

Projet de recherche et développement



Stockage de CO₂ par carbonatation du béton recyclé

RAPPORT DE RECHERCHE / LIVRABLE

Propriétés des bétons contenant des granulats de béton recyclés carbonatés

Auteur(s) / Organisme(s) :

T.PERNIN – Cerib
P. ROUGEAU – Cerib
A. BEN FRAJ – Cerema
H. RANAIVOMANANA – Nantes Université
G. PHAM – Holcim
F. GEFFRAY – Sigma Béton

Thème de rattachement : GT2-2-2

Passage au béton - Durabilité

FCARB/R/020

CERIB :	LC/20/FCARB/056
GeM :	LC/20/FCARB/057
Lafarge France :	LC/20/FCARB/058
CEREMA :	LC/20/FCARB/059

10/11/2023

Site internet : www.fastcarb.fr

Plateforme collaborative : www.omnispace.fr/fastcarb

Président : Raoul de PARISOT

Directeur : Jean-Michel TORRENTI

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

Sommaire

Sommaire	2
1 Introduction	3
2 Production des bétons contenant des granulats de béton recyclés carbonatés et méthodes de caractérisation	3
2.1 Constituants	3
2.2 Bétons étudiés dans le projet national FastCarb	4
2.3 Protocoles et essais	5
2.3.1 Contrôle des constituants à réception	5
2.3.2 Protocole des essais	6
3 Propriétés des bétons e granulats recyclés carbonatés	6
3.1 Propriété à l'état frais	6
3.2 Propriétés mécaniques	7
3.3 Propriétés de durabilité	9
4 Évaluation de l'impact de la carbonatation des granulats recyclés sur les propriétés des bétons	14
5 Conclusions	15
6 Références	16
7 Annexes	17

1 Introduction

Afin de limiter l'impact environnemental des bétons et de favoriser le recyclage et l'économie circulaire dans le domaine de la construction, de nombreuses recherches se sont ouvertes sur ces thématiques, dont la carbonatation des granulats de béton recyclé. Les études ont montré que ce procédé pouvait améliorer les propriétés des granulats recyclés, pouvant potentiellement faciliter leur usage dans les bétons [1-3].

Au-delà d'une approche uniquement laboratoire, le Projet National FastCarb s'est construit sur deux volets, l'un amont en laboratoire, sur la compréhension et l'optimisation du procédé de carbonatation et l'autre orienté vers l'aval. Les objectifs de la partie aval, sont de concevoir et de mettre en œuvre un procédé de carbonatation accélérée à échelle préindustrielle, puis de vérifier que les bétons fabriqués à l'aide des granulats carbonatés conservent les mêmes niveaux de performance. Dans un premier temps, des bétons C25/30 et C45/55 ont été réalisés en laboratoire avec les granulats traités (sable et gravillon) selon les process de carbonatation développés dans deux cimenteries : Val d'Azergues et Créchy.

Des essais comparatifs ont été menés sur les granulats recyclés carbonatés et non carbonatés, pour différents taux d'incorporation. L'objectif de l'étude est de mesurer l'impact de la carbonatation des granulats recyclés sur les principales propriétés des bétons : comportement à l'état frais, performances mécaniques et durabilité. Concernant la durabilité, il s'agit de statuer sur l'influence éventuelle de la carbonatation des granulats sur les propriétés de transfert intervenant dans les phénomènes de corrosion des armatures de béton armé.

Dans un deuxième temps, l'impact de l'incorporation des granulats recyclés carbonatés sur les propriétés des bétons à l'échelle 1 a été étudié. Différents produits préfabriqués (blocs, bordures, escaliers) et des parties d'ouvrages coulées in-situ (voiles structurels) ont été réalisés. L'objectif est de vérifier la faisabilité d'utiliser en situation réelle ces granulats et de préciser les éventuelles différences de comportement avec les granulats recyclés non carbonatés.

2 Production des bétons contenant des granulats de béton recyclés carbonatés et méthodes de caractérisation

2.1 Constituants

Dans le cadre du projet national FastCarb, quatorze compositions de béton ont été définies pour l'étude de l'impact de la carbonatation des granulats sur les propriétés mécaniques et de durabilité. Les constituants employés sont les suivants :

- ▶ Ciment : CEM II/A-LL 42,5 R CE CP2 NF – Usine de Val d'Azergues (Lafarge Holcim) ;
- ▶ Adjuvants : Superplasiifiant : Isoflow 857, Extenseur de rhéologie : Isoflow 7230 (Cemex admixtures) ;
- ▶ Granulats Naturels :
 - 0/4 SCL Saint-Bonnet (LafargeHolcim) (NS dans la nomenclature béton),
 - 4/11 SCL Saint-Bonnet (LafargeHolcim) (NG dans la nomenclature béton),
 - 11/22 SCL Saint-Bonnet (LafargeHolcim) (NG dans la nomenclature béton) ;
- ▶ Granulats Recyclés :
 - 0/4 concassé Saint-Fons dépôt (LafargeHolcim) (RS dans la nomenclature béton),
 - 4/16 concassé Saint-Fons dépôt (LafargeHolcim) (RG dans la nomenclature béton) ;

- ▶ Granulats Recyclés Carbonatés 1 : Process Val d’Azergues (LafargeHolcim) – Lit fluidisé :
 - 0/4 concassé carbonaté à Val d’Azergues (CRS1 dans la nomenclature béton),
 - 4/16 concassé carbonaté à Val d’Azergues (CRG1 dans la nomenclature béton) ;
- ▶ Granulats Recyclés Carbonatés 2 : Créchy (Vicat) – Tambour tournant :
 - 0/4 concassé carbonaté à Créchy (CRS2 dans la nomenclature béton),
 - 4/16 concassé carbonaté à Créchy (CRG2 dans la nomenclature béton).

2.2 Bétons étudiés dans le projet national FastCarb

Quatorze bétons ont été formulés de manière à distinguer deux familles de bétons à étudier, comprenant chacune sept compositions différentes selon leur squelette granulaire et le taux de substitution volumique retenu :

- ▶ Une famille C25/30, avec des substitutions allant de 20 % à 40 % en sable et de 50 % à 100 % en gravillon ;
- ▶ Une famille C45/55, avec substitution uniquement du gravillon, de 50 % à 100 %.

Les dosages en liant et les rapports $E_{\text{eff}}/\text{Liant}_{\text{éq}}$ des bétons répondent aux exigences des classes d’exposition XC4/XF1 (tableau NA.F.1) de la norme NF EN 206/CN.

À l’exception des granulats, les 14 bétons sont analogues du point de vue des autres constituants (même ciment de type CEM II/A, addition calcaire, eau efficace). L’adjuvant a nécessité un recalage du dosage à chaque formulation pour tenir les objectifs d’ouvrabilité malgré la variabilité de l’absorption d’eau des granulats recyclés.

Les consistances visées ont été les mêmes pour l’ensemble des bétons : S4.

Les caractéristiques des compositions sont données dans les tableaux 1 pour les C25/30 et 2 pour les C45/55 ci-dessous.

Tableau 1. Composition des 7 bétons C25/30 (proportions massiques)

Formules C25/30	Composition (kg / m ³)						
	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7
0/4 SAINT BONNET DE MURE	844	571	607	592	411	444	420
0/4 RECYCLE SAINT FONTS DEPOT - Non carbonaté	-	143	-	-	274	-	-
0/4 RECYCLE SAINT FONTS DEPOT - Carbonaté LH	-	-	152	-	-	296	-
0/4 RECYCLE SAINT FONTS DEPOT - Carbonaté Vicat	-	-	-	148	-	-	280
4/11.2 SAINT BONNET DE MURE	213	107	106	106	-	-	-
11.2/22.4 SAINT BONNET DE MURE	731	363	358	358	-	-	-
4/16 RECYCLE SAINT FONTS DEPOT - Non carbonaté	-	471	-	-	870	-	-
4/16 RECYCLE SAINT FONTS DEPOT - Carbonaté LH	-	-	464	-	-	882	-
4/16 RECYCLE SAINT FONTS DEPOT - Carbonaté Vicat	-	-	-	464	-	-	873
CEM II/A-LL 42,5R VAL D'AZERGUES	320	320	320	320	320	320	320
Isoflow 857	0,15%	-	-	-	-	-	-
Isoflow 7230	0,60%	1,20%	0,65%	0,65%	1,20%	0,90%	0,90%
Chryso CHR	-	0,40%	0,40%	0,40%	0,50%	0,50%	0,50%
G/S	1,12	1,32	1,22	1,25	1,27	1,19	1,25
Eau efficace	177	177	177	177	177	177	177
Eau efficace/Ciment	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55

Tableau 2. Compositions des 7 bétons C45/55 (proportions massiques)

Formules C45/55	Composition (kg /m ³)						
	B8	B9	B10	B11	B12	B13	B14
0/4 SAINT BONNET DE MURE	748	710	708	708	712	712	712
0/4 RECYCLE SAINT FONS DEPOT - Non carbonaté	-	-	-	-	-	-	-
0/4 RECYCLE SAINT FONS DEPOT - Carbonaté LH	-	-	-	-	-	-	-
0/4 RECYCLE SAINT FONS DEPOT - Carbonaté Vicat	-	-	-	-	-	-	-
4/11.2 SAINT BONNET DE MURE	206	94	94	94	-	-	-
11.2/22.4 SAINT BONNET DE MURE	776	380	379	379	-	-	-
4/16 RECYCLE SAINT FONS DEPOT - Non carbonaté	-	473	-	-	877	-	-
4/16 RECYCLE SAINT FONS DEPOT - Carbonaté LH	-	-	478	-	-	877	-
4/16 RECYCLE SAINT FONS DEPOT - Carbonaté Vicat	-	-	-	469	-	-	877
CEM II/A-LL 42,5R VAL D'AZERGUES	450	450	450	450	450	450	450
Isoflow 857	0,40%	0,40%	0,50%	0,70%	0,95%	0,90%	0,85%
Isoflow 7230	0,40%	0,60%	0,40%	0,40%	0,60%	0,60%	0,60%
G/S	1,31	1,33	1,34	1,33	1,23	1,23	1,23
Eau efficace	165	165	165	165	165	165	165
Eau efficace/Ciment	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37

Pour faciliter la présentation des résultats, les nomenclatures des 14 bétons permettent de distinguer les niveaux de résistance des bétons ainsi que les proportions de granulats recyclés carbonatés ou non. Le tableau 3 présente les nomenclatures des 14 bétons.

Tableau 3. Taux de substitution pour les 14 formulations de béton

		Sable				Gravier			
		NS (%)	RS (%)	CRS1 (%)	CRS2 (%)	NG (%)	RG (%)	CRG1 (%)	CRG2 (%)
C25/30	B1_C25_100NS-100NG	100				100			
	B2_C25_20RS-50RG	80	20			50	50		
	B3_C25_20CRS1-50CRG1	80		20		50		50	
	B4_C25_20CRS2-50CRG2	80			20	50			50
	B5_C25_40RS-100RG	60	40				100		
	B6_C25_40CRS1-100CRG2	60		40				100	
	B7_C25_40CRS2-100CRG2	60			40				100
C45/55	B8_C45_100NS-100NG	100				100			
	B9_C45_100NS-50RG	100				50	50		
	B10_C45_100NS-50CRG1	100				50		50	
	B11_C45_100NS-50CRG2	100				50			50
	B12_C45_100NS-100RG	100					100		
	B13_C45_100NS-100CRG1	100						100	
	B14_C45_100NS-100CRG2	100							100

2.3 Protocoles et essais

2.3.1 Contrôle des constituants à réception

Les principaux paramètres à vérifier pour les granulats recyclés carbonatés sont, comme pour les granulats recyclés non carbonatés, le coefficient d'absorption, la régularité granulométrique et la teneur en sulfates solubles.

Pour la préparation des matériaux, la méthodologie décrite dans le § 12.3.1.1.1 de l'ouvrage de synthèse du projet national RECYBETON [3] a été utilisée pour la pré-saturation en eau et l'homogénéisation des GBR et GBRC avant malaxage.

Fabrication des bétons :

- ▶ Chaque formule a été réalisée en deux gâchées.

2.3.2 Protocole des essais

Pour les 14 bétons, les propriétés à l'état frais mesurées sont les suivantes :

- ▶ Air occlus à l'aéromètre béton (NF EN 12350-7) mesurée à T5 (T0 + 5 min) ;
- ▶ Masse volumique (NF EN 12350-6) mesurée à T5 ;
- ▶ Affaissement au cône d'Abrams (NF EN 12350-2) mesurée à T15, T30, T60 et T90.

Pour les essais mécaniques, la caractérisation des résistances en compression (NF EN 12390-3), en fendage (NF EN 12390-6) et le module Young (NF EN 12390-13) est réalisée sur une presse 4000 KN de classe 1.

Les corps d'épreuves ont été conservés dans une salle humide à (20 ± 2) °C et une humidité relative supérieure à 95 % jusqu'à l'envoi aux laboratoires réalisant les essais de durabilité.

Les essais de durabilité ont été réalisés selon les protocoles suivants, principalement tirés des évolutions apportées par le Projet National PERFDUB [4] :

- ▶ Mesure de la porosité accessible à l'eau (NF P18-459) ;
- ▶ Essai d'absorption d'eau par capillarité (MO PERFDUB) ;
- ▶ Essai de migration des ions chlorure (NF P18-462) ;
- ▶ Essais de carbonatation naturelle et accélérée (MO PERFDUB) ;
- ▶ Mesure de perméabilité aux gaz (MO PERFDUB).

Les essais ont été réalisés aux échéances (90 ± 7) jours et, pour la carbonatation naturelle, à 6 mois et 12 mois.

3 Propriétés des bétons e granulats recyclés carbonatés

3.1 Propriété à l'état frais

Comme pour les granulats recyclés non carbonatés, le maintien des propriétés rhéologiques dans le temps reste un paramètre à surveiller avec des granulats de béton recyclés carbonatés (GBRC).

Les raidissements les plus importants ont été observés pour les bétons de classe C45/55, plus sensibles aux écarts d'eau et donc à la variabilité de l'absorption d'eau des granulats recyclés, carbonatés ou non (Figure 1 et Figure 2).

