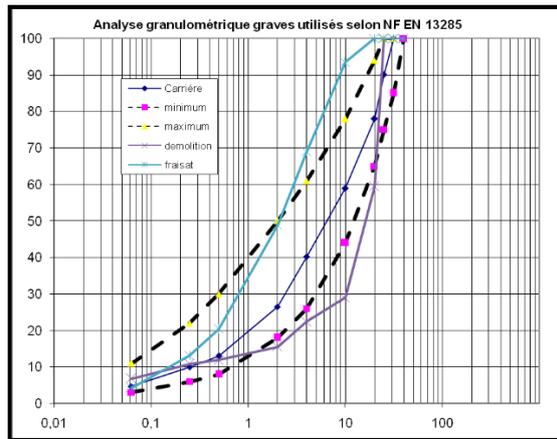


Figure 3. Analyse granulométriques des graves utilisées.

Les résultats de l'analyse granulométrique montrent que les granulats recyclés sont en dehors du fuseau de spécification. Ceci démontre que ce type d'agrégats nécessite une correction granulatoire. Surtout la fraction 5/10, dans le cas des granulats à base de matériau de démolition. Cette discontinuité granulatoire peut influencer les performances mécaniques.

Il y a lieu de vérifier aussi la propreté des graves utilisés par l'intermédiaire de l'essai d'équivalent de sable (PS) et celui du bleu de méthylène (VBS). Les résultats sont présentés dans le tableau 2. On constate que la GNT 0/31.5 est très propre, les fraisât présentent un pourcentage d'impureté, mais reste dans les tolérances normatives (<2.5). Les produits de démolition montrent un pourcentage important

d'impureté liée beaucoup à l'argile des fragments broyés de briques de construction.

D'autre part, la dureté et l'abrasion des graves sont évalués par le biais de l'essai Los-Angles et Micro-Deval, les résultats sont reportés dans la figure 4.

Ces résultats permettent de procéder à une classification des graves conformément à la norme XP 18-545 (figure 5) [10]. La codification des granulats utilisés permet de vérifier la possibilité de leur emploi en couches de chaussée. Effectivement Les granulats dont le code est C, E et D sont utilisables en couche de base des chaussées selon les spécifications normatives

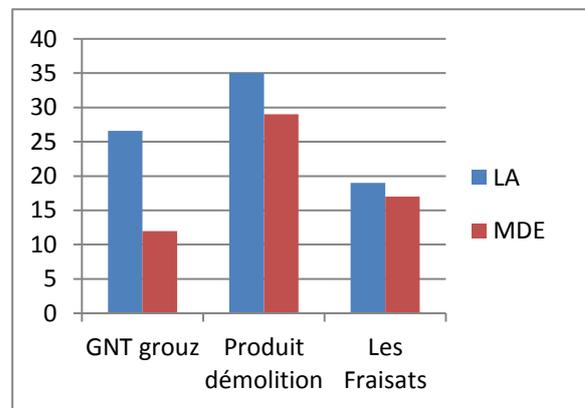


Figure 4. Comparaison des essais mécaniques

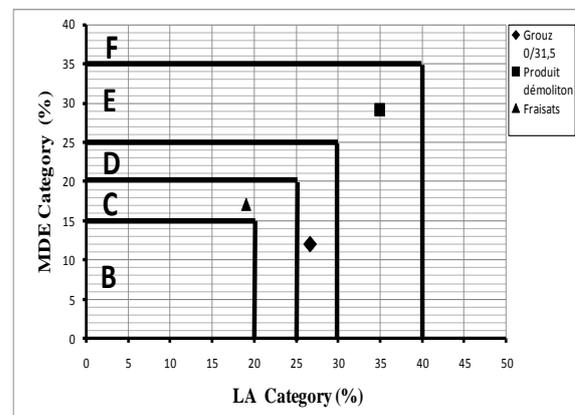


Figure 5. Code des graves utilisés.

Tableau 2. Propreté des graves utilisés

Nature Granulat	Paramètre de Propreté	
	P.S	VBS
GNT Grouz	57.5	0.4
Produit démolition	19.5	3.33
Les Fraisâtes	22.1	1.21

