

# Projet de recherche et développement



*Stockage de CO<sub>2</sub> par carbonatation du béton recyclé*

## RAPPORT DE RECHERCHE / LIVRABLE

### FASTCARB - GT2.2.2

## Synthèse des résultats d'essais de durabilité menés par Sigma-Béton

Auteur(s) / Organisme(s) :

Fanny GEFFRAY – Sigma-Béton

Thème de rattachement :

GT2.2.2 Durabilité

FCARB/R/013

LC/20/FCARB/060

27/01/2023

Site internet : [www.fastcarb.fr](http://www.fastcarb.fr)

Plateforme collaborative : [www.omnispace.fr/fastcarb](http://www.omnispace.fr/fastcarb)

Président : Raoul de PARISOT

Directeur : Jean-Michel TORRENTI

Gestion administrative et financière : IREX ([www.irex.asso.fr](http://www.irex.asso.fr)), 9 rue de Berri 75008 PARIS, [contact@irex.asso.fr](mailto:contact@irex.asso.fr)



## Sommaire

---

<b>Sommaire</b> .....	<b>3</b>
<b>1 Résumé</b> .....	<b>4</b>
<b>2 Introduction</b> .....	<b>5</b>
<b>3 Résultats d'essais de perméabilité au gaz sur B1 à B7 (C25/30)</b> .....	<b>5</b>
<b>4 Résultats d'essais de perméabilité au gaz sur B8 à B14 (C45/55)</b> .....	<b>6</b>
<b>5 Résultats de carbonatation naturelle sur B1 à B7 (C25/30)</b> .....	<b>7</b>
<b>6 Résultats de carbonatation naturelle sur B8 à B14 (C45/55)</b> .....	<b>8</b>
<b>7 Application échelle 1 – Résultats d'essais de durabilité sur carottes des voiles béton ....</b>	<b>9</b>
7.1 Perméabilités au gaz des carottes de voile béton.....	10
7.2 Résultats de carbonatation naturelle sur carottes de voile béton .....	11

# 1 Résumé

---

## Résumé en français

L'objectif de l'étude est de préciser l'influence éventuelle des GBRC (Granulats de Bétons Recyclés Carbonatés) sur la durabilité des bétons comparativement aux GBR (Granulats de Bétons Recyclés, sous-entendu non carbonatés). En complément une étude de faisabilité a été menée sur l'incorporation de GBRC dans des bétons fabriqués en unité de production de BPE (Béton Prêt à l'Emploi).

Le présent document rassemble les résultats d'essais de perméabilité au gaz et de carbonatation naturelle réalisés sur les éprouvettes de béton de la phase 1 du GT2.2.2 ainsi que les perméabilités au gaz et carbonatations naturelles des carottes prélevées sur voiles béton de la phase 2 du GT2.2.2.

L'analyse complète des résultats de durabilité est fournie dans le rapport général du GT2.2.2 et dans les recommandations du PN Fastcarb.

## Abstract

The influence of the carbonation of recycled concrete aggregates on the durability of concretes has been studied as part of the working group GT2.2.2 of Fastcarb.

In this document, the gas permeability and natural carbonation of concretes incorporating GBRC (carbonated recycled aggregates) have been gathered.

The analyses are presented in the global report of the GT2.2.2 and in the FastCarb final recommendations.

## 2 Introduction

L'intérêt visé de la carbonatation des granulats de béton recyclés est de combler la porosité intrinsèque de ce type de granulat et ainsi d'améliorer leur qualité et la constante de leur qualité pour une formulation dans des bétons type C25 ou C45. L'effet de la carbonatation du granulat sur les bétons est étudié dans ce GT2.2.2 et plus particulièrement sur leur perméabilité au gaz et sur leur carbonatation naturelle dans ce document.

## 3 Résultats d'essais de perméabilité au gaz sur B1 à B7 (C25/30)

À réception, les éprouvettes sont découpées aux dimensions adaptées et conservées en salle humide jusqu'à 90 jours. Les essais de perméabilité à l'azote sont ensuite réalisés à échéance de 90 jours selon la norme XP P18-463. Les résultats sur éprouvettes sèches sont fournis dans le tableau 1. Un tableau plus complet, indiquant les valeurs intermédiaires à 7 et 28 jours est donné en Annexe. Les PV d'essai de chaque béton sont disponibles.

