

Influence de la nature des granulats recyclés sur les propriétés des bétons

Berredjem Layachi, Laurent Molez, Arabi Nourredine

▶ **To cite this version:**

Berredjem Layachi, Laurent Molez, Arabi Nourredine. Influence de la nature des granulats recyclés sur les propriétés des bétons. 37e rencontres Universitaires de Génie Civil - Vers des ouvrages intelligents, 2019, Nice - Sophia Antipolis, France. hal-02351768

HAL Id: hal-02351768
https://hal.science/hal-02351768

Submitted on 6 Nov 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Influence de la nature des granulats recyclés sur les propriétés des bétons

Berredjem Layachi[1], Molez Laurent[2] et Arabi Nourredine[3]

[1] *Université Badji Mokhtar – Annaba - Algérie, Département d'architecture, Laboratoire Matériaux Géomatériaux et Environnement,* berredjem2423@gmail.com, layachi.berredjem@univ-annaba.dz *;*

[2] *INSA de Rennes, Département de Génie Civil, Laboratoire GCGM,* Laurent.Molez@insa-rennes.fr;

[3] *Université Badji Mokhtar – Annaba - Algérie, Département de Génie Civil,* nourredine.arabi@univ-annaba.dz.

RÉSUMÉ. L'objectif de ce travail expérimental est l'étude de l'influence de la nature des granulats recyclés (fins et grossiers) sur les propriétés des bétons ordinaires sans adjuvants, en substituant les granulats naturels par les granulats recyclés avec différents pourcentages volumiques de : 0, 15, 30, 50 et 100 %. Les propriétés du béton ont été étudiées à partir de dix compositions dans la classe de résistance C35/45 avec une même ouvrabilité plastique S2 et de classe d'environnement EA2. Seulement, les graviers recyclés ont subi une pré-saturation pendant 24 h, Ils sont incorporés à l'état saturé à surface sèche. Les résultats obtenus montrent que les résistances caractéristiques des différents bétons ordinaires recyclés sont généralement satisfaisantes. La substitution des granulats naturels par les recyclés à un pourcentage de 30%, limite trouvée dans la littérature, n'a pas influencée les propriétés de ces béton que ce soient mécaniques ou de durabilité ; Particulièrement avec celui du gravier recyclé dont son taux de substitution peut atteindre les 50%.

ABSTRACT. The aim of this experimental work is to study the influence of the nature of the recycled aggregates (coarse and fine) on the properties of ordinary concrete without additives, substituting natural aggregates by recycled aggregates with different volume percentages of: 0, 15, 30, 50 and 100%. Concrete properties were studied from 10 compositions in the strength class C35/45 with the same plastic workability and S2 of EA2 environment class. Only, gravel recycled underwent pre-saturation for 24 h, they are incorporated into the saturated surface dry condition.

The results obtained show that the characteristic strengths of the various recycled concretes are generally satisfactory. The substitution of natural aggregates by recycled at a percentage of 30%, limits found in literature, has not influenced the properties of the concrete that are mechanical or durability; Especially with recycled gravel which its substitution rate can reach 50%.

MOTS-CLÉS : Environnement, béton recyclé, propriétés mécaniques, durabilité.

KEY WORDS: Environment, recycled concrete, mechanical properties, durability.

1 Introduction

L'environnement, la protection de la nature, le développement durable jouent un rôle essentiel dans la satisfaction des exigences modernes pour les travaux de construction. Avec l'augmentation constante de la population mondiale une urbanisation accrue se développe et par surcroît les déchets en général augmentent. Le secteur de bâtiment, lié au développement économique et industriel, génère une grande diversité et de quantités importantes de déchets de chantiers qui constituent une part importante des coûts de production des déchets solides dans le monde [GON 16].

Au cours des dernières années, les recherches sont orientées beaucoup plus sur l'incorporation gravier recyclé dans le béton [KOU 15 et SIL 15]. Toutefois, peu d'études existent sur les bétons fabriqué avec du sable recyclé ou bien avec les deux fractions gravier et sable [PED 17]. De nombreux auteurs ont conclu que la substitution des granulats naturels par les recyclés, engendre une augmentation de la quantité d'eau de gâchage nécessaire, menant à des difficultés de contrôle de la rhéologie à l'état frais et par conséquent provoque des pertes de résistances mécaniques par rapport aux bétons standards [YVE 11]. Et cette diminution de performance varie fortement selon un certain nombre de paramètres, tels que le taux de remplacement de granulats, le rapport eau/ciment, les conditions de préparation des granulats (saturés ou secs), ou encore la qualité du béton parent et le processus de concassage adopté.