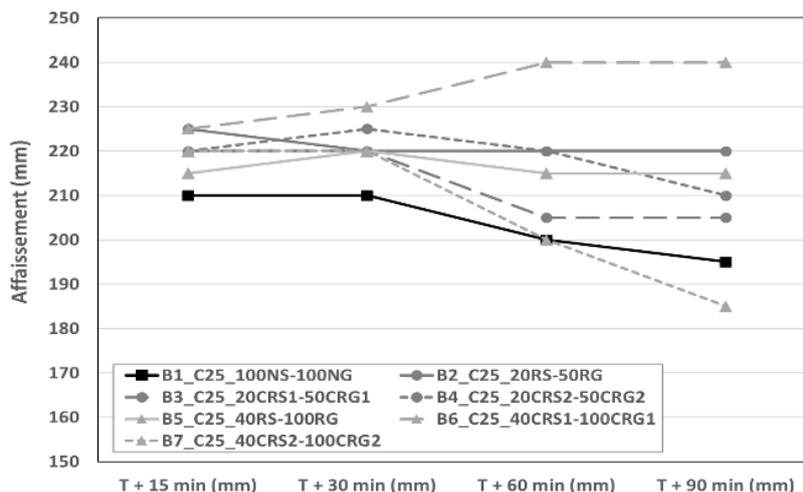


Figure 1. Affaissements mesurés pour les bétons C25/30

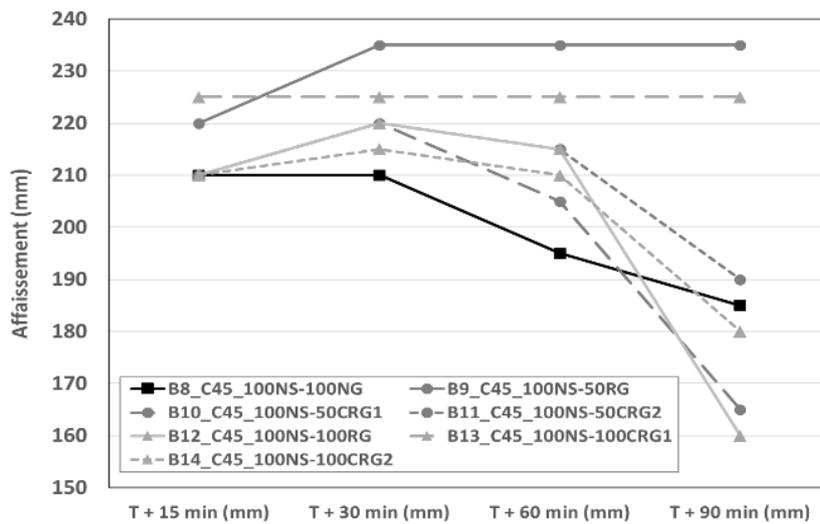


Figure 2. Affaissements mesurés pour les bétons C45/55

Le choix du plastifiant ainsi qu'un travail sur son dosage permet d'obtenir des maintiens de l'affaissement tout à fait satisfaisants, même pour de longues durées (jusqu'à 90 min pour les essais en laboratoire). La carbonatation des granulats recyclés ne modifie pas la sensibilité du béton vis-à-vis de l'adjuvantation.

Concernant la teneur en air occlus (Tableau 4), il n'a pas été observé d'effets significatifs des GBRC comparativement aux GR, malgré des teneurs parfois élevées pour les C25/30.

Tableau 4. Mesure de masses volumiques et air occlus

	Masse Volumique à T30 (kg/m ³)	Air occlus à T30 (%)
B1	2320	4,1
B2	2 240	3,9
B3	2180	6,8
B4	2230	5,7
B5	2060	9,8
B6	2110	6,7
B7	2150	4,5
B8	2393	2,1
B9	2 322	2,1
B10	2340	2,1
B11	2340	2,2
B12	2312	2,6
B13	2327	2,9
B14	2302	3,0

3.2 Propriétés mécaniques

Les propriétés mécaniques ont été mesurées pour l'ensemble des bétons fabriqués aux échéances de 24h, 7 jours, 28 jours et 90 jours.

L'ensemble des résultats est présenté en Figure 3.

On observe que pour une classe de résistance à la compression à 28 jours donnée, le béton de GBRC diffère peu du béton GR sur la majorité des résultats de compression. Pour des taux de substitution plus limités (jusqu'à 20 % en sable et 50 % en gravier), les effets de l'introduction de GR ou GBRC sur les autres propriétés des bétons sont mineurs.

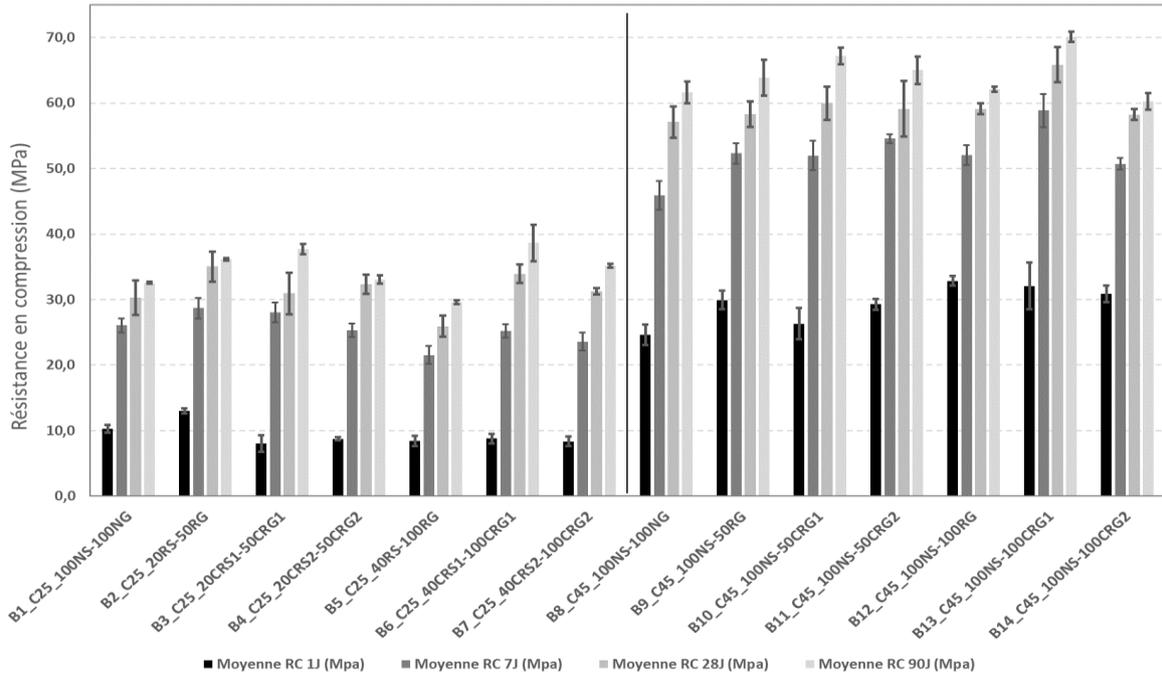


Figure 3. Mesures de résistance en compression sur les 14 bétons

L'évolution de la résistance en compression en fonction du temps mène à la même classe de résistance du béton que celle obtenue avec un squelette de granulats naturels ou recyclés non carbonatés. L'interprétation de ces résultats est toutefois à relativiser compte tenu du fait que la granulométrie des gravillons n'est pas strictement la même entre les granulats recyclés carbonatés et non carbonatés, ceci pour des raisons liées au déroulement du Projet National FastCarb.

Ces résultats sont en-deçà de ce qu'indique la majorité de la littérature sur ce sujet, dans laquelle une amélioration sensible des propriétés mécaniques a pu être observée dans certaines études récentes [6-8] sur l'emploi de granulats recyclés carbonatés. Ces études concernent cependant des granulats recyclés carbonatés issus de processus de carbonatation très différents de l'approche industrielle du PN FastCarb.

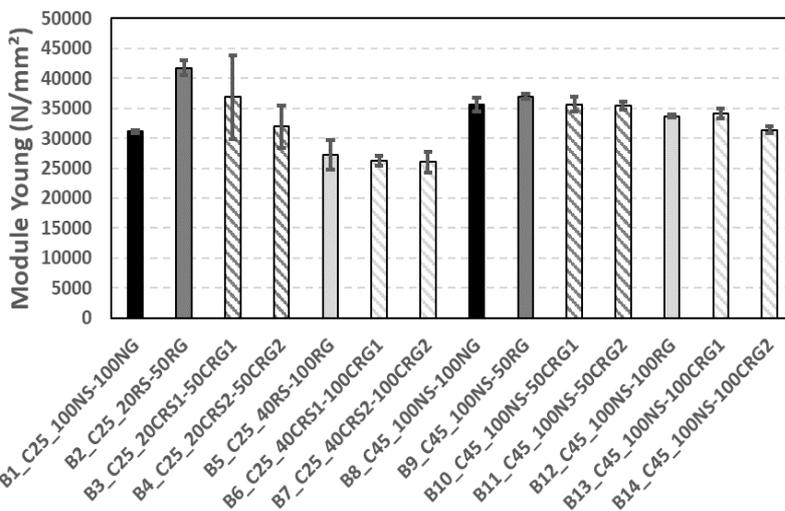


Figure 4. Module d'Young des 14 bétons étudiés

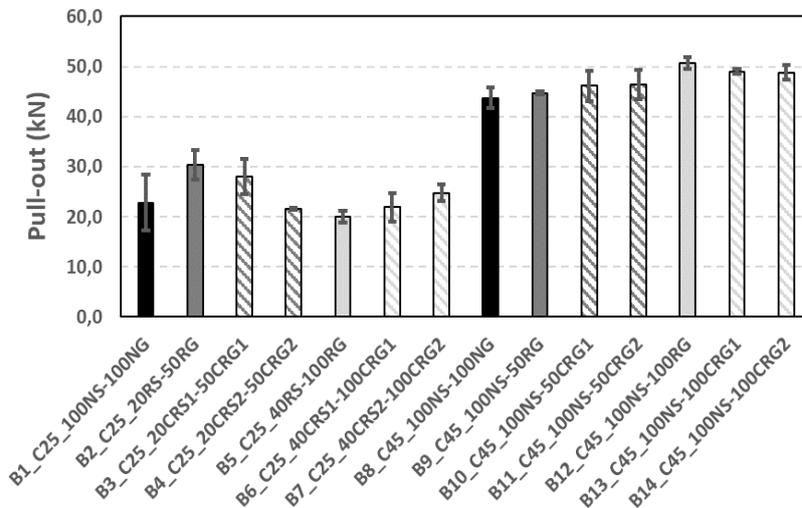


Figure 5. Essai de Pull-Out pour les 14 bétons

Le module d'élasticité (Figure 4) au même âge n'apparaît pas impacté significativement par l'usage de GBRC par rapport aux granulats GR. À noter toutefois, la mesure du béton B2 semble élevée par rapport au béton de granulats naturels.

En figure 5, les résultats d'essai de Pull-Out varient en fonction de la classe de résistance du béton. Le taux de substitution et le processus de carbonatation des granulats recyclés ne semblent pas impacter significativement le comportement des bétons. On ne note pas de tendance systématique significative avec les GRC comparativement aux GR. Il n'y a pas d'effet significatif pour les C45/55. Dans le cas des C25/30, deux tendances opposées sont observées : effet négatif des GRC comparativement aux GR (B2/3/4), effet positif des GRC comparativement aux GR (B5/6/7).

3.3 Propriétés de durabilité

Dans le cadre de ce projet, les principaux indicateurs de durabilité ont été mesurés :

- ▶ La porosité accessible à l'eau selon XP P 18-459 ;
- ▶ La migration des ions chlorure selon XP P 18-462 ;
- ▶ La perméabilité aux gaz selon XP P 18-463 ;
- ▶ La vitesse de carbonatation accélérée selon protocole PERFDUB.

Des mesures de sorption-désorption ont également été menées.

L'ensemble des résultats des différents essais ne montrent pas d'impacts négatifs ni positifs significatifs liés à l'usage de GBRC comparé à des GR non carbonatés. Les différences par rapport au béton de granulats naturel sont cohérentes avec les conclusions du projet national RECYBETON [4].

Porosité accessible à l'eau et coefficient de capillarité

Comme illustré en Figure 6, le béton présente une porosité plus importante en relation avec le taux de substitution par des GBRC. Cette augmentation est du même ordre de grandeur que celle observée avec l'usage des mêmes granulats non carbonatés.

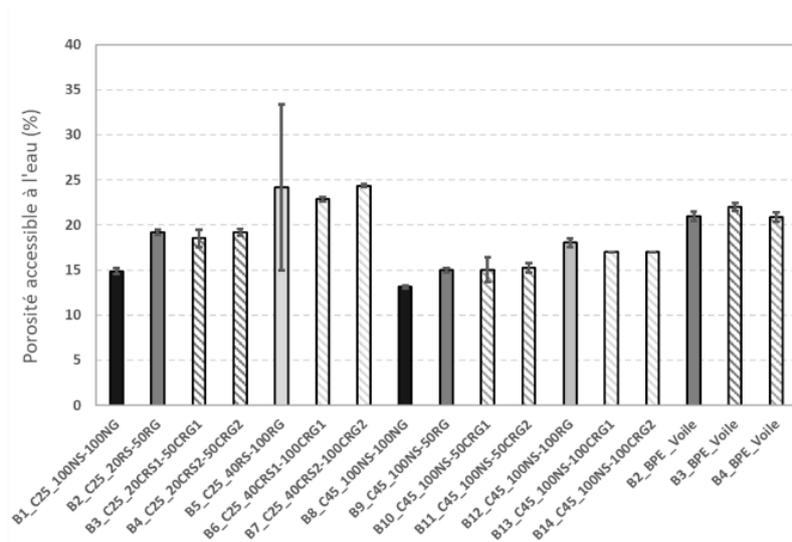


Figure 6. Porosité accessible à l'eau

De même, on observe un comportement similaire concernant les coefficients de capillarité présentés en Figure 7.

