
Étude multicritères de procédés de séparation du mortier contenus dans les granulats recyclés de bétons

Sandrine Braymand¹, Sébastien Roux², Hanaa Fares³, Françoise Feugeas⁴

¹ ICube, Univ. de Strasbourg, CNRS, 72 Route du Rhin, Illkirch, s.braymand@unistra.fr

² IJL, Univ. de Lorraine, CNRS, Rue du Doyen Urion, Villers lès Nancy, sebastien.roux@univ-lorraine.fr

³ L2MGC, 5 mail Gay-Lussac, UNiv. Cergy Pontoise, Neuville-sur-Oise, hfares@u-cergy.fr

⁴ ICube, INSA Strasbourg, CNRS, 24 bd de la Victoire, Strasbourg, francoise.feugeas@insa-strasbourg.fr

RÉSUMÉ. Les flux actuels de déchets de construction et de démolition ont généré de nouveaux matériaux qui peuvent être réintroduits dans le béton comme granulats recyclés. La particularité des granulats de béton recyclés (GBR) est la présence de mortier durci qui influence leurs propriétés. Cette étude vise à discriminer les processus qui permettent la séparation complète du mortier attaché et sa quantification. La méthode développée en laboratoire doit être transférable à plus grande échelle pour être exploitée à l'échelle industrielle sur une plate-forme de recyclage. Cette étude est liée au Projet de recherche National RECYBETON impliquant des laboratoires publics de recherche, des instituts et des entreprises privées. Plusieurs méthodes sont testées en laboratoire pour déterminer leur efficacité. Ils sont basés sur des principes mécaniques, chimiques et physiques. La définition de ce concept d'efficacité et la dénomination de la teneur en mortier sont également discutées. L'originalité de cette étude réside dans l'optimisation de procédés thermiques chauds ou froids combinés à un traitement mécanique. Pour cela, un plan d'expérimentation multicritères a été réalisé et plusieurs valeurs de ces paramètres ont été optimisées (température, état initial de saturation, post-traitement mécanique, ...). Finalement, il apparaît qu'aucune méthode n'est 100% satisfaisante car les granulats ne sont jamais complètement nettoyés et/ou sont endommagés..

ABSTRACT. Construction and demolition waste stream has generated news materials that may be re-introduced into new concrete, e.g. as recycled aggregates. The specific feature of recycled concrete aggregates (RCA) is the presence of hardened mortars influencing their behaviour. This study aims to distinguish processes that allow the complete separation and quantification of attached mortar. The laboratory developed method has to be transferable on a wider scale to be exploited on a real recycling platform. This study is linked to the RECYBETON National Research Project involving public research laboratories, institutes and private companies.

Several methods are tested in laboratory conditions to determine their efficiency. They are based on mechanical, chemical and physical principles. The definition of this efficiency concept and the mortar content denomination are also discussed.

Originality of this study consist in optimizing hot or cold thermal processes combined with a mechanical treatment. To perform that, a multi-criteria phase experiment was carried out and several values of the multi-criteria parameters were optimized (temperature, saturation initial state, mechanical post-treatment, ...).

Finally, it appears that not any one method is 100% satisfactory as aggregates are never completely cleaned and/or are damaged.

MOTS-CLÉS: Granulats Recyclés de Béton, mortier attaché, séparation, procédés expérimentaux.

KEY WORDS: Recycled concrete aggregates, attached mortar, separation, experimental process.

1. Introduction

Une des caractéristiques spécifiques des granulats recyclés de béton est la présence de mortier accolé qui modifie les propriétés de ces granulats et ainsi influencent les compositions et propriétés des bétons dans lesquels ils peuvent être réintroduits [DEO 15, DEJ 09]. Une alternative à la prise en compte des propriétés spécifiques des granulats recyclés de bétons (GRB) est de prétraiter ces matériaux afin de retrouver des granulats exempts de mortier. Cette étude vise à sélectionner puis expérimenter les processus qui permettent une séparation la plus complète possible. Une étude approfondie de la notion d'efficacité du traitement a été proposée dans cette étude. Un point important est que la méthode développée en laboratoire doit être transférable à plus grande échelle sur une plate-forme industrielle de recyclage.