Lors du concassage du vieux béton une quantité importante de fraction fine est inévitable et qui est constituée en majeur partie, de la pâte cimentaire durcie caractérisée par sa porosité élevée. Plusieurs chercheurs considèrent que cette fraction est nocive à la durabilité des bétons, dont son ressort est l'élimination à la décharge, par contre d'autres études limitent son utilisation à un seuil de 30% comme pourcentage de remplacement des sables naturels [SAH 15].

Notre travail a pour objectif de répondre à deux problématiques liées à la faisabilité de la valorisation des granulats recyclés, principalement le sable recyclé, dans les bétons, et leurs propriétés spécifiques dans un contexte de développement durable.

2 Procédures expérimentales

2.1 Matériaux utilisés et formulation adoptée

Les matériaux utilisés dans cette étude sont : un CEM I 52,5, deux types de sables de fraction 0/3,15 mm "un sable naturel alluvionnaire (SN) et un sable recyclé (SR)" et deux types de graviers "gravier naturel GN1 ; GN2 et gravier recyclé (GR1 ; GR2)", de fraction 3,15/8 et 8/16 mm respectivement. Les propriétés des différents bétons ont été étudiées à partir de dix compositions dans la classe de résistance C35/45 et de classe d'environnement EA2. La substitution volumique des granulats naturels par les granulats recyclés est réalisée avec différents pourcentages de : 0, 15, 30, 50 et 100 %. Les graviers recyclés ont subi une pré-saturation pendant 24 h, Ils sont incorporés à l'état saturé à surface sèche (SSS). Contrairement aux autres matériaux qui sont utilisés à l'état sec.

La formulation des bétons est basée sur la méthode de composition de Dreux-Gorisse, en prenant comme données de base : C = 400kg/m^3, une même classe de consistance S2 et un même squelette granulaire de compacité. Les compositions complètes avec les différentes combinaisons granulaires sont données dans le tableau 8.3.

Tableau 1. *Différentes compositions des bétons ordinaires formulés*

Composants	M_v^{abs}	**Unités**	**BT**	**BS15**	**BS30**	**BS50**	**BS100**	**BG15**	**BG30**	**BG50**	**BG100**	**BGS15**
CEM I 52,5	3,15		400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
SN	2,59		544	490	414	303	0	571	571	571	571	493
SR	2,51			84	172	293	604					84
GN1	2,63	kg/m3	339	320	300	299	286	296	243	174		273
GN2	2,74		929	908	902	879	849	758	624	446		774
GR1	2,52							50	100	167	333	46
GR2	2,56							125	250	417	833	128
E/C	-		0,46	0,48	0,52	0,54	0,57	0,48	0,49	0,51	0,54	0,50
M_v^r	-	kg/m^3	2411	2409	2407	2398	2381	2416	2396	2391	2365	2410

A travers le tableau 1, on remarque que la quantité d'eau de gâchage ainsi que la masse volumique apparente sont influencés par l'incorporation des granulats recyclés dans les bétons. Cette diminution est d'autant plus prononcée avec l'incorporation du gravier recyclé qu'avec le sable recyclé. Elle est attribuable, confirmée par de nombreuses études, à la densité faible et à l'augmentation de la teneur en eau engendrée par l'absorption conséquence des granulats recyclés, d'une part, et à la compacité des bétons.