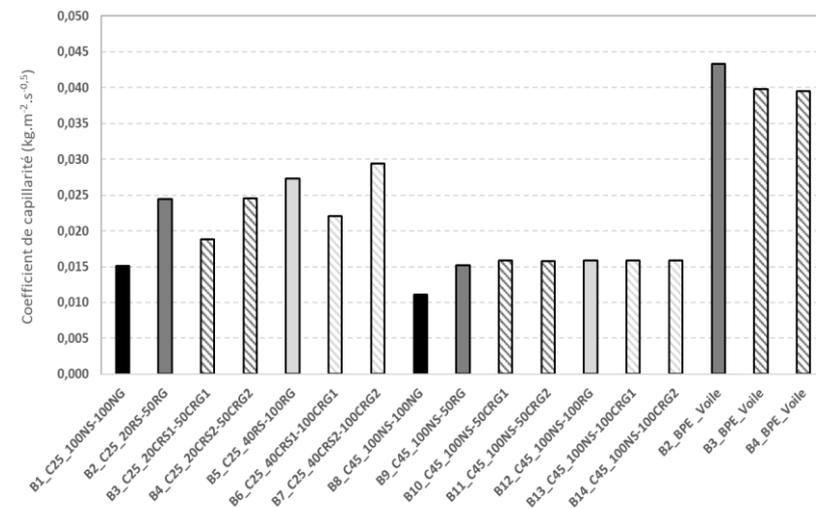


Figure 7. Coefficient de capillarité

En conséquence, les résultats des essais suivants, concernant des phénomènes de transferts liquides ou gazeux, sont logiquement impactés de manière similaire pour l'usage de granulats recyclés carbonatés que pour l'usage de granulats recyclés non carbonatés.

Carbonatation accélérée et carbonatation naturelle

La vitesse de carbonatation accélérée n'est pas augmentée, ni diminuée (Figure 8) par l'emploi de granulats recyclés ayant été carbonatés.

Ce constat est retrouvé avec les essais de carbonatation naturelle (Figure 9). Il est à noter que le coefficient de passage entre les deux classes de résistance sur la vitesse accélérée/naturelle n'est pas le même : la classe C45 carbonate de manière naturelle plus lentement.

S'agissant des risques liés à la corrosion des armatures qui concerne une majorité des applications, l'usage de granulats recyclés carbonatés est donc envisageable de la même manière qu'avec les granulats recyclés classiques.

La carbonatation naturelle montre également que l'emploi de granulats recyclés, carbonaté ou non, conduit à des vitesses de carbonatation similaires à celle des bétons de référence.

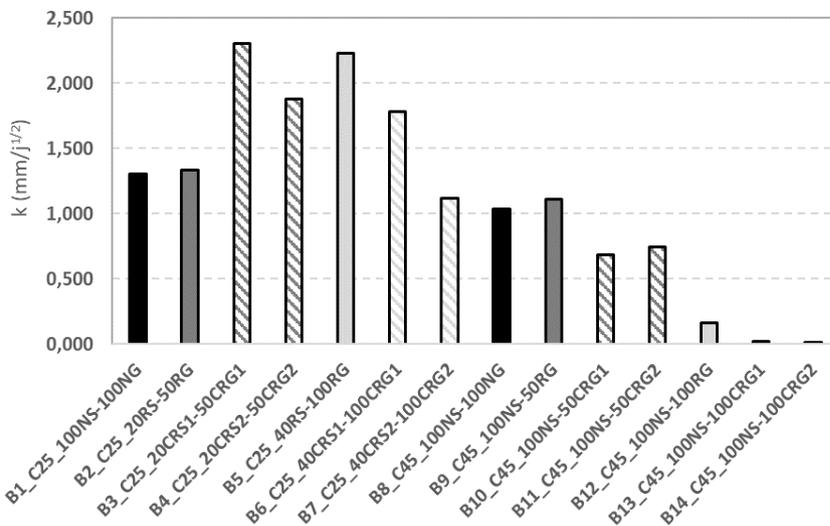


Figure 8. Vitesses de carbonatation accélérée

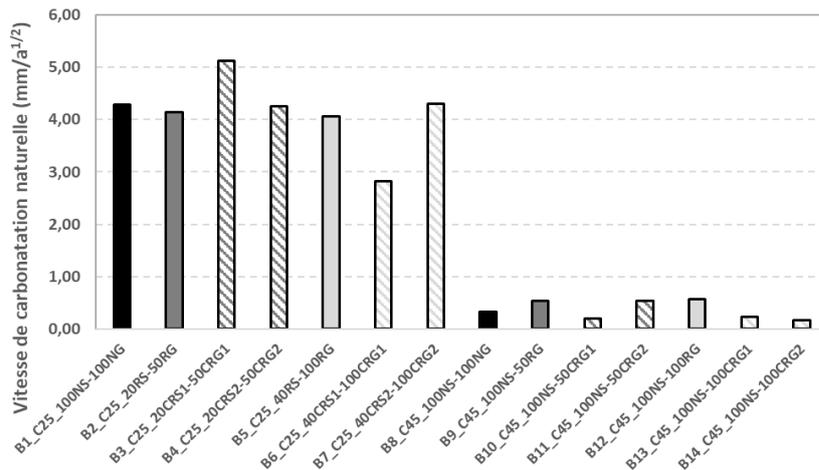


Figure 9. Vitesses de carbonatation naturelle

Migration des ions chlorure

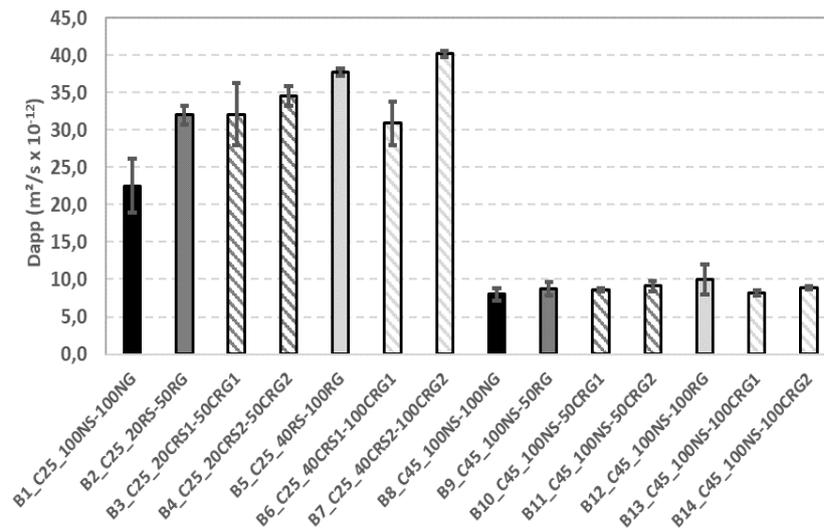


Figure 10. Coefficient de diffusion des ions chlorure

Concernant la diffusivité des ions chlorure, la carbonatation des granulats recyclés n’entraîne pas non plus d’effets notables et systématiques (Figure 10). Les bétons réalisés avec des granulats recyclés carbonatés ou non correspondant à la classe de résistance C45/55 présentent des diffusivités équivalentes à un béton constitué de granulats naturels. Ces résultats mettent en avant l’apport d’une plus grande compacité de la matrice cimentaire et confirment la pertinence de réduire le rapport E/L lorsque les taux d’incorporation en granulats recyclés (carbonatés ou non) sont élevés.

Perméabilité aux gaz

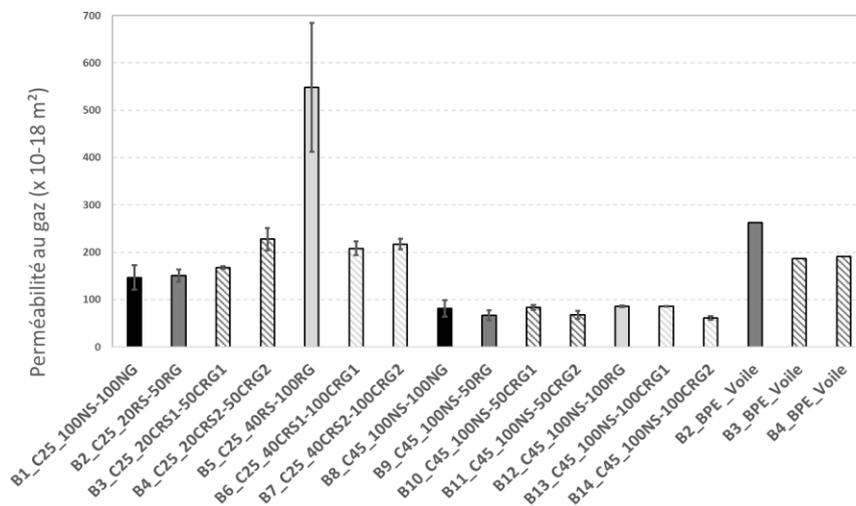


Figure 11. Perméabilité aux gaz k_{sec} des 14 bétons et des voiles BPE

Cette tendance se retrouve sur les résultats de perméabilité aux gaz (k_{sec}) présentés en Figure 11. Les bétons C45/55 présentent des perméabilités aux gaz faibles (inférieures à 100.10⁻¹⁸ m²) ce qui est vraisemblablement lié à leur matrice cimentaire plus compacte et à l’absence de sable recyclé. Les essais réalisés sur les voiles coulés in-situ conduisent à des résultats du même ordre de grandeur que leur équivalent de laboratoire C25/30.

Sorption-désorption

Les cycles de sorption/désorption réalisés sur les différents bétons et présentés en Figure 12 ne permettent pas de définir un comportement différencié des bétons avec granulats recyclés carbonatés ou non carbonatés.

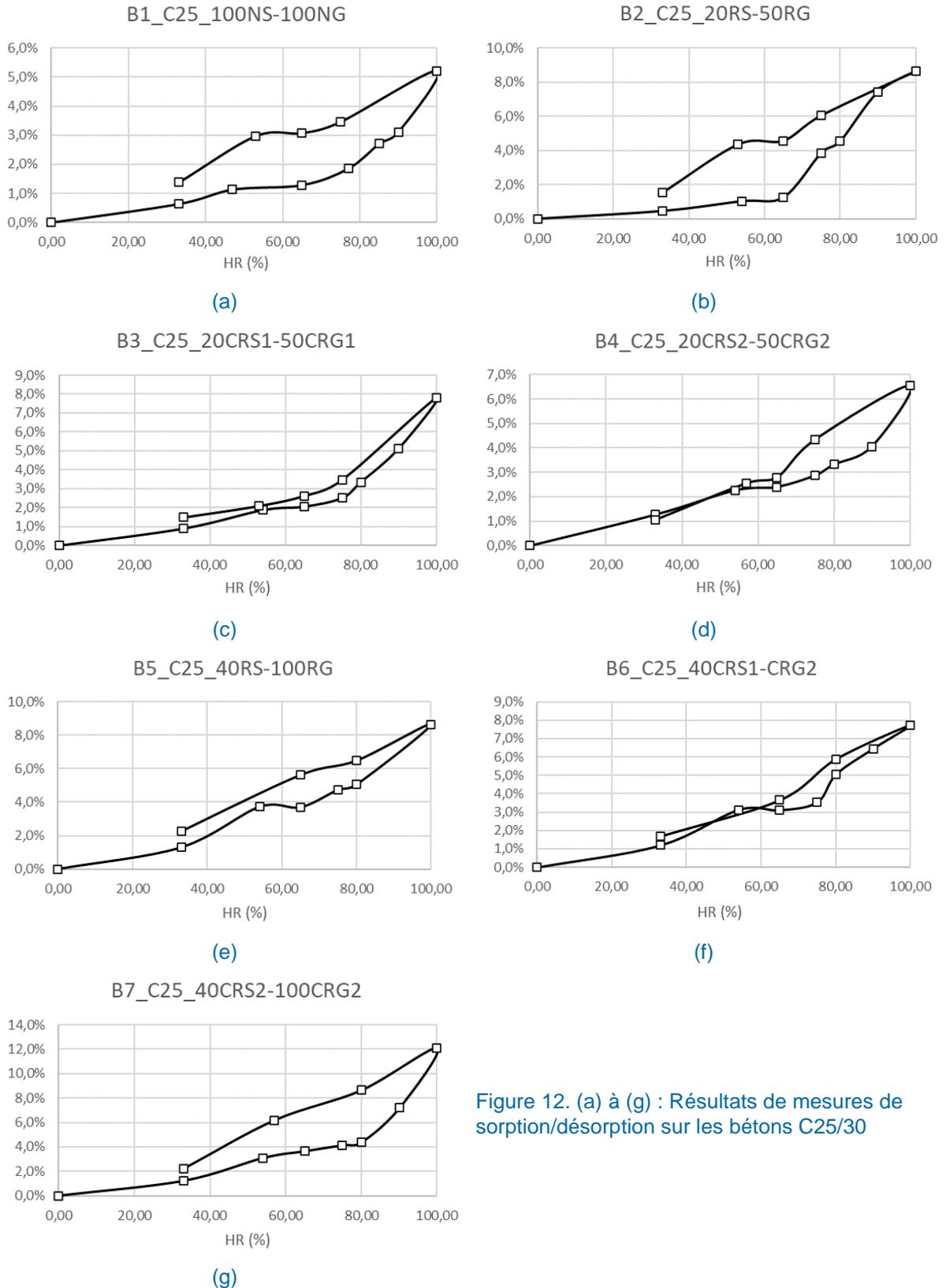


Figure 12. (a) à (g) : Résultats de mesures de sorption/désorption sur les bétons C25/30

4 Évaluation de l'impact de la carbonatation des granulats recyclés sur les propriétés des bétons

Les granulats recyclés carbonatés obtenus par les démonstrateurs industriels ne modifient pas significativement les propriétés des bétons à l'état frais ou durci, comparativement aux granulats recyclés non carbonatés.