2. Procédés expérimentés et résultats

Plusieurs méthodes sont testées dans des conditions de laboratoire pour déterminer leur efficacité. Ils sont basés sur des principes physiques, mécaniques et chimiques. (Figure 1)

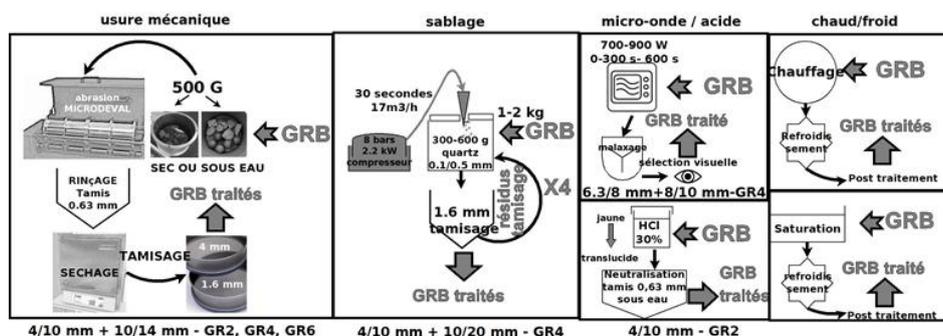


Figure 1. Méthodes testées pour la discrimination des procédés [BRA 16].

L'efficacité des traitements est évaluée en mesurant les pertes de masse, les variations de densité et en effectuant des comparaisons visuelles. Dans la plupart des études de la littérature, l'efficacité d'un traitement est corrélée à la perte de masse, souvent confondue avec le taux de libération des granulats [TOR 13, YOD 03, FLO 14, LIN 04, AKB 13]. Il a été montré ici qu'une perte de masse élevée n'est pas nécessairement représentative d'un traitement efficace, il est nécessaire de contrôler les propriétés du granulat traité, en particulier sa masse volumique et son coefficient d'absorption. Sans connaissance des propriétés du granulat parent, il est difficile de conclure sur le taux de libération du granulat et un contrôle visuel est alors nécessaire. Les traitements thermiques à haute température [BAZ 96] ou à basse température [YAN 06] favorisent l'endommagement du mortier qui peut être détaché du granulat parent par un post traitement mécanique [AFN 10, AFN 11].

Il ressort de cette étude que les traitements thermo mécaniques sont les plus facilement industrialisables parmi les traitements identifiés comme efficaces dans l'étude exploratoire et non dangereux pour la santé ou l'environnement. Une étude multi paramètre a été menée sur ces traitements (Figure 2 et Figure 3) et plusieurs valeurs de ces paramètres ont été optimisées.

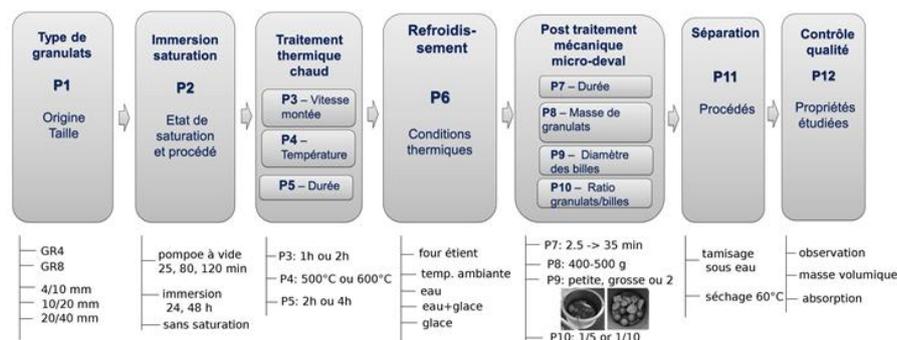


Figure 2. Plan d'expérimentation procédé thermo-mécanique chaud [BRA 16].