Renseignements formules béton					Résultats			
					Mesure échantillon sec			Durabilité potentielle
Références LIM's	Référence FastCarb	Composition	Date de Confection	Echéances réelles (j)	Perte de masse (%)	Teneur en eau (%)	Résultats Perméa au gaz ( $10^{-18} \text{ m}^2$ )	
E2103200558	B1	C25/30	5-mai-21	90	6,2	0,0	146,5	Moyenne
E2103200592	B2	C25/30	19-mai-21	90	9,0	0,0	151,1	Moyenne
E2100200767	B3	C25/30	2-juin-21	90	8,6	0,0	167,8	Moyenne
E2100200768	B4	C25/30	16-juin-21	90	8,6	0,0	227,6	Moyenne
E21002000787	B5	C25/30	30-juin-21	90	10,7	0,0	548,5	Faible
E2100200847	B6	C25/30	13-juil.-21	91	10,0	0,0	208,2	Moyenne
E2100800922	B7	C25/30	4-août-21	90	10,9	0,0	217,2	Moyenne

Tableau 1. Résultats de perméabilité au gaz sur bétons secs B1 à B7

## 4 Résultats d'essais de perméabilité au gaz sur B8 à B14 (C45/55)

Renseignements formules béton					Résultats			
					Mesure échantillon sec			Durabilité potentielle
Références LIM's	Référence FastCarb	Composition	Date de Confection	Echéances réelles (j)	Perte de masse (%)	Teneur en eau (%)	Résultats Perméa au gaz ( $10^{-18} \text{ m}^2$ )	
E2100201091	B8	C45/55	1-sept.-21	90	6,1	0,0	80,9	Elevée
E2100201093	B9	C45/55	15-sept.-21	90	6,5	0,0	66,4	Elevée
E2100201197	B10	C45/55	29-sept.-21	90	6,0	0,0	83,2	Elevée
E2100201198	B11	C45/55	13-oct.-21	90	6,4	0,0	67,6	Elevée
E2200200016	B12	C45/55	9-nov.-21	91	7,5	0,0	86,1	Elevée
E2200200026	B13	C45/55	17-nov.-21	90	7,1	0,0	85,5	Elevée
E2203200059	B14	C45/55	24-nov.-21	90	7,2	0,0	61,1	Elevée

Tableau 2. Résultats de perméabilité au gaz sur bétons secs B8 à B14

## 5 Résultats de carbonatation naturelle sur B1 à B7 (C25/30)

Les profondeurs de carbonatation sont déterminées suivant la norme NF EN 14630 à T0+6 mois et T0+12 mois après 3 mois de cure humide des bétons. Le tableau 2 indique les dates d'essais des bétons et les profondeurs de carbonatation moyennes et maximales. Les PV d'essai de chaque béton sont disponibles.

Renseignements formules béton				Profondeurs de carbonatation			
				6mois		12mois	
Références LIM's	Référence externe	Composition	Date de Confection	moy	max	moy	max
E2103200558	B1	C25/30	5-mai-21	2,7	3,5	4,5	6,9
E2103200592	B2	C25/30	19-mai-21	2,1	2,3	4,7	6,3
E2100200739	B3	C25/30	2-juin-21	3,2	3,0	5,4	7,2
E2100200760	B4	C25/30	16-juin-21	2,2	2,0	4,8	6,3
E2100200786	B5	C25/30	30-juin-21	2,5	2,7	4,3	6,8
E2100200846	B6	C25/30	13-juil-21	2,3	2,5	2,6	4
E2100200921	B7	C25/30	4-août-21	2,3	4,3	4,8	6,4