3 Comportements mécaniques

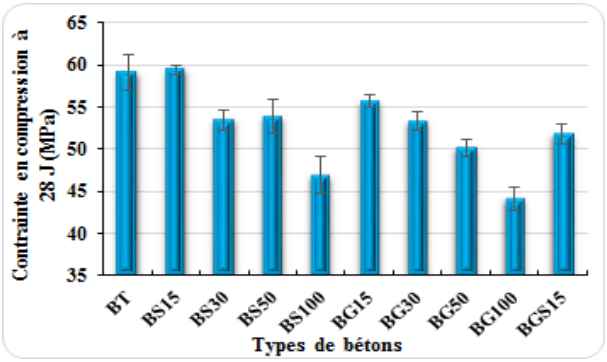


Figure 1. *Evaluation des résistances caractéristiques des différents bétons*

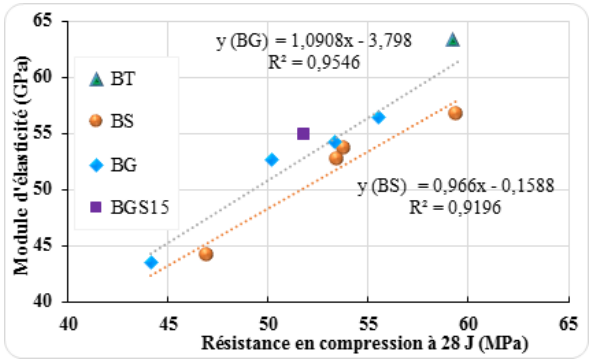


Figure 2. *Relations entre le module d'élasticité et la résistance caractéristique des différents bétons*

Préalablement, on peut remarquer, à partir de la figure 1, que dans tous les cas des bétons examinés, les résistances caractéristiques (R_{c28}) sont néanmoins supérieures à 35 MPa même pour des taux de substitutions aussi élevés que 50%. Le béton à base de 15% de sable recyclé montre la plus grande résistance, cela est dû probablement à sa compacité. Les performances mécaniques des bétons dépendent fortement des caractéristiques intrinsèques des granulats utilisés d'où on constate très clairement comme on pouvait s'y attendre, que le remplacement des granulats naturels par des granulats recyclés entraîne une diminution de résistance qui dépend de type du granulat considéré et varie selon la fraction volumique de recyclés introduit.

Les mêmes tendances ont été observées pour les résultats du module de Young, comme nous le montre la figure 2, les granulats recyclés ont un effet significatif sur le module d'élasticité, Plus le dosage en granulats recyclés augmente plus le module d'élasticité diminue. Ces résultats sont en bon accord avec les résultats de la littérature qui indiquent une diminution du module d'élasticité de 45% pour un recyclé 100% [GON 16]. Une substitution de 15% du squelette granulaire par des granulats recyclés entraîne une diminution de 10,5% (BS15), 10,9% (BG15) et 13,4% (BSG15) du module d'élasticité. La faible rigidité des granulats recyclés et l'existence probable des fissures et microfissures au niveau des granulats recyclés, principalement au niveau des grains de gravier sont les principales explications à cette chute.

4 Propriétés relatives à la durabilité

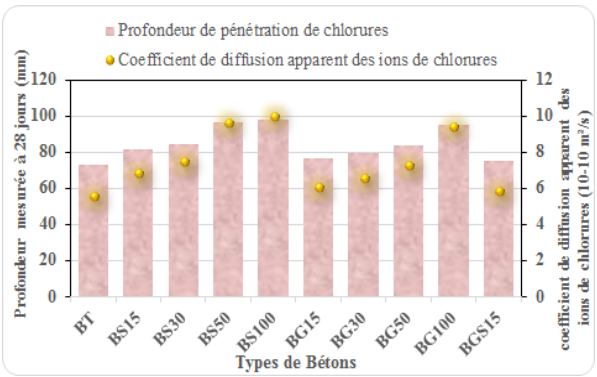


Figure 3. *Profondeur de pénétration des ions chlorures et le coefficient de diffusion apparent des bétons*

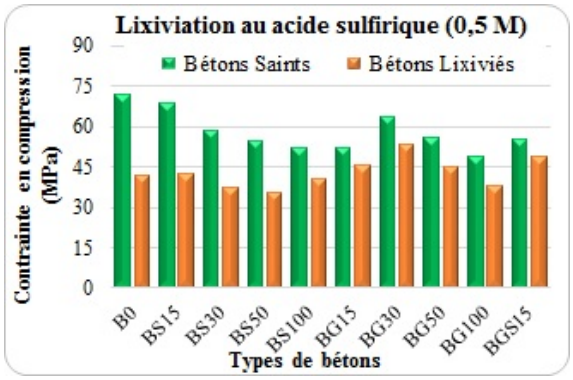


Figure 4. *Evaluation de la résistance en compression après attaque sulfurique après 28 jours*

La diffusion des ions de chlorures des bétons recyclés augmente avec l'augmentation du taux de substitution des granulats naturels par les recyclés. En d'autres termes, elle est liée à la porosité du béton confectionné. Cependant, le coefficient de diffusion apparent des bétons à base de sable recyclé est plus important que celui des bétons à base du gravier recyclé [WAN 13].

