
Analyse du cycle de vie de bétons de granulats recyclés : influence des paramètres de composition et du transport

Sandrine Braymand ¹, Adélaïde Ferraille ², Nicolas Serres ³, Françoise Feugeas ⁴

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

² Laboratoire Navier, ENPC Univ. Paris Est, 6/8 av. B. Pascal, Marne la Vallée, adelaide.ferraille@enpc.fr

³ ICube, INSA Strasbourg, 24 Boulevard de la Victoire, Strasbourg, nicolas.serres@insa-strasbourg.fr

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

RÉSUMÉ. Le caractère éco-respectueux des bétons de granulats recyclés de bétons est souvent évoqué sans qu'il ne soit démontré. L'objectif de cette étude est de vérifier si les bétons de granulats recyclés de bétons sont réellement plus éco-respectueux que les bétons de granulats naturels selon les critères normatifs de la méthodologie ACV (Analyse du Cycle de Vie) appliquée aux matériaux de construction. Ainsi cette étude vise à comparer les impacts environnementaux, par la détermination de Déclaration Environnementale de Produits (DEP), de Bétons de Granulats Recyclés (BGR) et de Bétons de Granulats Naturels (BGN). L'originalité de ces travaux réside dans une comparaison multi-paramètres des facteurs impactant l'ACV de tels bétons (dosage et nature du ciment, taux de substitution des granulats, distances de transport des granulats et du béton).

ABSTRACT. The eco-friendly property of Recycled Aggregates Concrete (RAC) is frequently mentioned, not always demonstrated. The aim of this study is to confirm whether concrete from Recycled Concrete Aggregates (RCA) are really more eco-friendly than Natural Aggregates Concrete. Comparisons are performed according to the normative criteria of LCA methodology applied to construction materials. Thus, this study aims to compare the environmental impacts of Recycled Aggregate Concrete (BGR) and Natural Aggregate Concrete (BGN) ; by the Environmental Product Declaration (EPD) determination. The originality of this work resides in a multi-parameter comparison of the factors impacting the LCA of such concretes (cement content and cement type, aggregate substitution rate, transport distances of aggregates and concrete).

MOTS-CLÉS : Granulats Recyclés de Bétons, Analyse du Cycle de Vie, Bétons, Composition, Transport.

KEY WORDS : Recycled Aggregates Concrete, Life Cycle Assessment, Concrete, Composition, Transportation.

1. Introduction

Les déchets de construction et de démolition représentent aujourd'hui l'un des flux de déchets les plus importants au sein des pays développés [VAN 13], [COR 11]. La préoccupation croissante pour une économie des ressources et une gestion améliorée des déchets incitent à leur récupération en tant que granulats recyclés pour béton. Le caractère éco-respectueux de ces bétons de granulats recyclés de bétons est étudié ici par un calcul d'Analyses de Cycles de Vie (ACV) des matériaux étudiés [SER 16] : Béton de Granulats recyclés (BGR) et Bétons de Granulats Naturels (BGN). Les résultats des ACV sont présentés selon la méthode d'évaluation d'impacts environnementaux décrite dans la norme EN 15804[AFN 14]. Cette étude est liée au Projet National RECYBETON impliquant des laboratoires de recherche publics, des instituts et des entreprises privées. Le but final de RECYBETON est de modifier les recommandations visant à promouvoir le recyclage complet du béton dans le cadre de l'économie circulaire [REC 12].

2. Méthodologie et Résultats

La prise en compte des enjeux du développement durable lors des opérations de construction incite aujourd'hui les maîtres d'ouvrage et les architectes à faire le choix de matériaux plus « éco-respectueux ». L'évaluation de cette éco-respectabilité se fait par la réalisation d'écobilans ou Analyses de Cycle de Vie (ACV) [GOM 13].

La comparaison multi-paramètres est rendue possible dans cette étude par le séquençage de l'étude en trois étapes. Les analyses du cycle de vie (ACV) de BGR par rapport à des BGN sont réalisées dans un premier temps pour des bétons dont les compositions sont calculées avec des objectifs de résistances égales (un objectif de bétons C25/30 et un objectif de bétons C 35/45). Cette exigence conduit à étudier des bétons de composition variable pour des taux de substitution en recyclés croissants (0 à 100%). Ainsi les teneurs en ciment varient selon les compositions de 270 kg/m³ à 380 kg/m³. Pour cette partie, des circuits courts pour le transport des granulats sont pris comme une hypothèse de travail. Ainsi, l'utilisation de Granulats recyclés de Bétons (GRB) dans les formulations de bétons augmente les impacts environnementaux à différents niveaux. Ce résultat est dû à l'augmentation de la teneur en ciment dans les BGR par rapport aux BGN ; augmentation nécessaire à l'obtention des résistances mécaniques visées selon la méthode de formulation utilisée dans cette partie.

