

---

# Utilisation de granulats recyclés de bétons en remplacement total des matériaux naturels : influence sur la détermination des paramètres de formulation du béton

**Sandrine Braymand<sup>1</sup>, Sébastien Roux<sup>2</sup>, Kunwufine Deodonne<sup>3</sup>, Françoise Feugeas<sup>4</sup>, Christophe Fond<sup>5</sup>**

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

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

<sup>3</sup> ICube, Univ. de Strasbourg, CNRS, 72 Route du Rhin, Illkirch

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

<sup>5</sup> ICube, Univ. de Strasbourg, CNRS, 72 Route du Rhin, Illkirch , christophe.fond@unistra.fr

---

*RÉSUMÉ. La valorisation de déchets de démolition en tant que granulats à béton présente un double objectif de préservation des ressources naturelles et de désengorgement des sites de stockage. Les granulats recyclés de béton (GRB) présentent la particularité de contenir du mortier résiduel qui influence certaines de leurs propriétés et, par voie de conséquence, celles des bétons dans lesquels ils sont utilisés. Le cadre de cette étude est de développer l'utilisation de granulats recyclés de bétons en remplacement total des matériaux naturels. Afin d'y parvenir une caractérisation des matériaux recyclés mis en œuvre est menée et leurs propriétés spécifiques identifiées conduisent à proposer des adaptations aux méthodes de formulation des bétons.....*

*ABSTRACT. Promoting the use of demolition waste as recycled aggregates presents a double objective: first to preserve natural resources and secondly to relieve storage site. In regards to natural aggregates, recycled aggregates contain mortar that influences theirs properties and those of concrete in which they are used. The objective of this study is to develop the use of 100 % recycled aggregates in concrete. In this way, a characterization of the recycled materials used is carried out and their specific properties identified lead to suggesting adaptations to the formulation methods of concrete..*

*MOTS-CLÉS : Granulats Recyclés, absorption, eau efficace, bétons, ouvrabilité, superplastifiants.*

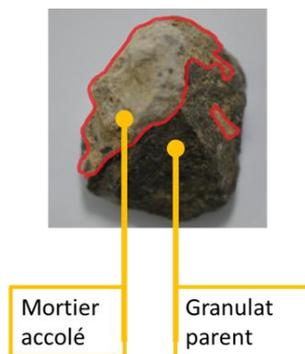
*KEYWORDS: Recycled Aggregates, absorption, efficient water, concrete, workability, superplasticizers*

---

## 1. Introduction

Il devient essentiel de développer de nouvelles approches de la construction permettant de limiter ses impacts environnementaux et de prendre en compte le cycle de vie des matériaux mis en œuvre. Parmi les nombreuses pistes explorées actuellement, la valorisation des matériaux issus de la déconstruction a pour double objectif de préserver les ressources naturelles ainsi que de désengorger les sites de stockage.

La fabrication de bétons de granulats recyclés (BGR) nécessite la caractérisation des matériaux recyclés mis en œuvre afin d'en appréhender précisément l'influence sur les propriétés à l'état frais mais également durci du matériau ainsi élaboré. La présence de mortier accolé tel que illustré Figure 1 conditionne nombre de ces particularités [MAR 11, SRI 87, DEJ 11, EVA 14, DUC 12, TAM 08, HAN 92, RAM 09].



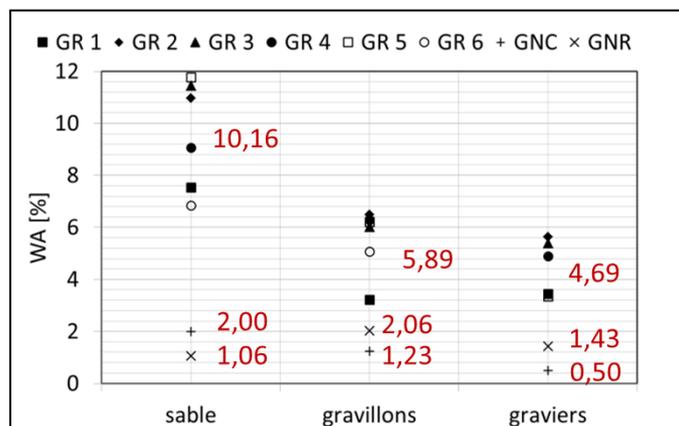
**Figure 1.** Constitution d'un granulats recyclé de béton (GRB).[DEO 15]

## 2. Méthodes expérimentales et Résultats

Une étude approfondie des propriétés des granulats recyclés de béton sur plusieurs lots (plateforme industrielle et laboratoire : GR1 à GR5) a conduit à l'identification puis à l'analyse des spécificités de ces matériaux comparés aux matériaux naturels (GNC et GNR).

