

Caractérisation de l'Hétérogénéité des Granulats de Béton Recyclés

Eliane Khoury^{1, 2}, Wesley Ambrós³, Bogdan Cazacliu¹, Carlos Hoffmann Sampaio³, Sébastien Remond²

¹ IFSTTAR, MAST- GPEM- Granulats Procédés et Elaboration des Matériaux, Route de Bouaye-CS4, 44344 Bouguenais, France

² IMT Lille Douai, Univ. Lille, EA 4515 - LGCgE – Laboratoire de Génie Civil et géoEnvironnement, F-59000 Lille, France

³ Mineral Processing Laboratory, Federal University of Rio Grande do Sul, 9500 Bento Gonçalves Avenue, Zip Code: 91501-970, Porto Alegre, Brazil

eliane.khoury@live.com, weslei.ambrós@ufrgs.br, bogdan.cazacliu@ifsttar.fr, sampaio@ufrgs.br, sebastien.remond@imt-lille-douai.fr

Résumé

In situ, le béton concassé obtenu provenant des déchets de construction et de démolition est toujours mélangé avec d'autres matériaux concassés tels que l'asphalte, la brique, le gypse, le verre ... Dans la littérature, des jigs ont été proposés pour concentrer les particules de béton et / ou diminuer les impuretés d'un granulats recyclé mélangé à la suite d'un tri par densité.

Les Granulats de béton recyclés (GBR) sont composés principalement de deux matériaux différents : le granulats naturel (gravillon ou sable) et la pâte de ciment attachée. Il est généralement admis que plus la taille des GBR est fine, plus la quantité de pâte de ciment collée est importante.

Dans cette étude, l'hétérogénéité d'une classe granulaire étroite des GBR (6.3/10) a été étudiée en triant les échantillons en fonction de leur densité en utilisant un jig à eau de laboratoire. Il est montré que l'absorption d'eau moyenne après une immersion pendant 24 heures est d'environ 5% pour des échantillons extraits du lot de GBR avant les essais de tri. En revanche, pour les échantillons homogènes séparés par densité, le coefficient d'absorption d'eau varie entre 2% et 9%. L'absorption des GBR suit une distribution log-normale. Cette hétérogénéité intrinsèque implique la possibilité d'avoir des échantillons représentatifs avec une précision suffisante, non seulement en ce qui concerne la taille mais aussi la composition minérale des grains dans les stocks industriels de GBR. Le jig à eau semble donc être un outil efficace pour séparer les GBR par densité et obtenir des échantillons représentatifs reconstruits pour leur caractérisation.

Mots-clés : granulats de béton recyclés, jig à eau, tri, hétérogénéité, teneur en pâte de ciment, absorption d'eau, densité.

Abstract

In situ, crushed concrete obtained from construction and demolition wastes are always mixed with other crushed materials like brick, asphalt, gypsum, glass ... In the literature; jigs were proposed to concentrate the concrete particles and/or to diminish the impurities of a mixed recycled aggregate as a result of a density sorting.

Recycled concrete aggregates (RCA) are composed of two different materials: natural aggregate and attached cement paste. It is generally admitted that finer the RCA greater is the quantity of adhered cement paste. In this study it is shown that for a given granular class, very large disparities may be present in the adhered cement paste content, which could origin dispersion of the results of characterization tests with RCA.

The heterogeneity of a narrow granular class of crushed RCA (6.3/10 mm) was investigated by sorting samples according to their densities using a laboratory water jig. It was shown that the average water absorption after an immersion in water during 24 hours was about 5% for samples extracted from the batch of the feed RCA, before sorting tests. For the homogenous specimens separated by density, the water absorption ranged from 2% to 9%. The probability density function of the water absorption in the feed heterogeneous RCA was well estimated by a log-normal distribution. This intrinsic heterogeneity of RCA implies being able to have representative samples with sufficient accuracy, not only concerning the size but also the mineral composition of grains in the stockpiles of RCA. So, after discussing the results of this study, water jig appeared to be an efficient tool to separate RCA and to obtain representative samples for their characterization.

Keywords: recycled concrete aggregates, water jig, sorting, heterogeneity, cement paste content, water absorption, and density.

1. Introduction

De nombreux pays ont fait de gros efforts pour traiter de grandes quantités de déchets de construction et de démolition afin de les réintroduire dans le cycle de vie de la construction. Cependant, la réutilisation des granulats de béton recyclés (GBR) pour produire de nouveaux bétons recyclés (BR) n'est pas encore

largement adoptée [1]. D'autre part, différentes études visent à développer la production de BR en incorporant les GBR pour être conforme aux codes et normes applicables [2]. L'hétérogénéité des GBR est le principal argument du manque de confiance dans la faisabilité technique de leur utilisation dans de nouveaux BR [3]. En effet, une grande dispersion des résultats peut être observée dans la littérature, principalement causée par les différentes sources et la qualité des bétons d'origine qui sont recyclés [4]. Ces études montrent l'hétérogénéité des GBR et confirment la nécessité de contrôler leurs propriétés pour différentes applications et surtout pour formuler de nouveaux BR.