A 56 jours de maturation, les résistances en compression des différents bétons recyclés sont inférieures à celle du béton témoin. Elles sont liées étroitement avec le taux d'incorporation des granulats recyclés en particulier celui du sable recyclé. Après 28 jours d'immersion des éprouvettes dans l'acide sulfurique de concentration 0,5 mol/l, figure 4, les dégradations maximales sont prélevées pour le béton recyclé à 100%, BS100, cela est dû sans doute à la porosité des granulats d'une part et la teneur élevée en portlandite et de la calcite d'autre part, caractérisés par leur forte solubilité aux acides.

Les pertes de résistances en compression des différents bétons enregistrent des augmentations en fonction des taux de granulats recyclés, elles sont plus importantes pour ceux à base de sable recyclé. La dégradation maximale constatée est de 10 % pour le béton recyclé à 100% de sable recyclé (BS100), cela est dû sans doute à la porosité des granulats d'une part et la teneur élevée en portlandite et de la calcite d'autre part, caractérisés par leur forte solubilité aux acides. Toutefois, les bétons à faible pourcentage de granulats recyclés (BS15, BG15 et BGS15) montrent une résistance à la lixiviation comparable à celle du béton témoin naturel.

5 Conclusion

A partir des résultats présentés, il ressort plusieurs appréciations :

- L'incorporation de granulats recyclés dans le béton, particulièrement le sable recyclé, provoque une diminution de leurs densités à l'état frais et durci, une augmentation de la capacité d'absorption d'eau par rapport au béton naturel.
- Les résistances caractéristiques des différents bétons recyclés sont généralement satisfaisantes, elles remplissent donc les exigences de l'Eurocode 2 pour le béton ordinaire. La substitution des granulats naturels par les recyclés, à un pourcentage de 30%, limite trouvée dans la littérature, dans la composition du béton n'a pas influencée ces propriétés mécaniques et le taux de substitution du gravier recyclé peut atteindre les 50%.
- En terme de diffusion des ions de chlorures et la lixiviation aux acides forts, l'incorporation du sable recyclé dans les bétons au-delà de 30% de substitution est préjudiciable vis-à-vis à leur durabilité.

6 Bibliographie

Les auteurs expriment leurs remerciements à l'ensemble du personnel de département de Génie civil de L'INSA de Rennes, ainsi du LGCGM pour leur aide, leur enthousiasme et pour fournir les moyens d'effectuer différents tests en laboratoire.

7 Bibliographie

[GON 16] González-Taboada I., González-Fonteboa B., Martínez-Abella F., Carro-López D., «Study of recycled concrete aggregate quality and its relationship with recycled concrete compressive strength using database analysis», Materiales de Construcción, vol. 66, n° 323, 2016, p. e089.

[KOU 15] Kou S.C. and Poon C.S, «Effect of the quality of parent concrete on the properties of high performance recycled aggregate concrete», *Construction and Building Materials,* vol. 77, 2015, p. 501‑508.

[PED 17] Pedro D., de Brito J., Evangelista L., «Structural concrete with simultaneous incorporation of fine and coarse recycled concrete aggregates: Mechanical, durability and long-term properties», *Construction and Building Materials,* vol. 154, 2017, p. 294-309.

[SAH 15] Saheed O. A.; Lukumon O. O., Muhammad B., Olugbenga O. A., Hafiz A. A., Hakeem A. O. and Kabir O. K., «Waste effectiveness of the construction industry: Understanding the impediments and requisites for improvements», *Resources, Conservation and Recycling,* vol. 102, 2015, p. 101-112.

[SIL 15] Silva R.V., Neves R., De Brito J. and Dhir R.K., «Carbonation behaviour of recycled aggregate concrete», *Cement and Concrete Composites,* vol. 62, 2015, p. 22-32.

[WAN 13] Wang W., Kou S. and Xing F., «Deformation properties and direct shear of medium strength concrete prepared with 100% recycled coarse aggregates», *Construction and Building Materials,* vol. 48, 2013, p. 187-193.

[YVE 11] Yves Ch., «PN RECYBETON. Etude de faisabilité». *Institut pour la recherche appliquée et l'expérimentation en génie civil (IREX),* 2011.