Tableau 3. Résultats d'essai de carbonatation naturelle sur les bétons B1 à B7

## 6 Résultats de carbonatation naturelle sur B8 à B14 (C45/55)

Renseignements formules béton				Profondeurs de carbonatation			
				6mois		12mois	
Références LIM's	Référence externe	Composition	Date de Confection	moy	max	moy	max
E2100201090	B8	C45/55	1-sept.-21	0,0	0,0	0,5	1,1
E2100201092	B9	C45/55	15-sept.-21	0,0	0,0	0,8	2,5
E2100201132	B10	C45/55	29-sept.-21	0,0	0,0	0,3	0,7
E2100201198	B11	C45/55	13-oct.-21	0,0	0,8	0,8	1,9
E2200200016	B12	C45/55	9-nov.-21	0,5	1,1	0,5	0,9
E2200200026	B13	C45/55	17-nov.-21	0,2	0,8	0,2	0,7
E2203200059	B14	C45/55	24-nov.-21	0,2	0,6	0,1	0,4

Tableau 4. Résultats d'essai de carbonatation naturelle sur les bétons B8 à B14

## 7 Application échelle 1 – Résultats d'essais de durabilité sur carottes des voiles béton

Sigma-Béton a pu réaliser le carottage des trois voiles coulés par Lafarge. Le premier voile contient des granulats recyclés non carbonatés ; le second des granulats recyclés carbonatés par le dispositif #1 et le troisième des granulats recyclés carbonatés par le dispositif #2.

Date de coulage : 22 Juillet 2021

Date de carottage : 6 Octobre 2021



Figure 1. Photo du carottage des voiles béton

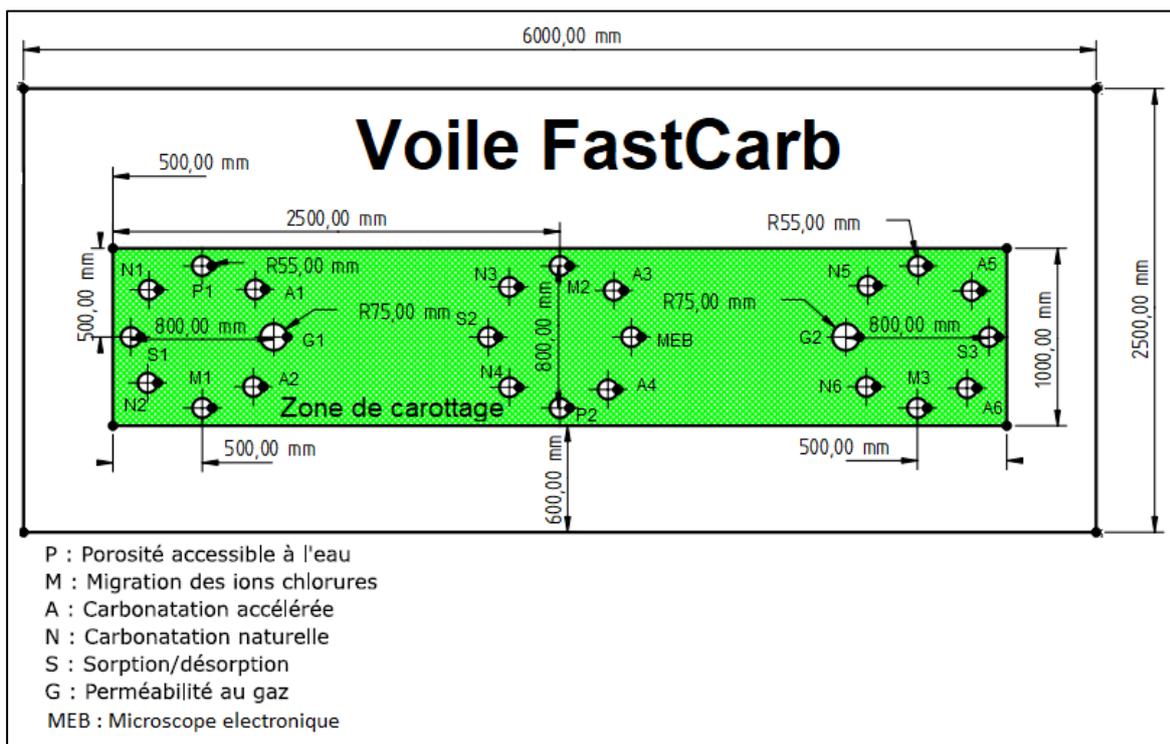


Figure 2. Distribution des éprouvettes de durabilité dans le voile

Sigma-Béton a en charge la réalisation des essais de perméabilité au gaz et de carbonatation naturelle.