Une caractérisation sophistiquée (composition minérale, granulométrie, formes des particules, abrasion, densité, absorption d'eau, teneur en mortier de ciment) doit être réalisée pour mieux comprendre les impacts des GBR sur la production et la performance des BR [5]. Ainsi la première étape de caractérisation consiste à extraire un échantillon représentatif et à déterminer les différentes propriétés en fonction des voies de recyclage prévues [6]. On considère souvent que la différence entre les gravillons et les sables recyclés provient d'une plus grande quantité de pâte de ciment collés dans les sables recyclés [7]. In situ, le béton concassé obtenu à partir de déchets de construction et de démolition est toujours mélangé avec d'autres matériaux concassés tels que l'asphalte, la brique, le gypse, le verre Dans la littérature, des tris avec des jigs à air ou à eau ont été proposés pour séparer les différents matériaux composants le lot [8]. Dans notre étude un jig à eau de laboratoire a été utilisé pour trier par densité des gravillons de béton recyclés d'une même fraction granulaire 6.3/10mm. L'objectif est de montrer que dans une classe granulaire donnée, des grandes disparités peuvent être présentes dans les teneurs en pâte de ciment collée, générant une dispersion importante dans les propriétés des GBR. Des échantillons des GBR produits après les essais de séparation par densité dans le jig ont été caractérisés afin d'évaluer leur distribution statistique dans le matériau d'origine.

2. Caractérisation des GBR classés par densité avec un jig à eau

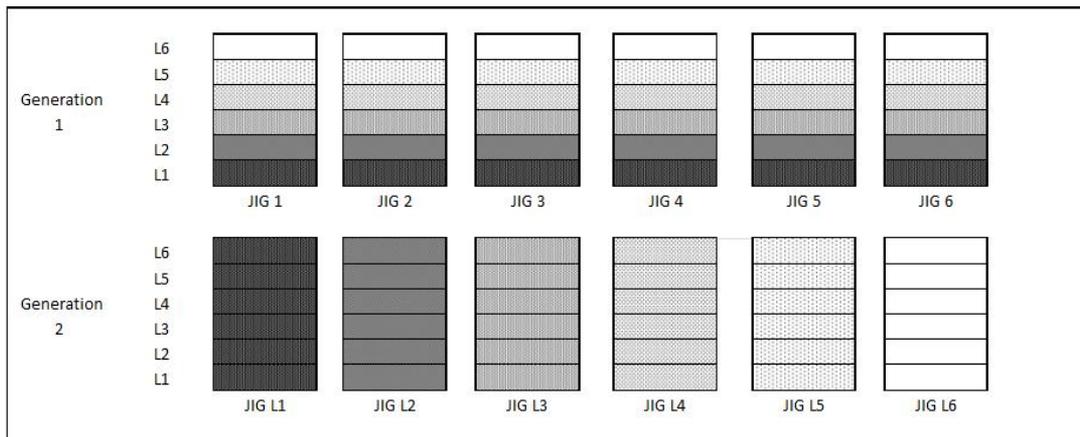


Figure 1 : Procédure expérimentale des essais de jig

Au total, deux séries d'essais de tri par densité ont été réalisées dans un jig à eau. Dans une première étape, six essais au jig ont été réalisés avec une masse de 20 kg de GBR par essai (les GBR résultant de ce premier tri sont notés Génération 1). Dans l'étape suivante, les GBR issus de la même couche (L1, L2, ..., L6) de la Génération 1 ont été mélangés et soumis à nouveau à la séparation dans le jig à eau (Génération 2). La **Figure 1** schématise la procédure expérimentale des essais de tri. Les coefficients d'absorption d'eau (WA) des GBR obtenus après les deux séries d'essais (Génération 1 et Génération 2) ont ensuite été déterminés. Le coefficient d'absorption d'eau des GBR triés par densité a ensuite été déterminé selon la norme NF EN 1097-6 (coefficient d'absorption d'eau après une immersion de 24 heures, WA_{24h}). La **Figure 2** montre qu'un GBR de même fraction granulaire, ici 6.3/10 mm, possédant un coefficient

d'absorption d'eau moyen 4.9% est en réalité un matériau très hétérogène avec un coefficient d'absorption d'eau variant entre 2% et 9%.