### III.2. Formulation des mélanges traités

Une étude de formulation est réalisée sur la base de la norme EN14227-1 [11]. Le pourcentage de ciment optimal est le paramètre recherché, pour avoir les exigences mécaniques minimales requises des graves traitées au ciment. L'étape de conception des chaussées requière des valeurs convenables à 360 jours des modules d'élasticité et résistances en traction. Pour avoir ces derniers, il n'est pas nécessaire de faire des observations qui dure une année, il suffit juste d'avoir ces paramètres à 28 jours, et par le moyen de coefficients et formules en peut obtenir les valeurs de conception à 360 jours. Cette méthode est stipulée par le guide technique de LCPC-SETRA [12]. Les valeurs mécaniques courantes à 360 jours d'une MGLTH traitée sont :  $E= 23000 \text{ Mpa}$  et  $\sigma = 0.83 \text{ Mpa}$ . Ceci induit pour un âge de 28 jours, des valeurs minimales de module d'élasticité  $E= 14950 \text{ Mpa}$  et résistance à la traction :  $R_{it}= 0.67 \text{ Mpa}$ . Pour les agrégats recyclés avoir des performances avoisinantes les seuils stipulés ci-dessus permet de conclure que leurs emploi est très faisable. Dans ce contexte, plusieurs mélanges sont confectionnés. Les variables sont alors le type d'agrégat et le pourcentage de ciment. Les mélanges seront ainsi caractérisés du point d'aptitude au compactage (étude Proctor) et divers essais mécaniques (essai de compression, traction indirect et module d'élasticité et retrait total).

### III.3. Les performances physico- mécaniques

Les résultats d'essais de compactage (Figure 7) montrent que les « mgtlths » à base de granulats recyclés, demandent une quantité importante en eau, elle peut atteindre le double que celle demandée par un « mgtlh » à base de granulats naturel. Ceci est peut être expliqué par la structure très alvéolaire de l'ancien mortier et béton qui retiennent plus d'eau [8]. Les densités obtenues des « mgtlths » à base des granulats recyclés sont supérieure à celles à base de granulats naturels, ceci est sûrement lié à l'aspect très angulaire du mélange recyclé qui permet une meilleure intercalation des grains sous l'effet du compactage.

En ce qui concerne les performances mécaniques (Figure 8 et 9), les résultats des « mgtlths » recyclés sont en deçà du seuil requis, tandis que les « mgtlths » naturel présentent des valeurs supérieures. Ceci est peut être en relation avec la présence du bitume dans le cas des fraisâts et à la discontinuité granulaire détectée dans le cas des produits de démolition. Ces paramètres ont vraisemblablement affectés les performances mécaniques. Cette situation est remédiable, si on procède à des corrections granulaires, ou à l'ajout de ces matériaux comme des fractions bien déterminé dans le mélange granulaire. D'autant plus que les granulats recyclés seuls demandent une quantité supérieure de ciment pour

avoir l'effet escompté. Les mgtlh naturel atteignent les performances requises pour un pourcentage de ciment inférieur même à 4 %, tandis que les autres graves traitées requièrent un pourcentage supérieur à 8%. Malheureusement dépasser ce seuil faire sortir l'opération de valorisation du contexte économique et devienne très onéreuse à mettre en œuvre.

Néanmoins, il se peut que la nature de ciment utilisé (CEM II / A 42.5N), à un rôle dans l'opération du traitement, il devra être pris en considération dans le futur. D'autres parts les mesures du retrait total (Figure 10), indiquent que les « mgtlths » recyclés présentent des valeurs importantes dues à la quantité d'eau supplémentaire qui n'a pas servi au processus d'hydratation. En plus ces deux matériaux présentent même des gonflements liés à la présence d'une fraction argileuse comme confirmé dans les essais de propreté.

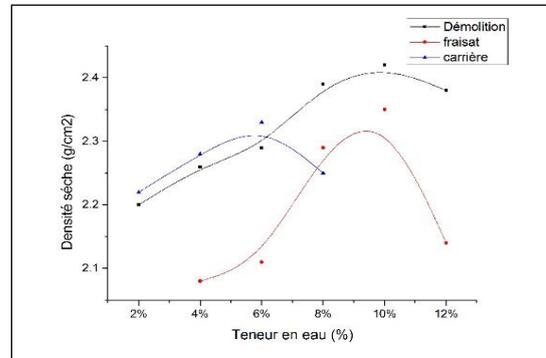


Figure 7. Courbe Proctor (cas ciment à 6%)

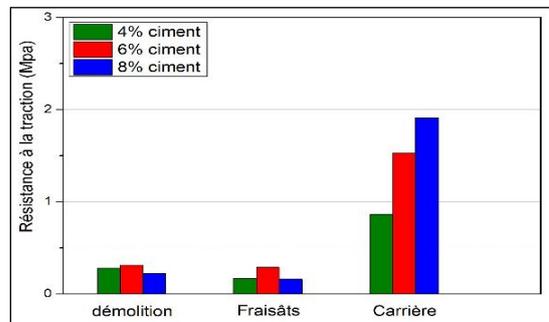


Figure 8 Essais traction par fendage.