Dans un deuxième temps les ACV de chantiers expérimentaux mettant en œuvre des bétons à propriétés prescrites équivalentes à celles étudiées dans la première phase sont évaluées. Pour cette phase de l'étude, les distances de transport réelles des granulats importés sur le chantier ont été prises en compte dans le calcul de l'ACV. Les résultats d'ACV obtenus pour ces chantiers expérimentaux soulignent une influence plus importante des impacts causés par le transport des constituants, les distances étant supérieures à celles de la première étude.

Enfin, des formulations optimisées de bétons (BGR et BGN) utilisant des superplastifiants sont mises en œuvre et leurs ACV évaluées. L'optimisation des formulations a permis de conserver la même teneur en ciment pour des résistances mécaniques proches ($R_{c28} = 29$ à 33 MPa) [DEO 15]. Ainsi, pour cette dernière partie de l'étude dont le but est l'étude de l'influence de la distance de transport et du taux de substitution en granulats recyclés, les compositions de bétons sont réalisées à volumes égaux de constituants (hormis le dosage en adjuvant). Quatre taux de substitution sont proposés : 0, 10%, 30% et 100% (Tableau 1).

Tableau 1. *Compositions de bétons.*

	0% GRB	10% GRB	30%GRB	100% GRB
Eau efficace(kg)	169	169	169	169
Eau totale	182	192	213	284
Ciment (kg)	260	260	260	260
Granulat Naturel (GN)l (kg)	1906	1715	1334	-
Granulat Recyclé de Béton (GRB) (kg)	-	153	458	1527
Superplastifiant (kg)	1,92	1,95	2,08	2,34

En plus de l'influence sur l'ACV du taux de substitution en granulats recyclés dans les bétons, la sensibilité au transport des granulats (naturels et recyclés) et du béton est analysée. Pour cela, plusieurs distances de transport associées à 4 schémas d'acheminement des granulats et du béton sont proposées. Ces distances sont calculées pour plusieurs villes selon les circuits illustrés Figure 1. La combinaison de ces paramètres conduit à 80 ACV qui ont été calculées et analysées.

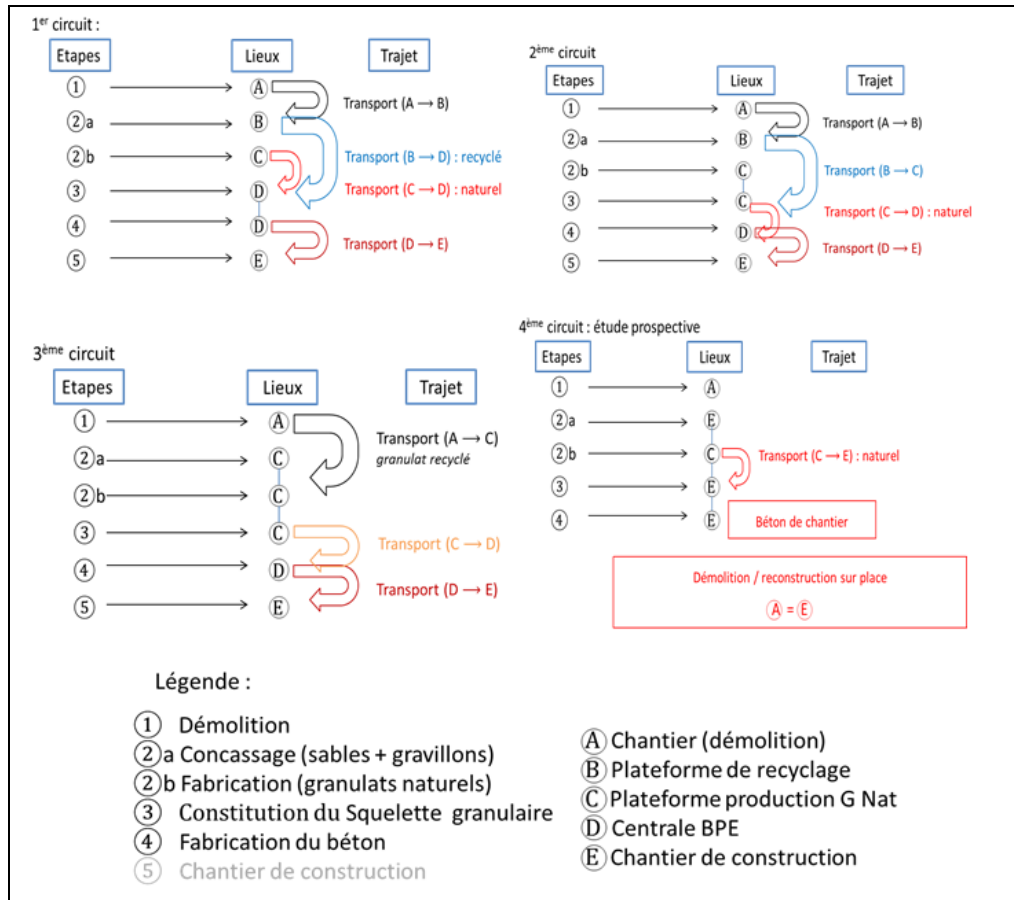


Figure 1. Circuits étudiés pour l'acheminement des granulats et le transport du béton.