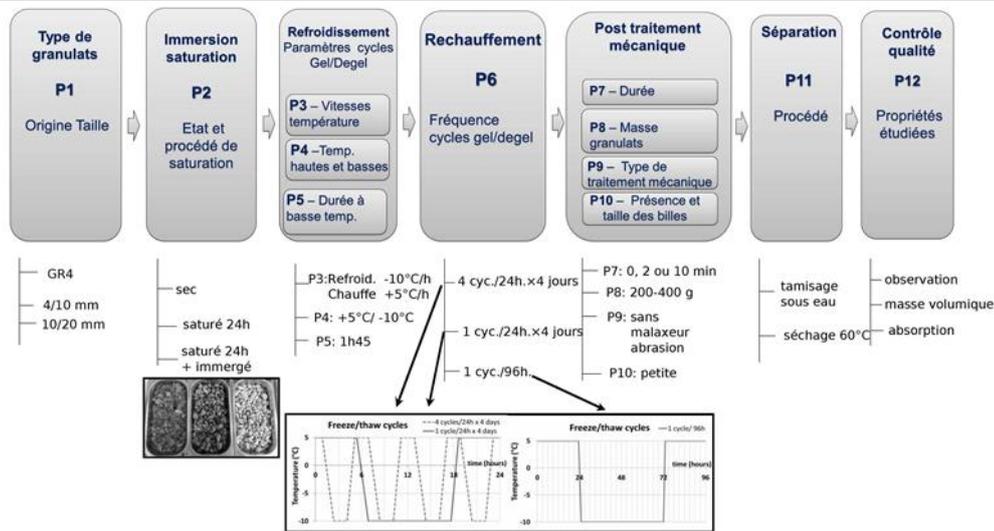


Figure 3. Plan d'expérience procédé thermo-mécanique froid [BRA 16].

Pour le traitement thermique à haute température, une élévation de température à 600°C est nécessaire pour détruire les constituants tels que les CSH et la portlandite [FAR 10]. Or cette température conduit à l'endommagement des granulats calcaires (Figure 4) ce qui remet en cause un tel traitement pour des bétons formulés avec des granulats calcaire et silico calcaire.



Figure 4. granulats endommagés après TMC

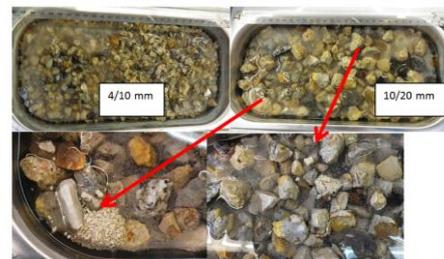


Figure 5. Granulats traités par TMF saturés/immergés.

Pour le traitement thermique à basse température, les conditions industrielles ont limité la valeur de la basse température à appliquer et le durée du traitement ce qui limite son efficacité. Il a été montré qu'une saturation et immersion du matériau favorise l'endommagement du mortier par pression interne et externe (Figure 4).

Pour obtenir un granulats nettoyé, un tri visuel « manuel » est nécessaire pour compléter le tri par tamisage. Il a été constaté que le mortier même s'il est détaché du granulats parent n'est pas broyé dans son intégralité et reste mélangé au granulats traité. Cette solution de tri manuel est difficilement transposable à l'échelle industrielle.

Enfin le rendement des traitements reste faible puisque pour les traitements étudiés l'efficacité réelle, caractérisée par la proportion de matériau nettoyé et non endommagé par rapport à la quantité initiale, ne dépasse pas 25%. Ainsi pour 1 t de matériau à traiter seuls 130 kg sont nettoyés propres non endommagés pour le procédé TMC, et 240 kg sont nettoyés propres non endommagés pour le procédé TMF.

Pour ces derniers, les masses volumiques des granulats parents sont retrouvées, à contrario des granulats nettoyés mais endommagés (Tableau 1).