Les granulats recyclés présentent une absorption plus élevée (Figure 2), une résistance à l'abrasion plus faible, une distribution granululaire plus étalée (Figure 3) et une circularité moindre que les granulats naturels roulés et concassés [BRA 14,TAM 08]. La granulométrie, la proportion d'éléments fins et l'absorption d'eau des sables recyclés sont des caractéristiques dépendantes d'une part, du prélèvement des granulats recyclés et d'autre part, de la robustesse des protocoles expérimentaux.

Des corrélations entre les propriétés morphologiques/géométriques et l'absorption ont été démontrées. (Figure 4).



**Figure 2.** Coefficient d'absorption (WA24) des GRB comparés aux granulats naturels (GNC et GNR)

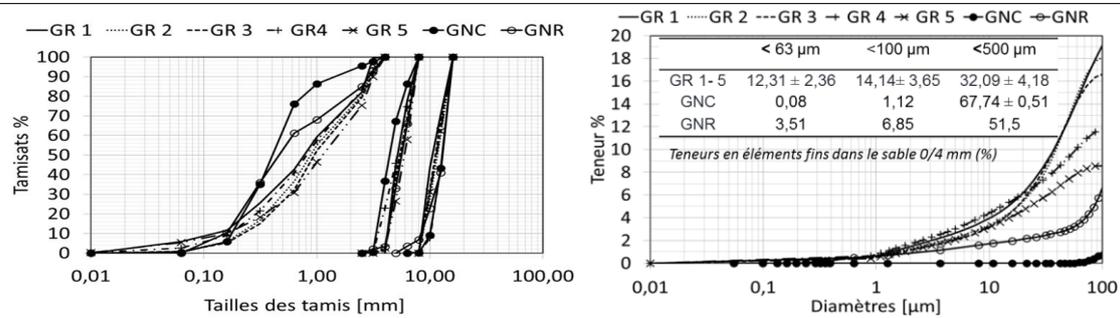


Figure 3. Distribution granulométrique des GRB comparés aux GNC et GNR.

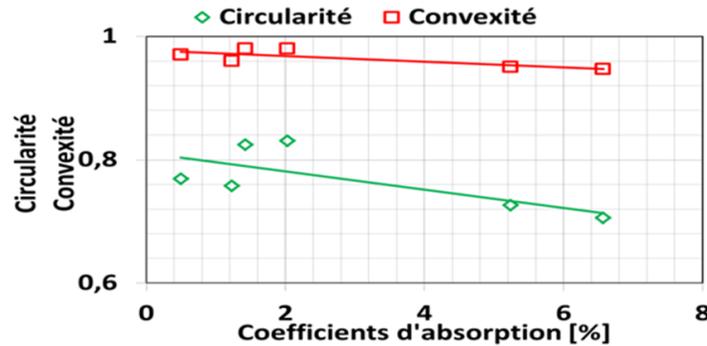


Figure 4. Corrélations entre la morphologie des granulats et l'absorption

Afin de compenser les pertes d'ouvrabilité et de résistance mécanique observées avec l'utilisation des granulats recyclés de bétons dues aux propriétés identifiées, une recherche d'adjuvant a été menée et a conduit au choix de superplastifiants de la famille des polycarboxylates [BRA 15].

Ainsi, les adjuvants améliorent l'ouvrabilité du béton frais à 5 minutes après le malaxage (mesurée au cône d'Abrams) mais le maintien dans le temps de cette ouvrabilité n'est pas obtenu pour les Bétons de Granulats Recyclés (BGR) au contraire des Bétons de Granulats Naturels Concassés (Figure 5 and Figure 6). Ces bétons (BGR et BGNC) ont été formulés à composition volumique constante, notamment à teneur en ciment et rapport E/C égaux (Eau efficace).

De plus, parmi les adjuvants testés certains permettent de limiter la perte de résistance mécanique observée.