Ces résultats peuvent être expliqués par différents aspects et phénomènes que l'on peut classer selon les hypothèses formulées ci-dessous :

- ▶ Les granulats employés dans le cadre du projet présentent une absorption d'eau initiale élevée, et donc une porosité importante. Les observations MEB tendent à montrer que la carbonatation a bien eu lieu au sein de cette porosité mais dans une mesure insuffisante pour la combler, en venant en quelque sorte tapisser l'intérieur des plus gros pores, limitant la réduction de l'absorption d'eau mesurée ;
- ▶ Le taux de substitution de la fraction la mieux carbonatée, le sable, est resté faible (entre 20 et 40 %), limitant d'autant plus un effet visible des améliorations des propriétés des granulats sur celles du béton fabriqué ;
- ▶ Dans une certaine mesure, il peut également être supposé qu'une attrition même faible se produise lors du malaxage des granulats, abimant la surface dont la couche carbonatée qui se dilue dans la pâte du ciment ;
- ▶ Enfin, il n'est pas impossible d'assurer que les granulats dits « non carbonatés » ne se soient pas carbonatés sur le temps du projet avant leur utilisation, rejoignant les conclusions précédentes sur la nécessité de réaliser ce processus le plus tôt possible dans la vie du granulats recyclé.

Il est donc difficile de généraliser cette observation dans la mesure où les caractéristiques des GBRC, et donc des propriétés des bétons dans lesquels ils sont introduits, dépendent étroitement des caractéristiques initiales des GBR (absorption d'eau initiale, taux de carbonatation naturelle) mais également des procédés industriels de carbonatation (temps de vie avant carbonatation, température, gaz issus des cimenteries employés, etc).

Les possibilités d'optimisation des processus industriels pourraient ainsi conduire à une carbonatation plus importante permettant de retrouver un effet certain des granulats carbonatés sur ces propriétés tel que décrit dans la littérature.

5 Conclusions

Les études réalisées dans le cadre du Projet National FastCarb vont dans le même sens que les résultats obtenus dans des projets précédents tels que le projet national RECYBETON [1] et permettent de formuler les conclusions suivantes :

- ▶ Les granulats recyclés carbonatés obtenus par les démonstrateurs du projet FastCarb ne modifient pas significativement les propriétés des bétons à l'état frais ou durci, comparativement aux granulats recyclés non carbonatés (maintien de rhéologie, sensibilité à l'adjuvantation, résistance à la compression, module d'Young, propriétés de transfert). Les possibilités d'optimisation des processus industriels développés pourraient mener à retrouver l'impact des granulats carbonatés sur les propriétés mécaniques et de durabilité tel que décrit dans la littérature [6-8] ;
- ▶ Comme dans le cas des granulats recyclés non carbonatés, il est possible de fabriquer des bétons avec de bonnes performances en utilisant des granulats de béton recyclés carbonatés, même à des taux de substitution importants. Les caractéristiques physico-chimiques intrinsèques des GBRC, leur taux de substitution et les caractéristiques de la matrice cimentaire (rapport $E_{\text{eff}}/\text{Liant}$ notamment) sont les facteurs déterminants vis-à-vis des propriétés de durabilité du nouveau béton ;
- ▶ La variabilité des sources de granulats recyclés incite à une attention particulière devant être portée au contrôle de la régularité de leurs caractéristiques, que les granulats recyclés soient carbonatés ou non. Les fréquences de contrôle des caractéristiques doivent suivre les mêmes règles en vigueur que pour les granulats recyclés non carbonatés ;
- ▶ Les résultats acquis par le projet national FastCarb confirment la pertinence des spécifications de la norme NF EN 206/CN, dont les modalités définies concernant les contrôles à effectuer sur les granulats et l'optimisation des bétons en fonction des taux de substitution.

6 Références

- [1] Sereng, M. (2021). Amélioration des propriétés des granulats recyclés par stockage de CO₂. *Academic Journal of Civil Engineering*, 39(1), 235–242.
- [2] C. Liang, B. Pan, Z. Ma, Z. He, Z. Duan. (2020). Utilization of CO₂ curing to enhance the properties of recycled aggregate and prepared concrete: a review, *Cement Concr.Compos.* 105.
- [3] J. Zhang, C. Shi, Y. Li, X. Pan, C.-S. Poon, Z. Xie. (2015). Performance enhancement of recycled concrete aggregates through carbonation, *J. Mater. Civ. Eng.* 27 (11) (2015), 04015029.
- [4] De Larrard F., Colina H. (2019) *Concrete recycling – Research and practice*. CRC Press.
- [5] Livrable du Projet National PERFDUB (2022).
- [6] N. Russo, F. Lollini. (2022). Effect of carbonated recycled coarse aggregates on the mechanical and durability properties of concrete, *Journal of Building Engineering*, Volume 51, 104290.
- [7] B. Lu, C. Shi, Z. Cao, M. Guo, J. Zheng. (2019) Effect of carbonated coarse recycled concrete aggregate on the properties and microstructure of recycled concrete, *J. Clean. Prod.* 233. 421–428.
- [8] D.X. Xuan, B.J. Zhan, C.S. Poon. (2017). Durability of recycled aggregate concrete prepared with carbonated recycled concrete aggregates, *Cement Concr. Compos.* 84. 214–221.

7 Annexes

Annexe 1 – Perméabilité aux gaz

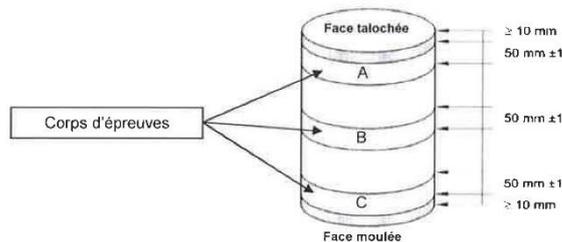


CENTRE TECHNIQUE
4 RUE ARISTIDE BERGÈS
F-38080 L'ISLE D'ABEAU
TÉL. +33 (0)4 74 27 58 80
FAX +33 (0)4 74 27 58 95
www.sigma-beton.fr

RAPPORT D'ESSAI DE PERMEABILITE AUX GAZ SUR BETON DURCI XP P18-463	
INFORMATIONS	ECHANTILLON
Client : CEMEX N°R/D : 21RD558 N°Echantillon LIMS : E2103200558 Chantier : FastCarb Ouvrage : FastCarb Type d'épreuve : ETUDE Référence externe: B1	Type de Béton : Béton 1 Date de confection : 05/05/2021 Date de prélèvement : 05/05/2021 Conservation selon : NF-EN-12390-2 Date début essai : 03/08/2021 Age du béton : 90 jours Gaz utilisé : AZOTE
Principe de l'essai : un corps d'épreuve est soumis à une pression de gaz constante. La perméabilité apparente k (exprimée en m ²) est déterminée à partir de la mesure du débit volumique de gaz sortant de l'échantillon en régime permanent.	

Déroulement de l'essai

A partir de 7 jours avant le début de l'essai, 3 corps d'épreuve sont prélevés dans une éprouvette suivant le schéma ci-dessous :



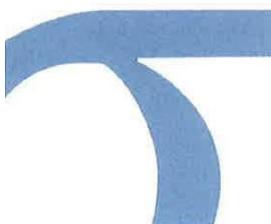
A l'échéance de mesure, 28 jours minimum après la confection de l'éprouvette, les corps d'épreuves suivent un étuvage à 80°C durant 28 jours comprenant deux mesures de perméabilité, une à 7 jours et une à 28 jours. Puis les corps d'épreuves sont placés à 105°C jusqu'à élimination totale de l'eau libre pour déterminer la perméabilité maximale du béton.

Dimensions des corps d'épreuves

	Corps d'épreuve A	Corps d'épreuve B	Corps d'épreuve C
Diamètre (mm)	149,7	149,5	149,7
Epaisseur (mm)	50,9	51,8	51,8

indice 0

1/2



La reproduction de ce rapport d'essai n'est autorisée que sous sa forme intégrale, il comporte 2 page(s).
 Les essais dont les résultats figurent ci-dessus ont été exécutés conformément aux normes AFNOR sous indication contraire en observation.
 Les échantillons sont éliminés après essai sauf demande expresse du donneur d'ordre.
 Les essais faisant l'objet du présent rapport portent sur un échantillon prélevé dans certaines conditions. Leur représentativité est liée à celle de l'échantillon et ne peut être étendue à l'ensemble de la production ou de la fourniture.
 L'attention est attirée sur le fait que les résultats mentionnés par le présent rapport ont été obtenus avec l'échantillon défini ci-dessus mais que la portée et les conclusions à tirer de ces résultats :
 n'ont pas été demandées par le donneur d'ordre. font l'objet d'un document séparé.
 sont indiquées dans le présent rapport d'essai en application du texte de référence fixé par le donneur d'ordre.

RAPPORT D'ESSAI DE PERMEABILITE AUX GAZ SUR BETON DURCI

XP P18-463

Chantier : FastCarb

N°Essai : E2103200558

Résultats

Échéances	Date de mesure	Perméabilité (10 ⁻¹⁸ m ²)			Teneur en eau (%)			Perte de masse (%)		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C
7 jours	10/08/2021	83	65	61	1,0%	1,2%	1,5%	5,4%	5,2%	4,6%
28 jours	31/08/2021	111	98	133	0,1%	0,2%	0,1%	6,2%	6,1%	5,9%
> 28 jours	10/09/2021	143,51	122,30	173,74	0,0%	0,0%	0,0%	6,3%	6,3%	6,0%

Moyennes			
Échéances	Perméabilité (10 ⁻¹⁸ m ²)	Teneur en eau (%)	Perte de masse (%)
7 jours	69	1,2%	5,0%
28 jours	114	0,1%	6,1%
> 28 jours	146,52	0,0%	6,2%

Durabilité potentielle →	Classes et valeurs limites				
	Très faible	Faible	Moyenne	Elevée	Très élevée
Perméabilité apparente aux gaz (à Pentrée=0.2MPa et après étuvage à 105°C (10 ⁻¹⁸ m ²) K _{gaz})	> 1000	300 à 1000	100 à 300	10 à 100	< 10

Tableau des classes limites (indicatives) relatives aux indicateurs de durabilité pour un essai débuté après 90 jours de conservation
(AFGC: Conception des bétons pour une durée de vie donnée des ouvrages)

Observations :

Le : 10/09/2021

Le technicien : J.FOSSAT

Nom : F.GEFFRAY

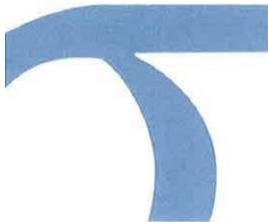
Fonction : Chargé de projets

Visa :



indico 0

2/2



La reproduction de ce rapport d'essai n'est autorisée que sous sa forme intégrale, il comporte 2 page(s).
Les essais dont les résultats figurent ci-dessus ont été exécutés conformément aux normes AFNOR sauf indication contraire en observation.
Les échantillons sont éliminés après essai sauf demande expresse du donneur d'ordre.
Les essais faisant l'objet du présent rapport portent sur un échantillon prélevé dans certaines conditions. Leur représentativité est liée à celle de l'échantillon et ne peut être étendue à l'ensemble de la production ou de la fourniture.

L'attention est attirée sur le fait que les résultats mentionnés par le présent rapport ont été obtenus avec l'échantillon défini ci-dessus mais que la portée et les conclusions à tirer de ces résultats :
 n'ont pas été demandés par le donneur d'ordre. font l'objet d'un document séparé.
 sont indiquées dans le présent rapport d'essai en application du texte de référence fixé par le donneur d'ordre.

RAPPORT D'ESSAI DE PERMEABILITE AUX GAZ SUR BETON DURCI

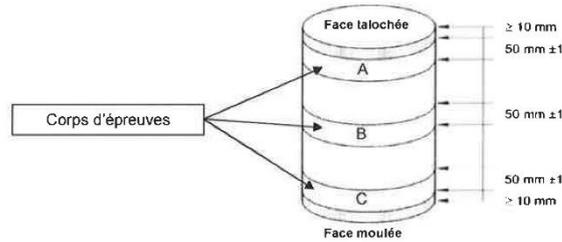
XP P18-463

INFORMATIONS	ECHANTILLON
Client : CEMEX N°R/D : 21RD592 N°Echantillon LIMS : E2103200592 Chantier : FastCarb Ouvrage : FastCarb Type d'épreuve : ETUDE Référence externe : B2	Type de Béton : Beton 2 Date de confection : 19/05/2021 Date de prélèvement : 19/05/2021 Conservation selon : NF-EN-12390-2 Date début essai : 17/08/2021 Age du béton : 90 jours Gaz utilisé : AZOTE

Principe de l'essai : un corps d'épreuve est soumis à une pression de gaz constante. La perméabilité apparente k (exprimée en m^2) est déterminée à partir de la mesure du débit volumique de gaz sortant de l'échantillon en régime permanent.

Déroulement de l'essai

A partir de 7 jours avant le début de l'essai, 3 corps d'épreuve sont prélevés dans une éprouvette suivant le schéma ci-dessous :



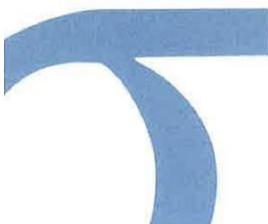
A l'échéance de mesure, 28 jours minimum après la confection de l'éprouvette, les corps d'épreuves suivent un étuvage à 80°C durant 28 jours comprenant deux mesures de perméabilité, une à 7 jours et une à 28 jours. Puis les corps d'épreuves sont placés à 105°C jusqu'à élimination totale de l'eau libre pour déterminer la perméabilité maximale du béton.

Dimensions des corps d'épreuves

	Corps d'épreuve A	Corps d'épreuve B	Corps d'épreuve C
Diamètre (mm)	149,6	150,2	149,7
Epaisseur (mm)	51,9	49,8	50,0

indice 0

1/2



La reproduction de ce rapport d'essai n'est autorisée que sous sa forme **intégrale**, il comporte **2** page(s).
 Les essais dont les résultats figurent ci-dessus ont été exécutés conformément aux normes AFNOR sans indication contraire en observation.
 Les échantillons sont éliminés après essai sauf demande expresse du **donneur d'ordre**.
 Les essais faisant l'objet du présent rapport portent sur un échantillon **prélevé dans certaines conditions**. Leur représentativité est liée à celle de l'échantillon et ne peut être étendue à l'ensemble de la production ou de la fourniture.

L'attention est attirée sur le fait que les résultats mentionnés par le présent rapport ont été obtenus avec l'échantillon défini ci-dessus mais que la portée et les conclusions à tirer de ces résultats :
 n'ont pas été demandées par le donneur d'ordre. font l'objet d'un document séparé.
 sont indiquées dans le présent rapport d'essai en application du **texte de référence** fixé par le donneur d'ordre.