Avant de quantifier les influences du taux de substitution en fonction des distances de transport, il a été nécessaire de calculer les ACV de référence des bétons, ACV établies sans la prise en compte du transport des granulats et du béton. Les résultats d'une analyse comparative des influences du taux de substitution et du transport sur l'ACV de BGR et BGN sont présentés sur la Figure 2 dans le cas du circuit 1 pour une ville considérée.

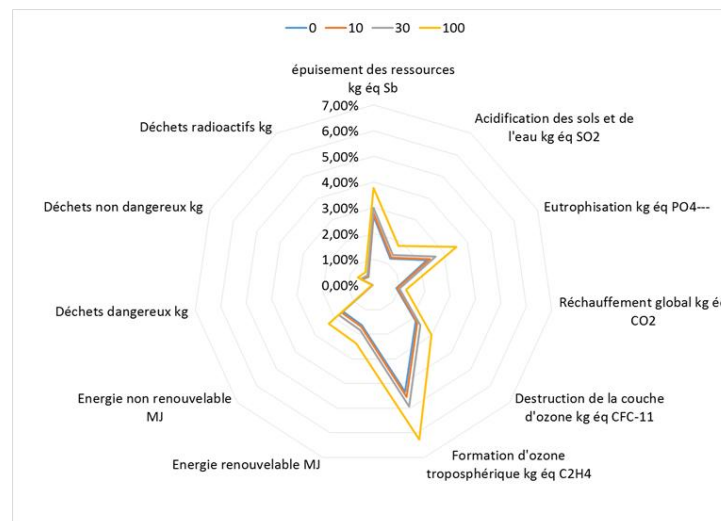


Figure 2. Contribution du Transport à L'ACV des BGR et BGN pour le circuit 1 à Strasbourg.

3. Conclusion

Dans cette étude, les impacts du dosage en ciment, des taux de substitution, du transport et des circuits d'acheminement des granulats sur les indicateurs environnementaux évalués dans une analyse du cycle de vie sont présentés.

L'influence de la composition des bétons est prépondérante, en particulier l'ACV est conditionnée par la teneur en ciment. Si la même teneur en ciment est utilisée, l'utilisation de granulats recyclés en remplacement des granulats naturels ne modifie pas significativement l'ACV des compositions de bétons. Ceci s'explique en grande partie par les ICV des granulats qui sont eux-mêmes peu différenciés. Pour les circuits d'acheminement des granulats recyclés et naturels étudiés, l'impact du transport des granulats (recyclés et naturels) et du béton fabriqué ne dépasse pas 25% des valeurs d'indicateurs pour la majorité des indicateurs étudiés (cas du circuit le plus pénalisant d'une ville).

En conclusion de cette étude il ressort que l'ACV n'est pas la méthodologie qui permet de confirmer le caractère éco-respectueux des Bétons de Granulats Recyclés. Les deux critères éco-respectueux de ces matériaux sont la préservation de la ressource en granulats et le non stockage des déchets en amont. La préservation de la ressource en granulats est évaluée dans une ACV, selon la norme EN 15 804, par le calcul de l'épuisement de la ressource Silicium dont le facteur de caractérisation n'est pas important. Le non stockage des déchets en amont ne peut quant à lui être évalué par une ACV normalisée. Ainsi même si l'éco respectabilité de tels bétons semble évidente aux regards des deux critères « préservation des ressources » et « non stockage de déchets de démolition », sa démonstration n'est pas systématique, certaines études antérieures ont conduit à des ACV satisfaisantes pour les BGR, ces résultats étant obtenus pour des bétons de compositions différentes de ceux présentés ici [SER 16].

4. Bibliographie

- [VAN 13] VANDECASTEELE C., HEYNEN J., GOUMANS H., Materials Recycling in Construction: A Review of the Last 2 Decades Illustrated by the WASCON Conferences, *Waste Biomass Valorization*, Vol.4, 2013, p. 695–701.
- [COR 11] CORONADO M., DOSAL E., COZ A., VIGURI J.R., ANDRÉS A., Estimation of Construction and Demolition Waste Generation and Multicriteria Analysis of C&DW Management Alternatives: A Case Study in Spain, *Waste Biomass Valorization*, Vol.2, 2011, p. 209–225.
- [SER 16] SERRES N., BRAYMAND S., FEUGEAS F., Environmental evaluation of concrete made from recycled concrete aggregate implementing life cycle assessment, *J. Build. Eng.*, Vol. 5, 2016, p. 24–33.
- [AFN 14] AFNOR, NF EN 15804+A1, Contribution des ouvrages de construction au développement durable - Déclarations environnementales sur les produits - Règles régissant les catégories de produits de construction, 2014.
- [REC 12] French National Project RECYBETON, <http://www.pnrecybeton.fr/>.
- [GOM 13] GOMES F, BRIÈRE R, FERAILLE A, HABERT G, Adaptation of environmental data to national and sectorial context: application for reinforcing steel sold on the French market, *The Int. J. of Life Cycle Assessment*, Vol. 18, Issue 5, 2013, p. 926-938
- [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.