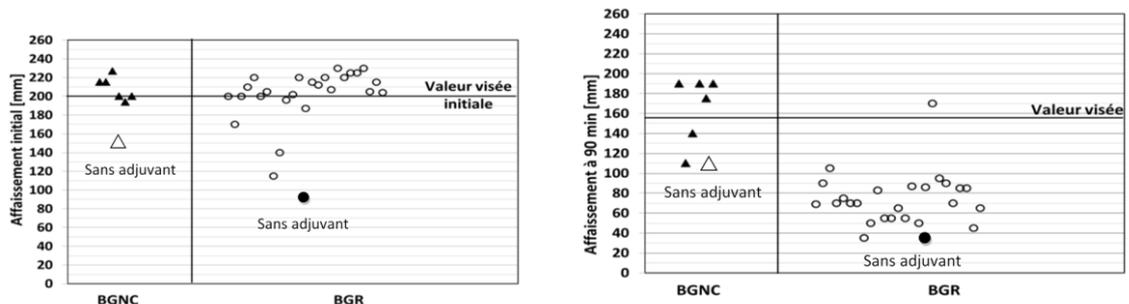


Figure 5. Efficacité des adjuvants sur les BGR et les BGNC à différents temps.

### 3. Conclusions

Des propriétés spécifiques des granulats recyclés de bétons ont été identifiées et conduisent à proposer des modifications aux méthodes de formulation des bétons afin de compenser les pertes d'ouvrabilités et baisses des résistances mécaniques souvent observées lors de l'utilisation de tels matériaux.

La complexité des cinétiques d'absorption et de désorption d'eau conduit à une discussion autour de la notion d'eau efficace ; la différence de morphologie des granulats recyclés implique une correction du squelette

granulaire ; enfin la fragilité des granulats recyclés à l'abrasion pose la question de sa prise en compte dans la détermination du squelette granulaire optimal.

#### 4. Références

- [MAR 11] MARTIN-MORALES M., ZAMORANO M., RUIZ\_MOYANO A., VALVERDE-ESPINOSA I., Characterization of recycled aggregates construction and demolition waste for concrete production following the Spanish Structural Concrete Code EHE-08, *Constr. Build. Mater.*, vol. 25, n°2, 2011, p. 742-748.
- [DEJ 11] 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, n°2, 2011, p. 872-877.
- [SRI 87] SRI RAVINDRARAJAH R., TAM C.T., Recycling concrete as fine aggregate in concrete, *Int. J. Cem. Compos. Lightweight Concr.*, vol.9, n°4, 1987, p. 235-241.
- [EVA 14] EVANGELISTA L., DE BRITO J., Concrete with fine recycled aggregates : a review, *Eur. J. Environ. Civ. Eng.*, vol. 8, n°2, 2014, p. 129-172.
- [DUC 12] DUC-TUNG D., (Multi-) recyclage du béton hydraulique, Thèse de Doctorat, Ecole centrale de Nantes, 2012.
- [TAM 08] TAM V.W., WANG K. , TAM C.M., Assessing relationships among properties of demolished concrete, recycled aggregate and recycled aggregate concrete using regression analysis, *J. Hazard. Mater.*, vol. 152, n°2, 2008, p. 703–714.
- [HAN 92] HANSEN T.C., *Recycling of Demolished Concrete and Masonry*, Editions Taylor & Francis, 1992.
- [RAM 09] RAMAMURTHY K., PADMINI A.K., MATHEWS M.S., Influence of parent concrete on the properties of recycled aggregate concrete, *Constr. Build. Mater.* Vol. 23, n°2, p. 829–836.
- [DEO 15] DEODONNE K., Etude des propriétés physicochimiques des bétons de granulat recyclés et de leur impact environnemental, Thèse de doctorat, Université de Strasbourg, 2015.
- [BRA 14] BRAYMAND S., ROUX S., DEODONNE K., MIHALCEA C., FEUGEAS F., FOND C.: Les granulats recyclés de bétons: un matériau à fort potentiel de valorisation dans les bétons, *Acte du congrès Matériaux 2014*, 24-28 nov. 2014, Montpellier, France, (2014).
- [TAM 08] TAM V.W.Y., GAO X.F., TAM C.M., CHAN C. H., New approach in measuring water absorption of recycled aggregates, *Constr. Build. Mater.*, vol. 22, n°3, 2008, p. 364–369.
- [BRA 15] BRAYMAND S., FRANÇOIS P., FEUGEAS F., FOND C., Rheological properties of recycled aggregate concrete using superplasticizers, *J. Civil E. and Arch.*, vol. 9, 2015, p. 591-597.