RAPPORT D'ESSAI DE PERMEABILITE AUX GAZ SUR BETON DURCI

XP P18-463

Chantier : FastCarb

N°Essai : E2103200592

Résultats

Échéances	Date de mesure	Perméabilité (10 ⁻¹⁸ m ²)			Teneur en eau (%)			Perte de masse (%)		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C
7 jours	24/08/2021	17	27	X*	4,4%	3,7%	8,2%	4,7%	5,9%	1,5%
28 jours	14/09/2021	100	99	65	0,3%	0,3%	1,1%	8,4%	8,9%	7,9%
> 28 jours	24/09/2021	165,93	144,73	142,55	0,0%	0,0%	0,0%	8,7%	9,2%	8,9%

Moyennes			
Échéances	Perméabilité (10 ⁻¹⁸ m ²)	Teneur en eau (%)	Perte de masse (%)
7 jours	22	5,4%	4,0%
28 jours	88	0,6%	8,4%
> 28 jours	151,07	0,0%	9,0%

Durabilité potentielle →	Classes et valeurs limites				
	Très faible	Faible	Moyenne	Elevée	Très élevée
Perméabilité apparente aux gaz (à Pentrée=0.2MPa et après étuvage à 105°C (10 ⁻¹⁸ m ²) K _{g,22}	> 1000	300 à 1000	100 à 300	10 à 100	< 10

Tableau des classes limites (indicatives) relatives aux indicateurs de durabilité pour un essai débuté après 90 jours de conservation

(AFGC: Conception des bétons pour une durée de vie donnée des ouvrages)

Observations : * Non mesurable

Le : 12/10/2021

Le technicien : J.FOSSAT

Nom : F.GEFFRAY

Fonction : Responsable R&D

Visa :



indice 0

2/2



La reproduction de ce rapport d'essai n'est autorisée que sous sa forme intégrale, il comporte 2 page(s).
Les essais dont les résultats figurent ci dessus ont été exécutés conformément aux normes AFNOR sauf indication contraire en observation.
Les échantillons sont éliminés après essai sauf demande expresse du donneur d'ordre.
Les essais faisant l'objet du présent rapport portent sur un échantillon prélevé dans certaines conditions. Leur représentativité est liée à celle de l'échantillon et ne peut être étendue à l'ensemble de la production ou de la fourniture.

L'attention est attirée sur le fait que les résultats mentionnés par le présent rapport ont été obtenus avec l'échantillon défini ci-dessus mais que la répétée et les conclusions à tirer de ces résultats :
 n'ont pas été demandées par le donneur d'ordre. font l'objet d'un document séparé.
 sont indiquées dans le présent rapport d'essai en application du texte de référence fixé par le donneur d'ordre.

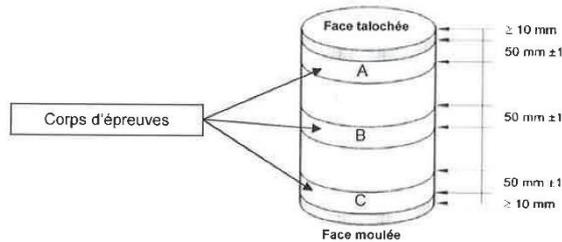
RAPPORT D'ESSAI DE PERMEABILITE AUX GAZ SUR BETON DURCI
XP P18-463

INFORMATIONS	ECHANTILLON
Client : CEMEX N°Echantillon LIMS : E2200200016 Chantier : FastCarb Ouvrage : FastCarb Type d'épreuve : ETUDE	Type de Béton : Béton 12 Date de confection : 09/11/2021 Date de prélèvement : 09/11/2021 Conservation selon : NF-EN-12390-2 Date début essai : 08/02/2022 Age du béton : 91 jours Gaz utilisé : AZOTE

Principe de l'essai : un corps d'épreuve est soumis à une pression de gaz constante. La perméabilité apparente k (exprimée en m²) est déterminée à partir de la mesure du débit volumique de gaz sortant de l'échantillon en régime permanent.

Déroulement de l'essai

A partir de 7 jours avant le début de l'essai, 3 corps d'épreuve sont prélevés dans une éprouvette suivant le schéma ci-dessous :



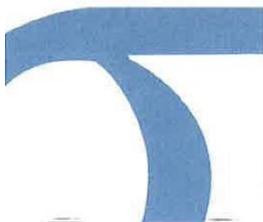
A l'échéance de mesure, 28 jours minimum après la confection de l'éprouvette, les corps d'épreuves suivent un étuvage à 80°C durant 28 jours comprenant deux mesures de perméabilité, une à 7 jours et une à 28 jours. Puis les corps d'épreuves sont placés à 105°C jusqu'à élimination totale de l'eau libre pour déterminer la perméabilité maximale du béton.

Dimensions des corps d'épreuves

	Corps d'épreuve A	Corps d'épreuve B	Corps d'épreuve C
Diamètre (mm)	149,5	149,6	149,6
Épaisseur (mm)	50,8	51,1	51,6

indice 0

1/2



La reproduction de ce rapport d'essai n'est autorisée que sous sa forme intégrale, il comporte 2 page(s).
Les essais dont les résultats figurent ci-dessus ont été exécutés conformément aux normes AFNOR sans indication contraire en observation.
Les échantillons sont éliminés après essai sauf demande expresse du donneur d'ordre.
Les essais faisant l'objet du présent rapport portent sur un échantillon prélevé dans certaines conditions. Leur représentativité est liée à celle de l'échantillon et ne peut être étendue à l'ensemble de la production ou de la fourniture.

L'attention est attirée sur le fait que les résultats mentionnés par le présent rapport ont été obtenus avec l'échantillon défini ci-dessus mais que la portée et les conclusions à tirer de ces résultats :
 n'ont pas été demandées par le donneur d'ordre. font l'objet d'un document séparé.
 sont indiquées dans le présent rapport d'essai en application du texte de référence lié par le donneur d'ordre.

RAPPORT D'ESSAI DE PERMEABILITE AUX GAZ SUR BETON DURCI

XP P18-463

Chantier : FastCarb

N°Essai : E2200200016

Résultats

Échéances	Date de mesure	Perméabilité (10^{-18} m ²)			Teneur en eau (%)			Perte de masse (%)		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C
7 jours	15/02/2022	6	4	3	3,7%	4,5%	4,5%	4,2%	3,4%	3,3%
28 jours	08/03/2022	38	31	30	0,6%	0,8%	0,9%	7,1%	6,8%	6,7%
> 28 jours	25/04/2022	86,51	87,72	84,02	0,0%	0,0%	0,0%	7,6%	7,5%	7,5%

Moyennes			
Échéances	Perméabilité (10^{-18} m ²)	Teneur en eau (%)	Perte de masse (%)
7 jours	4	4,2%	3,7%
28 jours	33	0,8%	6,8%
> 28 jours	86,08	0,0%	7,5%

Durabilité potentielle →	Classes et valeurs limites				
	Très faible	Faible	Moyenne	Elevée	Très élevée
Perméabilité apparente aux gaz (à Pentrée=0.2MPa et après étuvage à 105°C (10^{-18} m ²) $K_{f,gaz}$)	> 1000	300 à 1000	100 à 300	10 à 100	< 10

Tableau des classes limites (indicatives) relatives aux indicateurs de durabilité pour un essai débuté après 90 jours de conservation

(AFGC: Conception des bétons pour une durée de vie donnée des ouvrages)

Observations :

Le : 02/05/2022

Le technicien : **J.FOSSAT**

Nom : **F.GEFFRAY**

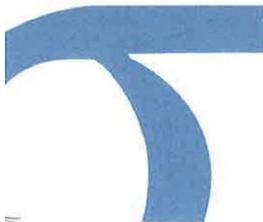
Fonction : **Responsable R&D**

Visa :



indice 0

2/2



La reproduction de ce rapport d'essai n'est autorisée que sous sa forme intégrale, il comporte 2 page(s).
Les essais dont les résultats figurent ci-dessus ont été exécutés conformément aux normes AFNOR sauf indication contraire en observation.
Les échantillons sont éliminés après essai sauf demande expresse du donneur d'ordre.
Les essais faisant l'objet du présent rapport portent sur un échantillon prélevé dans certaines conditions. Leur représentativité est liée à celle de l'échantillon et ne peut être étendue à l'ensemble de la production ou de la fourniture.

L'attention est attirée sur le fait que les résultats mentionnés par le présent rapport ont été obtenus avec l'échantillon défini ci-dessus mais que la portée et les conclusions à tirer de ces résultats :
 n'ont pas été demandés par le donneur d'ordre. font l'objet d'un document séparé.
 sont indiquées dans le présent rapport d'essai en application du texte de référence fixé par le donneur d'ordre.

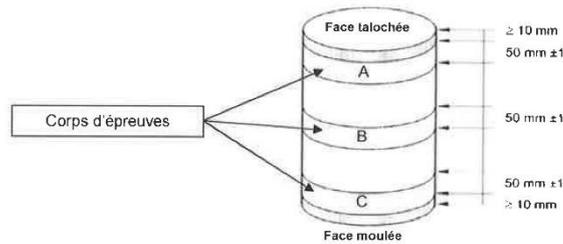
RAPPORT D'ESSAI DE PERMEABILITE AUX GAZ SUR BETON DURCI
XP P18-463

INFORMATIONS	ECHANTILLON
Client : CEMEX N°Echantillon LIMS : E2200200026 Chantier : FastCarb Ouvrage : FastCarb Type d'épreuve : ETUDE	Type de Béton : Beton 13 Date de confection : 17/11/2021 Date de prélèvement : 17/11/2021 Conservation selon : NF-EN-12390-2 Date début essai : 15/02/2022 Age du béton : 90 jours Gaz utilisé : AZOTE

Principe de l'essai : un corps d'épreuve est soumis à une pression de gaz constante. La perméabilité apparente k (exprimée en m²) est déterminée à partir de la mesure du débit volumique de gaz sortant de l'échantillon en régime permanent.

Déroulement de l'essai

A partir de 7 jours avant le début de l'essai, 3 corps d'épreuve sont prélevés dans une éprouvette suivant le schéma ci-dessous :



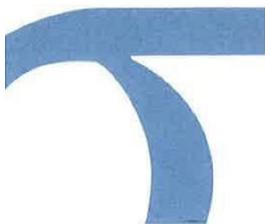
A l'échéance de mesure, 28 jours minimum après la confection de l'éprouvette, les corps d'épreuves suivent un étuvage à 80°C durant 28 jours comprenant deux mesures de perméabilité, une à 7 jours et une à 28 jours. Puis les corps d'épreuves sont placés à 105°C jusqu'à élimination totale de l'eau libre pour déterminer la perméabilité maximale du béton.

Dimensions des corps d'épreuves

	Corps d'épreuve A	Corps d'épreuve B	Corps d'épreuve C
Diamètre (mm)	149,9	151,6	149,8
Épaisseur (mm)	49,7	51,8	51,9

indice 0

1/2



La reproduction de ce rapport d'essai n'est autorisée que sous sa forme intégrale, il comporte 2... page(s).
 Les essais dont les résultats figurent ci-dessus ont été exécutés conformément aux normes AFNOR sauf indication contraire en observation.
 Les échantillons sont éliminés après essai sauf demande expresse du donneur d'ordre.
 Les essais faisant l'objet du présent rapport portent sur un échantillon prélevé dans certaines conditions. Leur représentativité est liée à celle de l'échantillon et ne peut être étendue à l'ensemble de la production ou de la fourniture.

L'attention est attirée sur le fait que les résultats mentionnés par le présent rapport ont été obtenus avec l'échantillon défini ci-dessus mais que la portée et les conclusions à tirer de ces résultats :
 n'ont pas été demandées par le donneur d'ordre. font l'objet d'un document séparé.
 sont indiquées dans le présent rapport d'essai en application du texte de référence fixé par le donneur d'ordre.

RAPPORT D'ESSAI DE PERMEABILITE AUX GAZ SUR BETON DURCI

XP P18-463

Chantier : FastCarb

N°Essai : E2200200026

Résultats

Échéances	Date de mesure	Perméabilité (10 ⁻¹⁸ m ²)			Teneur en eau (%)			Perte de masse (%)		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C
7 jours	22/02/2022	4	5	X	4,0%	3,9%	4,2%	3,4%	3,7%	3,1%
28 jours	15/03/2022	31	31	30	0,7%	0,7%	0,8%	6,5%	6,6%	6,3%
> 28 jours	01/04/2022	84,97	85,84	85,64	0,0%	0,0%	0,0%	7,1%	7,2%	7,1%

Moyennes			
Échéances	Perméabilité (10 ⁻¹⁸ m ²)	Teneur en eau (%)	Perte de masse (%)
7 jours	5	4,0%	3,4%
28 jours	31	0,7%	6,5%
> 28 jours	85,48	0,0%	7,1%

Durabilité potentielle →	Classes et valeurs limites				
	Très faible	Faible	Moyenne	Elevée	Très élevée
Perméabilité apparente aux gaz (à Pénétrée=0.2MPa et après étuvage à 105°C (10 ⁻¹⁸ m ²) K _{g,az}	> 1000	300 à 1000	100 à 300	10 à 100	< 10

Tableau des classes limites (indicatives) relatives aux indicateurs de durabilité pour un essai débuté après 90 jours de conservation

(AFGC: Conception des bétons pour une durée de vie donnée des ouvrages)

Observations :

Le : 02/05/2022

Le technicien : **J.FOSSAT**

Nom : **F.GEFFRAY**

Fonction : **Responsable R&D**

Visa :



indice 0

2/2



La reproduction de ce rapport d'essai n'est autorisée que sous sa forme intégrale, il comporte 2 page(s).
Les essais dont les résultats figurent ci-dessus ont été exécutés conformément aux normes AFNOR sans indication contraire en observation.
Les échantillons sont éliminés après essai sauf demande expresse du donneur d'ordre.
Les essais faisant l'objet du présent rapport portent sur un échantillon prélevé dans certaines conditions. Leur représentativité est liée à celle de l'échantillon et ne peut être étendue à l'ensemble de la production ou de la fourniture.