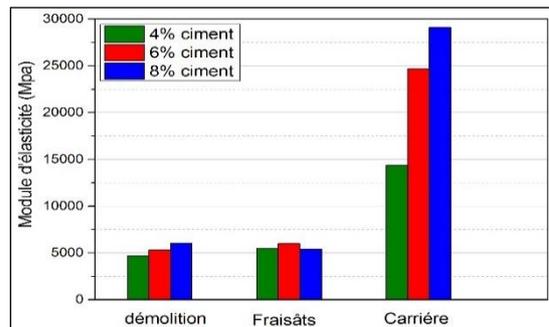


Figure 9 Essais module d'élasticité.

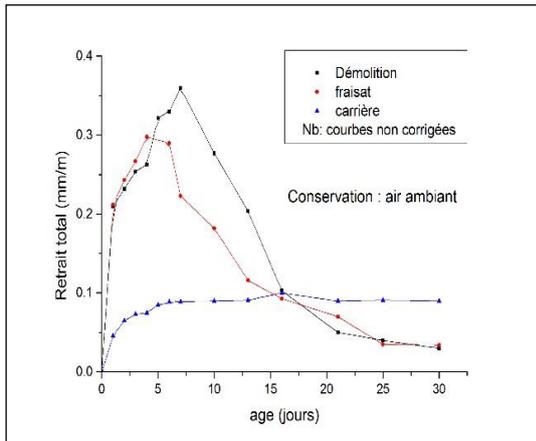


Figure 10 Mesure retrait total.

#### IV. Conclusion

L'objectif que nous avons fixé au démarrage de cette étude c'est essayé de valoriser deux type de matériaux qu'on trouve abondamment stocké un peu partout : les produits de démolition et les fraisâtes de route. Après réaliser une campagne d'essais de caractérisation, d'essai mécanique et mesure de retrait on peut conclure ce qui suit : Les matériaux type GNT reste toujours des matériaux nobles que les performances enregistrés sont meilleure et homogène.

Pour les matériaux de recyclage les résultats démontrent des performances moindres que la GNT, mais reste appréciable et incitent à un emploi dans le domaine routier.

Les fraisât de route apparait comme un matériau homogène avec un grand potentiel de valorisation. Toutefois la présence de bitume peut diminuer l'effet d'adhésion souhaité du liant hydraulique.

Pour les agrégats de recyclage d'origine matériaux construction, une attention particulière devra être donnée à l'aspect homogénéité des mélanges pour ne pas avoir des résultats dispersés.

#### V. References

1. Conférence des Nations Unies sur le développement-Sommet de Johannesburg. 2002. Available from: <http://www.un.org/french/events/wssd/pages/cnued.html>.
2. Williams, R. I. T. 1986. Cement-treated pavements: materials, design, and construction Elsevier Applied Science Publisher; New York, NY, USA.
3. Molenaar AAA, Van Niekerk AA. Effects of gradation, composition, and degree of compaction on the mechanical characteristics of recycled unbound materials. Transportation Research Record 2002; 1787:73–82.
4. Rodríguez G, Alegre FJ, Martínez G. The contribution of environmental management systems to the management of construction and demolition waste: the case of the Autonomous Community of Madrid (Spain). Resources, Conservation and Recycling 2007; 50(3):334–49.
5. Leite FC, Motta RS, Vasconcelos KL, Bernucci L. Laboratory evaluation of recycled construction and demolition waste for pavements. Construction and Building Materials 2011;25:2972–9.
6. Xuan DX, Houben LJM, Molenaar AAA, Zhonghe S. Mixtures optimization of cement treated demolition waste with recycled masonry and concrete. Materials and Structures 2011. Doi: 10.1617/s11527-011-9756-3.
7. Francisco Agrela, Auxi Barbudo, Antonio Ramírez, Jesús. Ayuso, María Dolores Carvajal, José Ramón Jiménez, Construction of road sections using mixed recycled aggregates treated with cement in Malaga, Spain. Resources, Conservation and Recycling Volume 58, January 2012, Pages98–106.
8. Nourredine ARABI & Layachi BERREDJEM. 2011. Valorisation des déchets de démolition comme granulats pour bétons. Déchets - revue francophone d'écologie industrielle - n° 60 : 25-30.
9. NF EN 13285. 2010. Graves non traitées - Spécifications
10. Norme, X. P. P 18-545 (2008). Granulats. Éléments de définition, conformité et codification, 20-25.
11. NF EN 14227-1. Mélanges traités aux liants hydrauliques—Spécifications—Partie, 1.
12. L. C. P. C et SETRA. 1994. Conception et Dimensionnement des Structures de Chaussée: Guide Technique. Laboratoire Central des Ponts et Chaussées et Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes, Ministère de l'Équipement, des Transports et du Tourisme.

#### Please cite this Article as:

Mezhoud S., Houari H., Ferkous B., Valorisation des fraisât routiers et produits de démolition pour la fabrication de mélanges granulaires traités aux liants hydrauliques, Algerian J. Env. Sc. Technology, 3:3-B (2017) 21-25