Tableau 1. Propriétés physiques des granulats après traitement.

	Masse volumique	Porosité	Absorption
Propre non endommagé 4-10 mm	2,72 g/cm ³	2,70%	0,99%
Propre endommagé	2,35 g/cm ³	2,41 %	5,67%
Partiellement nettoyé	2,39 g/cm ³	8,21%	3,43%
Mortier	2,09 g/cm ³	17,67%	8,46%
Granulat non traité	2,25 g/cm ³	12%	6,00%
Granulat parent 4- 20 mm	2,55 g/cm ³	1%	0,75%

3. Conclusions

Parmi les procédés étudiés, les procédés thermomécaniques permettent d'obtenir un granulat nettoyé et non endommagé mais les rendements de production sont faibles et selon la nature du granulat l'endommagement peut être inévitable. Ainsi, il apparaît qu'aucune méthode n'est 100% satisfaisante car les granulats ne sont jamais complètement nettoyés et/ou sont endommagés.

A l'issue de cette étude qui contient de nombreux résultats expérimentaux, il a été montré que peu de procédés de nettoyage des granulats recyclés sont susceptibles d'être transposés à l'échelle industrielle à coûts environnementaux donc économiques raisonnables.

4. Bibliographie

- [DEO 15] DEODONNE K., Étude des propriétés physicochimiques des bétons de granulat recyclés et de leur impact environnemental, Thèse de doctorat, Université de Strasbourg, 2015.
- [BRA 16] BRAYMAND S., ROUX S., FARES H., DEODONNE K., Separation and Quantification of Attached Mortar in Recycled Concrete Aggregates, *Waste and Biomass Valor.*, In Press, 2016.
- [DEJ 09] DE JUAN M.S., Gutiérrez P.A.: Study on the influence of attached mortar content on the properties of recycled concrete aggregate, *Constr. Build. Mater.*, Vol. 23, 2009, p. 872–877.
- [TOR 13] TORGAL F.P., *Handbook of recycled concrete and demolition waste*, Cambridge Editions Woodhead Pub, 2013.
- [YOD 03] YODA K., Harada M, Sakuramoto F, Field application and advantage of concrete recycled in-situ Recycling Systems, *Thomas Telford Serv. Ltd.*, 2003, p. 437–446.
- [FLO 14] FLOREA M.V.A, NINIG Z., BROUWERS H.J.H., Smart crushing of concrete and activation of liberated concrete fines, TU/e. Final report, 2014.
- [LIN 04] LINB, E., MUELLER, A., High-performance sonic impulses—an alternative method for processing of concrete, *Int. J. Miner. Process.*, vol. 74, 2004, p. 199–208.
- [AKB 13] AKBARNEZHAD A., ONG K.C.G.: Separation processes to improve the quality of recycled concrete aggregates (RCA), *In: Handbook of Recycled Concrete and Demolition Waste*, 2013, p. 246–269
- [AFN 10] AFNOR, Norme NF EN 1097-2, Tests for mechanical and physical properties of aggregates: methods for the determination of resistance to fragmentation, 2010.
- [AFN 11] AFNOR, Norme NF EN 1097-1, Tests for mechanical and physical properties of aggregates: methods for the determination of the resistance to wear (micro-deval), 2011.
- [BAZ 96] BAZANT, Z.P., KAPLAN, M.F., *Concrete at high temperatures: material properties and mathematical models*. Ed. Longman, 1996.
- [YAN 06] YANG, Z., BROWN, H., CHENEY, A., Influence of Moisture Conditions on Freeze and Thaw Durability of Portland Cement Pervious Concrete., *In: Concrete Technology Forum: Focus on Pervious Concrete*, 2006, p. 24–25.
- [FAR 10] FARES, H., REMOND, S., NOUMOWE, A., COUSTURE, A. High temperature behaviour of self-consolidating concrete: Microstructure and physicochemical properties, *Cem. Concr. Res.*, vol. 40, 2010, p. 488–496.