L'attention est attirée sur le fait que les résultats mentionnés par le présent rapport ont été obtenus avec l'échantillon défini ci-dessus mais que la portée et les conclusions à tirer de ces résultats :

n'ont pas été demandées par le donneur d'ordre. font l'objet d'un document séparé.
 sont indiquées dans le présent rapport d'essai en application du texte de référence fixé par le donneur d'ordre.

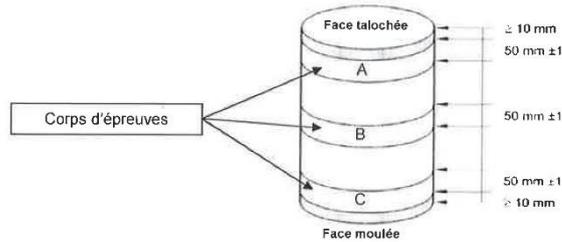
RAPPORT D'ESSAI DE PERMEABILITE AUX GAZ SUR BETON DURCI
XP P18-463

INFORMATIONS	ECHANTILLON
Client : CEMEX N°Echantillon LIMS : E220320059 Chantier : FastCarb Ouvrage : FastCarb Type d'épreuve : ETUDE	Type de Béton : Béton 14 Date de confection : 24/11/2021 Date de prélèvement : 24/11/2021 Conservation selon : NF-EN-12390-2 Date début essai : 22/02/2022 Age du béton : 90 jours Gaz utilisé : AZOTE

Principe de l'essai : un corps d'épreuve est soumis à une pression de gaz constante. La perméabilité apparente k (exprimée en m²) est déterminée à partir de la mesure du débit volumique de gaz sortant de l'échantillon en régime permanent.

Déroulement de l'essai

A partir de 7 jours avant le début de l'essai, 3 corps d'épreuve sont prélevés dans une éprouvette suivant le schéma ci-dessous :



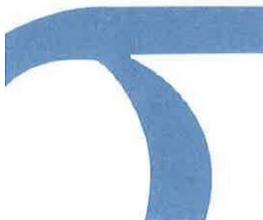
A l'échéance de mesure, 28 jours minimum après la confection de l'éprouvette, les corps d'épreuves suivent un étuvage à 80°C durant 28 jours comprenant deux mesures de perméabilité, une à 7 jours et une à 28 jours. Puis les corps d'épreuves sont placés à 105°C jusqu'à élimination totale de l'eau libre pour déterminer la perméabilité maximale du béton.

Dimensions des corps d'épreuves

	Corps d'épreuve A	Corps d'épreuve B	Corps d'épreuve C
Diamètre (mm)	149,6	149,8	149,9
Epaisseur (mm)	49,6	48,3	48,5

indice 0

1/2



La reproduction de ce rapport d'essai n'est autorisée que sous sa forme intégrale, il comporte 2 page(s).
Les essais dont les résultats figurent ci-dessus ont été exécutés conformément aux normes AFNOR sauf indication contraire en observation.
Les échantillons sont éliminés après essai sauf demande expresse du donneur d'ordre.
Les essais faisant l'objet du présent rapport portent sur un échantillon prélevé dans certaines conditions. Leur représentativité est liée à celle de l'échantillon et ne peut être étendue à l'ensemble de la production ou de la fourniture.

L'attention est attirée sur le fait que les résultats mentionnés par le présent rapport ont été obtenus avec l'échantillon défini ci-dessus mais que la portée et les conclusions à tirer de ces résultats :
 n'ont pas été demandées par le donneur d'ordre. font l'objet d'un document séparé.
 sont indiquées dans le présent rapport d'essai en application du texte de référence fixé par le donneur d'ordre.

RAPPORT D'ESSAI DE PERMEABILITE AUX GAZ SUR BETON DURCI

XP P18-463

Chantier : FastCarb

N°Essai : E220320059

Résultats

Échéances	Date de mesure	Perméabilité (10^{-18} m ²)			Teneur en eau (%)			Perte de masse (%)		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C
7 jours	01/03/2022	7	5	6	3,2%	4,2%	3,6%	4,2%	3,2%	3,9%
28 jours	22/03/2022	30	28	30	0,4%	0,8%	0,5%	6,8%	6,5%	6,8%
> 28 jours	25/04/2022	63,74	56,41	63,22	0,0%	0,0%	0,0%	7,2%	7,2%	7,2%

Moyennes			
Échéances	Perméabilité (10^{-18} m ²)	Teneur en eau (%)	Perte de masse (%)
7 jours	6	3,7%	3,8%
28 jours	29	0,6%	6,7%
> 28 jours	61,12	0,0%	7,2%

Durabilité potentielle →	Classes et valeurs limites				
	Très faible	Faible	Moyenne	Elevée	Très élevée
Perméabilité apparente aux gaz (à Pentrée=0.2MPa et après étuvage à 105°C (10^{-18} m ²) $K_{p,gaz}$)	> 1000	300 à 1000	100 à 300	10 à 100	< 10

Tableau des classes limites (indicatives) relatives aux indicateurs de durabilité pour un essai débuté après 90 jours de conservation
(AFGC: Conception des bétons pour une durée de vie donnée des ouvrages)

Observations :

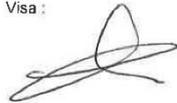
Le : 02/05/2022

Le technicien : J.FOSSAT

Nom : F.GEFFRAY

Fonction : Responsable R&D

Visa :



indice 0

2/2



La reproduction de ce rapport d'essai n'est autorisée que sous sa forme intégrale, il comporte 2 pages.
Les essais dont les résultats figurent ci-dessus ont été exécutés conformément aux normes AFNOR sauf indication contraire en observation.
Les échantillons sont éliminés après essai sauf demande expresse du donneur d'ordre.
Les essais faisant l'objet du présent rapport portent sur un échantillon prélevé dans certaines conditions. Leur représentativité est liée à celle de l'échantillon et ne peut être étendue à l'ensemble de la production ou de la fourniture.

L'attention est attirée sur le fait que les résultats mentionnés par le présent rapport ont été obtenus avec l'échantillon défini ci-dessus mais que la portée et les conclusions à tirer de ces résultats :
 n'ont pas été demandées par le donneur d'ordre. font l'objet d'un document séparé.
 sont indiquées dans le présent rapport d'essai en application du texte de référence lié par le donneur d'ordre.

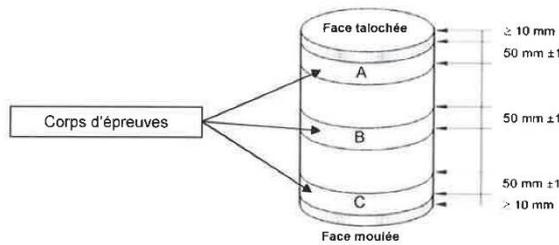
RAPPORT D'ESSAI DE PERMEABILITE AUX GAZ SUR BETON DURCI
XP P18-463

INFORMATIONS	ECHANTILLON
Client : CEMEX N°Echantillon LIMS : E21002000767 Chantier : FastCarb Ouvrage : FastCarb Type d'épreuve : ETUDE	Type de Béton : Béton 3 Date de confection : 02/06/2021 Date de prélèvement : 02/06/2021 Conservation selon : NF-EN-12390-2 Date début essai : 31/08/2021 Age du béton : 90 jours Gaz utilisé : AZOTE

Principe de l'essai : un corps d'épreuve est soumis à une pression de gaz constante. La perméabilité apparente k (exprimée en m²) est déterminée à partir de la mesure du débit volumique de gaz sortant de l'échantillon en régime permanent.

Déroulement de l'essai

A partir de 7 jours avant le début de l'essai, 3 corps d'épreuve sont prélevés dans une éprouvette suivant le schéma ci-dessous :



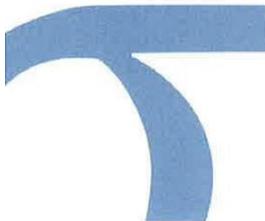
A l'échéance de mesure, 28 jours minimum après la confection de l'éprouvette, les corps d'épreuves suivent un étuvage à 80°C durant 28 jours comprenant deux mesures de perméabilité, une à 7 jours et une à 28 jours. Puis les corps d'épreuves sont placés à 105°C jusqu'à élimination totale de l'eau libre pour déterminer la perméabilité maximale du béton.

Dimensions des corps d'épreuves

	Corps d'épreuve A	Corps d'épreuve B	Corps d'épreuve C
Diamètre (mm)	149,7	149,9	149,8
Epaisseur (mm)	48,3	49,6	49,6

indice 0

1/2



La reproduction de ce rapport d'essai n'est autorisée que sous sa forme intégrale, il comporte 2 page(s).
 Les essais dont les résultats figurent ci-dessus ont été effectués conformément aux normes AFNOR sauf indication contraire en observation.
 Les échantillons sont éliminés après essai sauf demande expresse du donneur d'ordre.
 Les essais faisant l'objet du présent rapport portent sur un échantillon prélevé dans certaines conditions. Leur représentativité est liée à celle de l'échantillon et ne peut être étendue à l'ensemble de la production ou de la fourniture.

L'attention est attirée sur le fait que les résultats mentionnés par le présent rapport ont été obtenus avec l'échantillon défini ci-dessus mais que la portée et les conclusions à tirer de ces résultats :

n'ont pas été demandées par le donneur d'ordre. font l'objet d'un document séparé.
 sont indiquées dans le présent rapport d'essai en application du texte de référence fixé par le donneur d'ordre.

RAPPORT D'ESSAI DE PERMEABILITE AUX GAZ SUR BETON DURCI
XP P18-463

Chantier : FastCarb

N°Essai : E21002000767

Résultats

Échéances	Date de mesure	Perméabilité (10 ⁻¹⁸ m ²)			Teneur en eau (%)			Perte de masse (%)		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C
7 jours	07/09/2021	78	66	34	1,8%	2,1%	3,3%	6,9%	6,5%	5,7%
28 jours	28/09/2021	117	119	103	0,3%	0,3%	0,3%	8,3%	8,1%	8,4%
> 28 jours	08/10/2021	170,22	168,29	164,84	0,0%	0,0%	0,0%	8,6%	8,4%	8,7%

Échéances	Moyennes		
	Perméabilité (10 ⁻¹⁸ m ²)	Teneur en eau (%)	Perte de masse (%)
7 jours	60	2,4%	6,4%
28 jours	113	0,3%	8,3%
> 28 jours	167,78	0,0%	8,6%

Durabilité potentielle →	Classes et valeurs limites				
	Très faible	Faible	Moyenne	Elevée	Très élevée
Perméabilité apparente aux gaz (à Pentrée=0,2MPa et après étuvage à 105°C (10 ⁻¹⁸ m ²) K _{g,az}	> 1000	300 à 1000	100 à 300	10 à 100	< 10

Tableau des classes limites (indicatives) relatives aux indicateurs de durabilité pour un essai débuté après 90 jours de conservation

(AFGC:Conception des bétons pour une durée de vie donnée des ouvrages)

Observations :

Le : 12/10/2021

Le technicien : J.FOSSAT

Nom : F.GEFFRAY

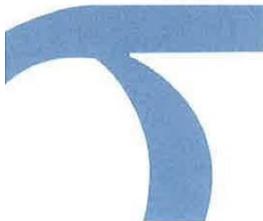
Fonction : Responsable R&D

Visa :



indice 0

2/2



La reproduction de ce rapport d'essai n'est autorisée que sous sa forme intégrale, il comporte 2 page(s).
Les essais dont les résultats figurent ci-dessus ont été exécutés conformément aux normes AFNOR sauf indication contraire en observation.
Les échantillons sont éliminés après essai sauf demande expresse du donneur d'ordre.
Les essais faisant l'objet du présent rapport portent sur un échantillon prélevé dans certaines conditions. Leur représentativité est liée à celle de l'échantillon et ne peut être étendue à l'ensemble de la production ou de la fourniture.

L'attention est attirée sur le fait que les résultats mentionnés par le présent rapport ont été obtenus avec l'échantillon défini ci-dessus mais que la portée et les conclusions à tirer de ces résultats :

n'ont pas été demandés par le donneur d'ordre. font l'objet d'un document séparé.
 sont indiqués dans le présent rapport d'essai en application du texte de référence fixé par le donneur d'ordre.

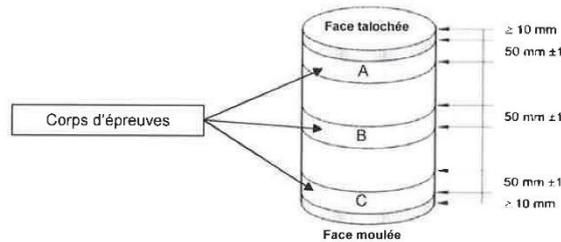
RAPPORT D'ESSAI DE PERMEABILITE AUX GAZ SUR BETON DURCI
XP P18-463

INFORMATIONS	ECHANTILLON
<p>Client : CEMEX</p> <p>N°Echantillon LIMS : E21002000768</p> <p>Chantier : FastCarb</p> <p>Ouvrage : FastCarb</p> <p>Type d'épreuve : ETUDE</p>	<p>Type de Béton : Beton 4</p> <p>Date de confection : 16/06/2021</p> <p>Date de prélèvement : 16/06/2021</p> <p>Conservation selon : NF-EN-12390-2</p> <p>Date début essai : 14/09/2021</p> <p>Age du béton : 90 jours</p> <p>Gaz utilisé : AZOTE</p>

Principe de l'essai : un corps d'épreuve est soumis à une pression de gaz constante. La perméabilité apparente k (exprimée en m^2) est déterminée à partir de la mesure du débit volumique de gaz sortant de l'échantillon en régime permanent.

Déroulement de l'essai

A partir de 7 jours avant le début de l'essai, 3 corps d'épreuve sont prélevés dans une éprouvette suivant le schéma ci-dessous :



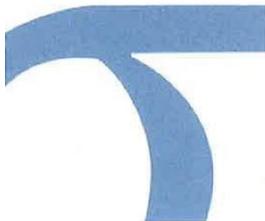
A l'échéance de mesure, 28 jours minimum après la confection de l'éprouvette, les corps d'épreuves suivent un étuvage à 80°C durant 28 jours comprenant deux mesures de perméabilité, une à 7 jours et une à 28 jours. Puis les corps d'épreuves sont placés à 105°C jusqu'à élimination totale de l'eau libre pour déterminer la perméabilité maximale du béton.