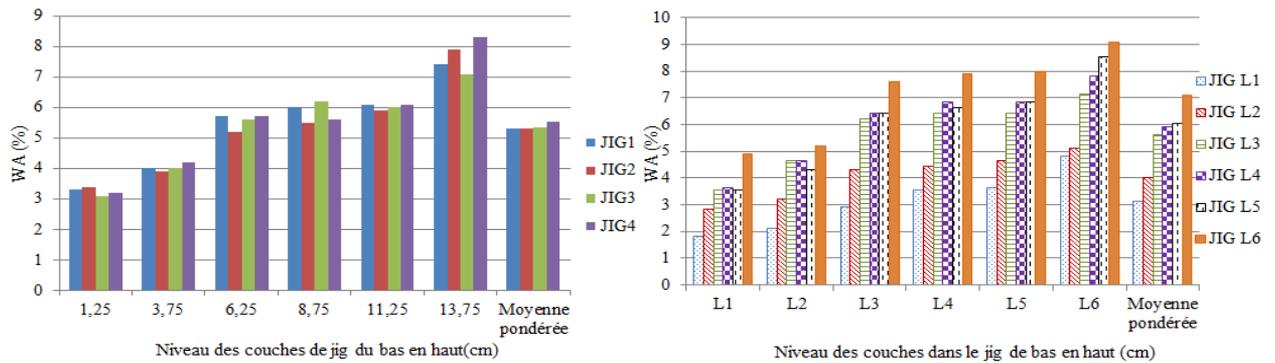


Figure 2 : Coefficient d'absorption d'eau des GBR 6.3/10 triés par densité avec le jig à eau (à droite GBR issus de la Génération 1, à gauche ceux issus de la Génération 2)

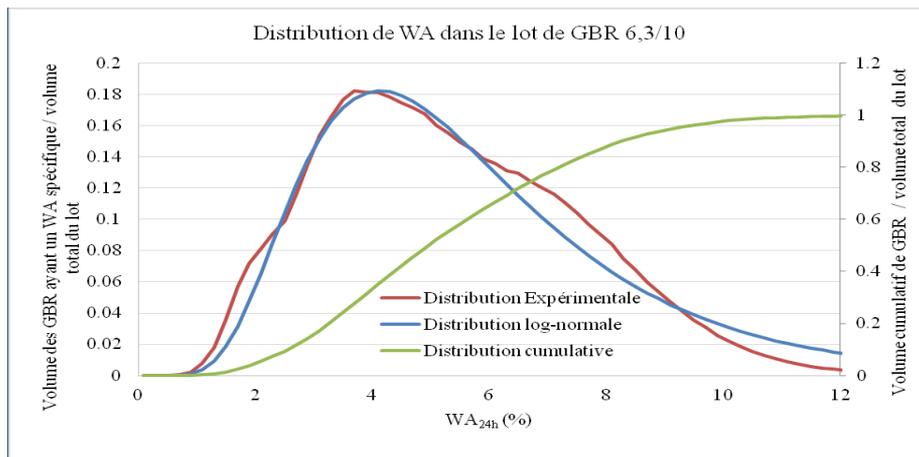


Figure 3 : Distribution du coefficient d'absorption d'eau dans le lot de 120 kg des GBR (6.3/10)

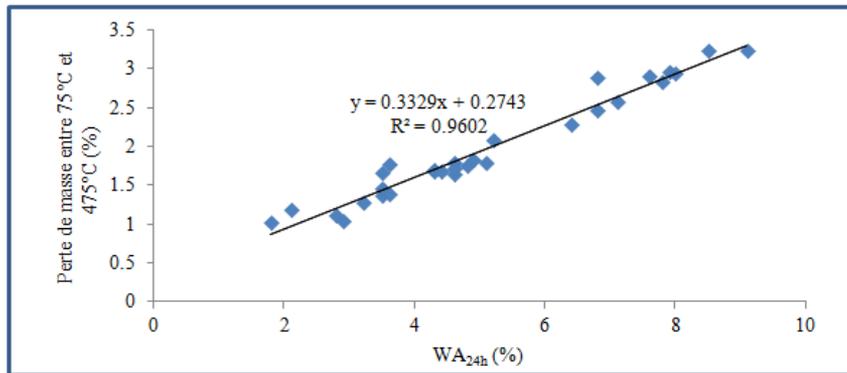


Figure 4: Relation entre la perte de masse entre 75°C et 475°C des GBR triés de Génération 2 et leur coefficient d'absorption d'eau WA_{24h}

La **Figure 3** montre la distribution des coefficients d'absorption dans un lot de 120 kg de GBR 6.3/10mm. Les graphes ont été établis en utilisant les résultats des essais d'absorption des GBR triés de la « Génération 2 ». Le coefficient d'absorption d'eau suit une distribution log-normale avec une moyenne de 5,2% et un écart type de 1,6% tout en montrant une grande hétérogénéité du matériau d'origine (lot de 120kg).