## 7.1 Perméabilités au gaz des carottes de voile béton

Le tableau 3 fournit les perméabilités au gaz des carottes à l'état sec. Les PV de chaque référence sont disponibles.

Deux carottes de 10cm de diamètre ont dans ce cas été prélevées par voile pour s'adapter au banc de test de perméabilité au gaz.

Renseignements formules béton				Résultats			
				Mesure échantillon sec			Durabilité potentielle
Références LIM's	Référence FastCarb	Composition	Echéances réelles (j)	Perte de masse (%)	Teneur en eau (%)	Résultats Perméa au gaz ( $10^{-18} \text{ m}^2$ )	
E2100200953	NC G1	Formule 1 (GBR NC)	89	9,4	0,0	324,0	Faible
E2100200954	NC G2	Formule 1 (GBR NC)	89	9,2	0,0	201,0	Moyenne
E2100200949	C1 G1	Formule 2 (GBRC 1 LH)	90	9,1	0,0	196,0	Moyenne
E2100200950	C1 G2	Formule 2 (GBRC 1 LH)	90	8,8	0,0	177,0	Moyenne
E2100200951	C2 G1	Formule 3 (GBRC 2 Vicat)	90	9,2	0,0	193,0	Moyenne
E2100200952	C2 G2	Formule 3 (GBRC 2 Vicat)	89	9,4	0,0	188,0	Moyenne

Tableau 5. Résultats de perméabilité au gaz des carottes béton

## 7.2 Résultats de carbonatation naturelle sur carottes de voile béton

Les résultats de carbonatation naturelle sont fournis à échéance 6mois. 6 corps d'épreuve de diamètre 11cm ont été prélevés par voile.

Les PV de chaque référence sont disponibles.

Renseignements formules béton				Résultats	
				Mesure à 6mois	
Références LIM's	Référence externe	Composition	Echéance réelle (j)	profondeur de carbonatation moy	profondeur de carbonatation max
E2100200967	NC N1	Formule 1 (GBR NC)	180	4,3	5,0
E2100200968	NC N2	Formule 1 (GBR NC)	180	3,3	4,3
E2100200969	NC N3	Formule 1 (GBR NC)	180	4,5	5,5
E2100200970	NC N4	Formule 1 (GBR NC)	180	4,5	5,0
E2100200971	NC N5	Formule 1 (GBR NC)	180	4,5	5,5
E2100200972	NC N6	Formule 1 (GBR NC)	180	4,0	4,8
E2100200955	C1 N1	Formule 2 (GBRC 1 LH)	180	4,5	5,5
E2100200956	C1 N2	Formule 2 (GBRC 1 LH)	180	3,5	4,3
E2100200957	C1 N3	Formule 2 (GBRC 1 LH)	180	4,3	5,0
E2100200958	C1 N4	Formule 2 (GBRC 1 LH)	180	4,5	5,3
E2100200959	C1 N5	Formule 2 (GBRC 1 LH)	180	4,5	4,8
E2100200960	C1 N6	Formule 2 (GBRC 1 LH)	180	4,8	5,8
E2100200961	C2 N1	Formule 3 (GBRC 2 Vicat)	180	3,8	4,3
E2100200962	C2 N2	Formule 3 (GBRC 2 Vicat)	180	4,8	5,3
E2100200963	C2 N3	Formule 3 (GBRC 2 Vicat)	180	4,5	5,8
E2100200964	C2 N4	Formule 3 (GBRC 2 Vicat)	180	2,8	3,8
E2100200965	C2 N5	Formule 3 (GBRC 2 Vicat)	180	4,0	4,8
E2100200966	C2 N6	Formule 3 (GBRC 2 Vicat)	180	3,5	4,8

Tableau 6. Résultats de carbonatation naturelle sur carottes de voile béton