Dimensions des corps d'épreuves

	Corps d'épreuve A	Corps d'épreuve B	Corps d'épreuve C
Diamètre (mm)	149,7	149,8	149,7
Epaisseur (mm)	48,6	50,4	49,7

indice 0

1/2



La reproduction de ce rapport d'essai n'est autorisée que sous sa forme intégrale, il comporte $\frac{2}{2}$ page(s).
Les essais dont les résultats figurent ci-dessus ont été exécutés conformément aux normes AFNOR sauf indication contraire en observation.
Les échantillons sont éliminés après essai sauf demande expresse du donneur d'ordre.
Les essais faisant l'objet du présent rapport portent sur un échantillon prélevé dans certaines conditions. Leur représentativité est liée à celle de l'échantillon et ne peut être étendue à l'ensemble de la production ou de la fourniture.

L'attention est attirée sur le fait que les résultats mentionnés par le présent rapport ont été obtenus avec l'échantillon défini ci-dessus mais que la portée et les conclusions à tirer de ces résultats :

- n'ont pas été demandées par le donneur d'ordre. font l'objet d'un document séparé.
- sont indiquées dans le présent rapport d'essai en application du texte de référence fixé par le donneur d'ordre.

RAPPORT D'ESSAI DE PERMEABILITE AUX GAZ SUR BETON DURCI

XP P18-463

Chantier : FastCarb

N°Essai : E21002000768

Résultats

Échéances	Date de mesure	Perméabilité (10^{-18} m ²)			Teneur en eau (%)			Perte de masse (%)		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C
7 jours	21/09/2021	126	112	49	1,5%	1,4%	2,7%	7,4%	7,5%	6,0%
28 jours	12/10/2021	188	166	135	0,3%	0,3%	0,3%	8,4%	8,4%	8,2%
> 28 jours	22/10/2021	263,61	230,82	188,30	0,0%	0,0%	0,0%	8,7%	8,7%	8,4%

Moyennes			
Échéances	Perméabilité (10^{-18} m ²)	Teneur en eau (%)	Perte de masse (%)
7 jours	96	1,8%	6,9%
28 jours	163	0,3%	8,3%
> 28 jours	227,58	0,0%	8,6%

Durabilité potentielle →	Classes et valeurs limites				
	Très faible	Faible	Moyenne	Elevée	Très élevée
Perméabilité apparente aux gaz (à Pentrée=0.2MPa et après étuvage à 105°C (10^{-18} m ²) K _{gaz})	> 1000	300 à 1000	100 à 300	10 à 100	< 10

Tableau des classes limites (indicatives) relatives aux indicateurs de durabilité pour un essai débuté après 90 jours de conservation

(AFGC: Conception des bétons pour une durée de vie donnée des ouvrages)

Observations :

Le : 22/10/2021

Le technicien : **J.FOSSAT**

Nom : **F.GEFFRAY**

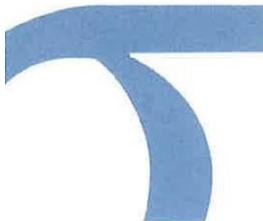
Fonction : **Responsable R&D**

Visa :



indice 0

2/2



La reproduction de ce rapport d'essai n'est autorisée que sous sa forme intégrale, il comporte 2 page(s).
Les essais dont les résultats figurent ci-dessus ont été exécutés conformément aux normes AFNOR sauf indication contraire en observation.
Les échantillons sont éliminés après essai sauf demande expresse du donneur d'ordre.
Les essais faisant l'objet du présent rapport portent sur un échantillon prélevé dans certaines conditions. Leur représentativité est liée à celle de l'échantillon et ne peut être étendue à l'ensemble de la production ou de la fourniture.

L'attention est attirée sur le fait que les résultats mentionnés par le présent rapport ont été obtenus avec l'échantillon défini ci-dessus mais que la portée et les conclusions à tirer de ces résultats :

n'ont pas été demandées par le donneur d'ordre. font l'objet d'un document séparé.
 sont indiquées dans le présent rapport d'essai en application du texte de référence fixé par le donneur d'ordre.

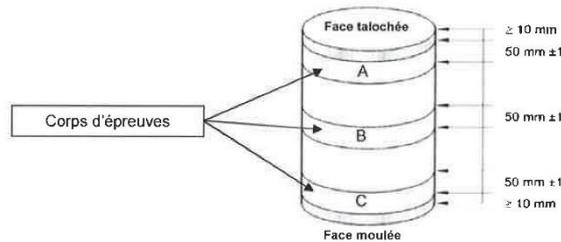
RAPPORT D'ESSAI DE PERMEABILITE AUX GAZ SUR BETON DURCI
XP P18-463

INFORMATIONS	ECHANTILLON
Client : CEMEX N°Echantillon LIMS : E21002000787 Chantier : FastCarb Ouvrage : FastCarb Type d'épreuve : ETUDE	Type de Béton : Béton 5 Date de confection : 30/06/2021 Date de prélèvement : 30/06/2021 Conservation selon : NF-EN-12390-2 Date début essai : 28/09/2021 Age du béton : 90 jours Gaz utilisé : AZOTE

Principe de l'essai : un corps d'épreuve est soumis à une pression de gaz constante. La perméabilité apparente k (exprimée en m^2) est déterminée à partir de la mesure du débit volumique de gaz sortant de l'échantillon en régime permanent.

Déroulement de l'essai

A partir de 7 jours avant le début de l'essai, 3 corps d'épreuve sont prélevés dans une éprouvette suivant le schéma ci-dessous :



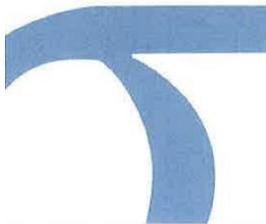
A l'échéance de mesure, 28 jours minimum après la confection de l'éprouvette, les corps d'épreuves suivent un étuvage à 80°C durant 28 jours comprenant deux mesures de perméabilité, une à 7 jours et une à 28 jours. Puis les corps d'épreuves sont placés à 105°C jusqu'à élimination totale de l'eau libre pour déterminer la perméabilité maximale du béton.

Dimensions des corps d'épreuves

	Corps d'épreuve A	Corps d'épreuve B	Corps d'épreuve C
Diamètre (mm)	149,6	150,0	149,7
Epaisseur (mm)	49,3	49,2	50,2

indice 0

1/2



La reproduction de ce rapport d'essai n'est autorisée que sous sa forme intégrale, il comporte 2 page(s).
 Les essais dont les résultats figurent ci-dessus ont été exécutés conformément aux normes AFNOR sans indication contraire en observation.
 Les échantillons sont éliminés après essai sauf demande expresse du donneur d'ordre.
 Les essais faisant l'objet du présent rapport portent sur un échantillon prélevé dans certaines conditions. Leur représentativité est liée à celle de l'échantillon et ne peut être étendue à l'ensemble de la production ou de la fourniture.

L'attention est attirée sur le fait que les résultats mentionnés par le présent rapport ont été obtenus avec l'échantillon défini ci-dessus mais que la portée et les conclusions à tirer de ces résultats :
 n'ont pas été demandées par le donneur d'ordre. font l'objet d'un document séparé.
 sont indiquées dans le présent rapport d'essai en application du texte de référence fixé par le donneur d'ordre.

RAPPORT D'ESSAI DE PERMEABILITE AUX GAZ SUR BETON DURCI
XP P18-463

Chantier : FastCarb

N°Essai : E21002000787

Résultats

Échéances	Date de mesure	Perméabilité (10 ⁻¹⁸ m ²)			Teneur en eau (%)			Perte de masse (%)		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C
7 jours	05/10/2021	187	276	324	0,7%	0,8%	2,3%	10,1%	10,1%	8,7%
28 jours	26/10/2021	303	373	505	0,0%	0,0%	0,0%	10,7%	10,7%	10,7%
> 28 jours	12/11/2021	406,17	562,28	677,00	0,0%	0,0%	0,0%	10,7%	10,7%	10,7%

Moyennes			
Échéances	Perméabilité (10 ⁻¹⁸ m ²)	Teneur en eau (%)	Perte de masse (%)
7 jours	262	1,2%	9,6%
28 jours	394	0,0%	10,7%
> 28 jours	548,49	0,0%	10,7%

Durabilité potentielle →	Classes et valeurs limites				
	Très faible	Faible	Moyenne	Elevée	Très élevée
Perméabilité apparente aux gaz (à Pentrée=0.2MPa et après étuvage à 105°C (10 ⁻¹⁸ m ²) K _{g,az})	> 1000	300 à 1000	100 à 300	10 à 100	< 10

Tableau des classes limites (indicatives) relatives aux indicateurs de durabilité pour un essai débuté après 90 jours de conservation
(AFGC:Conception des bétons pour une durée de vie donnée des ouvrages)

Observations :

Le : 15/11/2021

Le technicien : J.FOSSAT

Nom : F.GEFFRAY

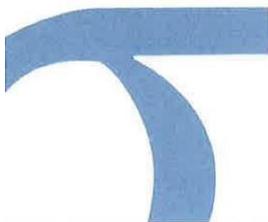
Fonction : Responsable R&D

Visa :



indice 0

2/2



La reproduction de ce rapport d'essai n'est autorisée que sous sa forme intégrale, il comporte... page(s).
Les essais dont les résultats figurent ci-dessus ont été effectués conformément aux normes AFNOR sans indication contraire en observation.
Les échantillons sont éliminés après essai sauf demande expresse du donneur d'ordre.
Les essais faisant l'objet du présent rapport portent sur un échantillon prélevé dans certaines conditions. Leur représentativité est liée à celle de l'échantillon et ne peut être étendue à l'ensemble de la production ou de la fourniture.

L'attention est attirée sur le fait que les résultats mentionnés par le présent rapport ont été obtenus avec l'échantillon défini ci-dessus mais que la portée et les conclusions à tirer de ces résultats :
 n'ont pas été demandées par le donneur d'ordre. font l'objet d'un document séparé.
 sont indiquées dans le présent rapport d'essai en application du texte de référence fixé par le donneur d'ordre.

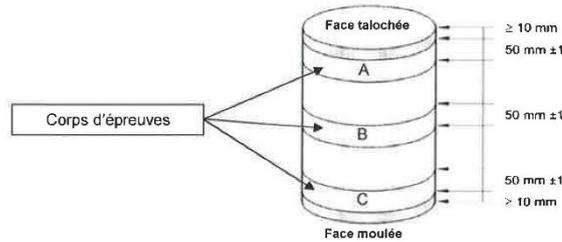
RAPPORT D'ESSAI DE PERMEABILITE AUX GAZ SUR BETON DURCI
XP P18-463

INFORMATIONS	ECHANTILLON
Client : CEMEX N°Echantillon LIMS : E21002000847 Chantier : FastCarb Ouvrage : FastCarb Type d'épreuve : ETUDE	Type de Béton : Béton 6 Date de confection : 13/07/2021 Date de prélèvement : 13/07/2021 Conservation selon : NF-EN-12390-2 Date début essai : 12/10/2021 Age du béton : 91 jours Gaz utilisé : AZOTE

Principe de l'essai : un corps d'épreuve est soumis à une pression de gaz constante. La perméabilité apparente k (exprimée en m²) est déterminée à partir de la mesure du débit volumique de gaz sortant de l'échantillon en régime permanent.

Déroulement de l'essai

A partir de 7 jours avant le début de l'essai, 3 corps d'épreuve sont prélevés dans une éprouvette suivant le schéma ci-dessous :



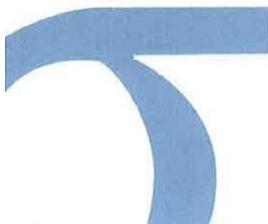
A l'échéance de mesure, 28 jours minimum après la confection de l'éprouvette, les corps d'épreuves suivent un étuvage à 80°C durant 28 jours comprenant deux mesures de perméabilité, une à 7 jours et une à 28 jours. Puis les corps d'épreuves sont placés à 105°C jusqu'à élimination totale de l'eau libre pour déterminer la perméabilité maximale du béton.

Dimensions des corps d'épreuves

	Corps d'épreuve A	Corps d'épreuve B	Corps d'épreuve C
Diamètre (mm)	150,0	149,7	150,0
Epaisseur (mm)	50,6	50,3	50,0

indice 0

1/2



La reproduction de ce rapport d'essai n'est autorisée que sous sa forme intégrale, il comporte 2 page(s).
Les essais dont les résultats figurent ci-dessus ont été exécutés conformément aux normes AFNOR sous indication contraire en observation.
Les échantillons sont éliminés après essai sauf demande expresse du donneur d'ordre.
Les essais faisant l'objet du présent rapport portent sur un échantillon prélevé dans certaines conditions. Leur représentativité est liée à celle de l'échantillon et ne peut être étendue à l'ensemble de la production ou de la fourniture.

L'attention est attirée sur le fait que les résultats mentionnés par le présent rapport ont été obtenus avec l'échantillon défini ci-dessus mais que la portée et les conclusions à tirer de ces résultats :
 n'ont pas été demandées par le donneur d'ordre. font l'objet d'un document séparé.
 sont indiquées dans le présent rapport d'essai en application du texte de référence fixé par le donneur d'ordre.