La **Figure 4** montre la corrélation entre la proportion d'eau chimiquement liée déterminée par une perte de masse entre 75°C et 475°C notée $\Delta ML_{75^\circ C-475^\circ C}$ des échantillons de GBR triés de « Génération 2 » et WA_{24h} . On peut voir que lorsque la valeur de $\Delta ML_{75^\circ C-475^\circ C}$ augmente, WA_{24h} augmente. En outre, WA_{24h} varie quasi linéairement avec $\Delta ML_{75^\circ C-475^\circ C}$ ($R^2 = 0.87$). Les mêmes résultats ont également été observés dans [9] pour les sables recyclés. $\Delta ML_{75^\circ C-475^\circ C}$ est proportionnelle à la teneur en pâte de ciment des GBR. La mesure de l'eau liée chimiquement est une mesure indirecte de la teneur en pâte de ciment. Ces résultats confirment que la variation de densité dans une classe granulaire donnée de GBR est principalement due à des teneurs en pâte différentes.

3. Conclusion

Les résultats de cette étude mettent en évidence qu'un lot de GBR d'une classe granulaire donnée (ici 6.3 / 10mm) peut présenter de très grandes hétérogénéités en termes de densité et de coefficient d'absorption d'eau. Il est généralement admis que le granulat de béton recyclé plus fin agrège une plus grande quantité de pâte de ciment adhérente présente dans sa composition. Dans cette étude, il a été prouvé que pour une classe granulaire donnée, de très grandes disparités peuvent être présentes. La distribution de l'absorption d'eau des GBR 6.3/10 suit une distribution log-normale avec un écart-type élevé. Ces disparités sont à l'origine de la dispersion des résultats des tests de caractérisation des GBR. Compte tenu des résultats présentés ici, il est suggéré que la méthode d'échantillonnage standard, définie pour les granulats naturels, soit mieux adaptée à la particularité des GBR. Cette étude a également montré qu'un jig à eau est très efficace pour trier une classe granulaire donnée. Des fractions beaucoup plus homogènes que la charge ont été obtenues. Ces fractions et leurs proportions permettent une meilleure caractérisation des GBR.

L'hétérogénéité des granulats recyclés est une propriété intrinsèque qui devrait être étudiée et analysée afin d'optimiser leur utilisation dans différents domaines surtout dans la fabrication de nouveaux bétons recyclés.

4. Référence

- [1] R. Cardoso, R. V. Silva, J. de Brito, and R. Dhir, "Use of recycled aggregates from construction and demolition waste in geotechnical applications: A literature review," *Waste Manag.*, vol. 49, pp. 131–145, 2016.
- [2] M. Bravo, J. de Brito, J. Pontes, and L. Evangelista, "Durability performance of concrete with recycled aggregates from construction and demolition waste plants," *Constr. Build. Mater.*, vol. 77, pp. 357–369, 2015.
- [3] M. Joseph, L. Boehme, Z. Sierens, and L. Vandewalle, "Water absorption variability of recycled concrete aggregates," *Mag. Concr. Res.*, vol. 67, no. 11, pp. 592–597, 2015.
- [4] G. Andreu and E. Miren, "Experimental analysis of properties of high performance recycled aggregate concrete," *Constr. Build. Mater.*, vol. 52, pp. 227–235, 2014.
- [5] A. Z. Bendimerad, E. Roziere, and A. Loukili, "Combined experimental methods to assess absorption rate of natural and recycled aggregates," *Mater. Struct.*, pp. 3557–3569, 2014.
- [6] J. De Brito and R. V Silva, "Current status on the use of recycled aggregates in concrete: Where do we go from here?," *RILEM Tech. Lett.*, vol. 1, pp. 1–5, 2016.
- [7] M. Chakradhara Rao, S. K. Bhattacharyya, and S. V. Barai, "Influence of field recycled coarse aggregate on properties of concrete," *Mater. Struct.*, vol. 44, no. 1, pp. 205–220, 2011.
- [8] C. H. Sampaio *et al.*, "Stratification in air jigs of concrete/brick/gypsum particles," *Constr. Build. Mater.*, vol. 109, pp. 63–72, Apr. 2016.
- [9] W. X. Zengfeng Zhao, Sébastien Remond, Denis Damidot, "Influence of fine recycled concrete aggregates on the properties of mortars," *Constr. Build. Mater.*, vol. 81, no. 2, pp. 1163–1167, 2015.