RAPPORT D'ESSAI DE PERMEABILITE AUX GAZ SUR BETON DURCI
XP P18-463

Chantier : FastCarb

N°Essai : E21002000847

Résultats

Échéances	Date de mesure	Perméabilité (10 ⁻¹⁸ m ²)			Teneur en eau (%)			Perte de masse (%)		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C
7 jours	19/10/2021	117	110	100	1,1%	1,4%	1,7%	8,9%	8,8%	8,6%
28 jours	09/11/2021	157	162	137	0,3%	0,3%	0,3%	9,6%	9,8%	9,9%
> 28 jours	19/11/2021	219,85	212,52	192,09	0,0%	0,0%	0,0%	9,9%	10,1%	10,2%

Échéances	Moyennes		
	Perméabilité (10 ⁻¹⁸ m ²)	Teneur en eau (%)	Perte de masse (%)
7 jours	109	1,4%	8,8%
28 jours	152	0,3%	9,8%
> 28 jours	208,15	0,0%	10,0%

Durabilité potentielle →	Classes et valeurs limites				
	Très faible	Faible	Moyenne	Elevée	Très élevée
Perméabilité apparente aux gaz (à Pentrée=0.2MPa et après étuvage à 105°C (10 ⁻¹⁸ m ²) K _{g,28}	> 1000	300 à 1000	100 à 300	10 à 100	< 10

Tableau des classes limites (indicatives) relatives aux indicateurs de durabilité pour un essai débuté après 90 jours de conservation
(AFGC: Conception des bétons pour une durée de vie donnée des ouvrages)

Observations :

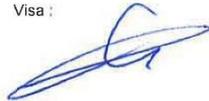
Le : 19/11/2021

Le technicien : J.FOSSAT

Nom : F.GEFFRAY

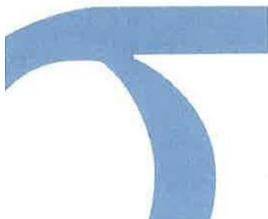
Fonction : Responsable R&D

Visa :



indice 0

2/2



La reproduction de ce rapport d'essai n'est autorisée que sous sa forme intégrale, il comporte ...1... page(s).
Les essais dont les résultats figurent ci-dessus ont été exécutés conformément aux normes AFNOR sauf indication contraire en observation.
Les échantillons sont éliminés après essai sauf demande expresse du donneur d'ordre.
Les essais faisant l'objet du présent rapport portent sur un échantillon prélevé dans certaines conditions. Leur représentativité est liée à celle de l'échantillon et ne peut être étendue à l'ensemble de la production ou de la fourniture.

L'attention est attirée sur le fait que les résultats mentionnés par le présent rapport ont été obtenus avec l'échantillon défini ci-dessus mais que la portée et les conclusions à tirer de ces résultats :
 n'ont pas été demandées par le donneur d'ordre. font l'objet d'un document séparé.
 sont indiquées dans le présent rapport d'essai en application du texte de référence fixé par le donneur d'ordre.

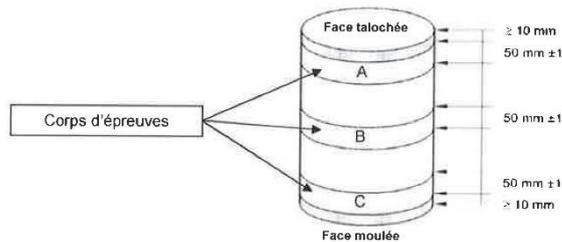
RAPPORT D'ESSAI DE PERMEABILITE AUX GAZ SUR BETON DURCI
XP P18-463

INFORMATIONS	ECHANTILLON
Client : CEMEX N°Echantillon LIMS : E21002000922 Chantier : FastCarb Ouvrage : FastCarb Type d'épreuve : ETUDE	Type de Béton : Béton 7 Date de confection : 28/07/2021 Date de prélèvement : 28/07/2021 Conservation selon : NF-EN-12390-2 Date début essai : 26/10/2021 Age du béton : 90 jours Gaz utilisé : AZOTE

Principe de l'essai : un corps d'épreuve est soumis à une pression de gaz constante. La perméabilité apparente k (exprimée en m^2) est déterminée à partir de la mesure du débit volumique de gaz sortant de l'échantillon en régime permanent.

Déroulement de l'essai

A partir de 7 jours avant le début de l'essai, 3 corps d'épreuve sont prélevés dans une éprouvette suivant le schéma ci-dessous :



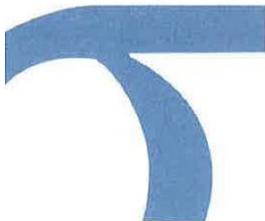
A l'échéance de mesure, 28 jours minimum après la confection de l'éprouvette, les corps d'épreuves suivent un étuvage à 80°C durant 28 jours comprenant deux mesures de perméabilité, une à 7 jours et une à 28 jours. Puis les corps d'épreuves sont placés à 105°C jusqu'à élimination totale de l'eau libre pour déterminer la perméabilité maximale du béton.

Dimensions des corps d'épreuves

	Corps d'épreuve A	Corps d'épreuve B	Corps d'épreuve C
Diamètre (mm)	150,0	149,8	150,1
Epaisseur (mm)	48,7	48,1	48,0

indice 0

1/2



La reproduction de ce rapport d'essai n'est autorisée que sous sa forme intégrale, il comporte 2 page(s).
 Les essais dont les résultats figurent ci-dessus ont été exécutés conformément aux normes AFNOR sauf indication contraire en observation.
 Les échantillons sont éliminés après essai sauf demande expresse du donneur d'ordre.
 Les essais faisant l'objet du présent rapport portent sur un échantillon prélevé dans certaines conditions. Leur représentativité est liée à celle de l'échantillon et ne peut être étendue à l'ensemble de la production ou de la fourniture.

L'attention est attirée sur le fait que les résultats mentionnés par le présent rapport ont été obtenus avec l'échantillon défini ci-dessus mais que la portée et les conclusions à tirer de ces résultats :

n'ont pas été demandées par le donneur d'ordre. font l'objet d'un document séparé.
 sont indiquées dans le présent rapport d'essai en application du texte de référence lié par le donneur d'ordre.

RAPPORT D'ESSAI DE PERMEABILITE AUX GAZ SUR BETON DURCI

XP P18-463

Chantier : FastCarb

N°Essai : E2100200922

Résultats

Échéances	Date de mesure	Perméabilité (10 ⁻¹⁸ m ²)			Teneur en eau (%)			Perte de masse (%)		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C
7 jours	09/11/2021	118	120	116	1,6%	1,4%	1,5%	9,3%	9,7%	9,6%
28 jours	30/11/2021	181	171	172	0,3%	0,3%	0,3%	10,5%	10,7%	10,7%
> 28 jours	10/12/2022	229,96	209,99	211,59	0,0%	0,0%	0,0%	10,8%	11,0%	10,9%

Moyennes			
Échéances	Perméabilité (10 ⁻¹⁸ m ²)	Teneur en eau (%)	Perte de masse (%)
7 jours	118	1,5%	9,6%
28 jours	174	0,3%	10,6%
> 28 jours	217,18	0,0%	10,9%

Durabilité potentielle →	Classes et valeurs limites				
	Très faible	Faible	Moyenne	Elevée	Très élevée
Perméabilité apparente aux gaz (à Pentrée=0.2MPa et après étuvage à 105°C (10 ⁻¹⁸ m ²) K _{g,az}	> 1000	300 à 1000	100 à 300	10 à 100	< 10

Tableau des classes limites (indicatives) relatives aux indicateurs de durabilité pour un essai débuté après 90 jours de conservation
(AFGC: Conception des bétons pour une durée de vie donnée des ouvrages)

Observations :

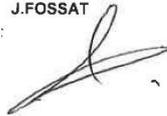
Le : 07/01/2022

Le technicien : J.FOSSAT

Nom : F.GEFFRAY

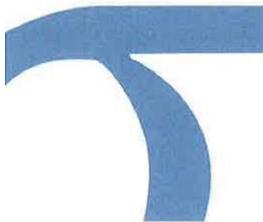
Fonction : Responsable R&D

Visa :



indice 0

2/2



La reproduction de ce rapport d'essai n'est autorisée que sous sa forme intégrale, il comporte... 2... (pages).
Les essais dont les résultats figurent ci-dessus ont été exécutés conformément aux normes AFNOR sauf indication contraire en observation.
Les échantillons sont éliminés après essai sauf demande expresse du donneur d'ordre.
Les essais faisant l'objet du présent rapport portent sur un échantillon prélevé dans certaines conditions. Leur représentativité est liée à celle de l'échantillon et ne peut être étendue à l'ensemble de la production ou de la fourniture.

L'attention est attirée sur le fait que les résultats mentionnés par le présent rapport ont été obtenus avec l'échantillon défini ci-dessus mais que la portée et les conclusions à tirer de ces résultats :
 n'ont pas été demandés par le donneur d'ordre. font l'objet d'un document séparé.
 sont indiquées dans le présent rapport d'essai en application du texte de référence fixé par le donneur d'ordre.

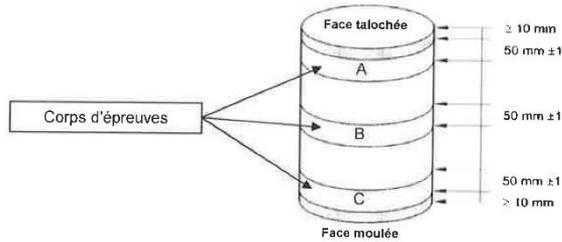
RAPPORT D'ESSAI DE PERMEABILITE AUX GAZ SUR BETON DURCI
XP P18-463

INFORMATIONS	ECHANTILLON
Client : CEMEX N°Echantillon LIMS : E2100201091 Chantier : FastCarb Ouvrage : FastCarb Type d'épreuve : ETUDE	Type de Béton : Béton 8 Date de confection : 01/09/2021 Date de prélèvement : 01/09/2021 Conservation selon : NF-EN-12390-2 Date début essai : 30/11/2021 Age du béton : 90 jours Gaz utilisé : AZOTE

Principe de l'essai : un corps d'épreuve est soumis à une pression de gaz constante. La perméabilité apparente k (exprimée en m²) est déterminée à partir de la mesure du débit volumique de gaz sortant de l'échantillon en régime permanent.

Déroulement de l'essai

A partir de 7 jours avant le début de l'essai, 3 corps d'épreuve sont prélevés dans une éprouvette suivant le schéma ci-dessous :



A l'échéance de mesure, 28 jours minimum après la confection de l'éprouvette, les corps d'épreuves suivent un étuvage à 80°C durant 28 jours comprenant deux mesures de perméabilité, une à 7 jours et une à 28 jours. Puis les corps d'épreuves sont placés à 105°C jusqu'à élimination totale de l'eau libre pour déterminer la perméabilité maximale du béton.

Dimensions des corps d'épreuves

	Corps d'épreuve A	Corps d'épreuve B	Corps d'épreuve C
Diamètre (mm)	149,2	149,5	149,7
Épaisseur (mm)	51,1	50,9	50,1

indice 0

1/2



La reproduction de ce rapport d'essai n'est autorisée que sous sa forme intégrale, il comporte 2 pages.
Les essais dont les résultats figurent ci-dessus ont été exécutés conformément aux normes AFNOR sauf indication contraire en observation.
Les échantillons sont éliminés après essai sauf demande expresse du donneur d'ordre.
Les essais faisant l'objet du présent rapport portent sur un échantillon prélevé dans certaines conditions. Leur représentativité est liée à celle de l'échantillon et ne peut être étendue à l'ensemble de la production ou de la fourniture.

L'attention est attirée sur le fait que les résultats mentionnés par le présent rapport ont été obtenus avec l'échantillon défini ci-dessus mais que la portée et les conclusions à tirer de ces résultats :

- n'ont pas été demandées par le donneur d'ordre. font l'objet d'un document séparé.
- sont indiquées dans le présent rapport d'essai en application du texte de référence fixé par le donneur d'ordre.

RAPPORT D'ESSAI DE PERMEABILITE AUX GAZ SUR BETON DURCI

XP P18-463

Chantier : FastCarb

N°Essai : E2100201091

Résultats

Échéances	Date de mesure	Perméabilité (10 ⁻¹⁸ m ²)			Teneur en eau (%)			Perte de masse (%)		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C
7 jours	07/12/2021									
28 jours	28/12/2021	11	36	20	2,7%	1,0%	1,9%	3,5%	5,3%	4,3%
> 28 jours	07/01/2022	67,22	100,44	74,91	0,0%	0,0%	0,0%	6,0%	6,2%	6,0%

Moyennes			
Échéances	Perméabilité (10 ⁻¹⁸ m ²)	Teneur en eau (%)	Perte de masse (%)
7 jours	Non mesurable		
28 jours	22	1,9%	4,4%
> 28 jours	80,86	0,0%	6,1%

Durabilité potentielle →	Classes et valeurs limites				
	Très faible	Faible	Moyenne	Elevée	Très élevée
Perméabilité apparente aux gaz (à Pentrée=0.2MPa et après étuvage à 105°C (10 ⁻¹⁸ m ²) K _{gaz}	> 1000	300 à 1000	100 à 300	10 à 100	< 10

Tableau des classes limites (indicatives) relatives aux indicateurs de durabilité pour un essai débuté après 90 jours de conservation
(AFGC:Conception des bétons pour une durée de vie donnée des ouvrages)

Observations :

Le : 07/01/2022

Le technicien : J.FOSSAT

Nom : F.GEFFRAY

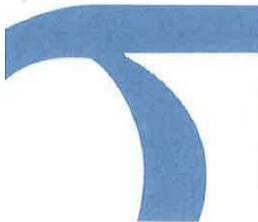
Fonction : Responsable R&D

Visa :



indice 0

2/2



La reproduction de ce rapport d'essai n'est autorisée que sous sa forme intégrale, il comporte ...2... page(s).
Les essais dont les résultats figurent ci-dessus ont été exécutés conformément aux normes AFNOR sauf indication contraire en observation.
Les échantillons sont éliminés après essai sauf demande expresse du donneur d'ordre.
Les essais faisant l'objet du présent rapport portent sur un échantillon prélevé dans certaines conditions. Leur représentativité est liée à celle de l'échantillon et ne peut être étendue à l'ensemble de la production ou de la fourniture.

L'attention est attirée sur le fait que les résultats mentionnés par le présent rapport ont été obtenus avec l'échantillon délini ci-dessus mais que la méthode et les conclusions à tirer de ces résultats ;
 n'ont pas été demandées par le donneur d'ordre. font l'objet d'un document séparé.
 sont indiqués dans le présent rapport d'essai en application du texte de référence fixé par le donneur d'ordre.

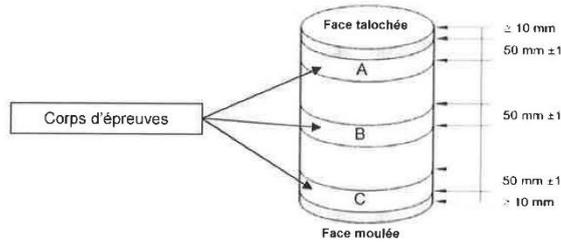
RAPPORT D'ESSAI DE PERMEABILITE AUX GAZ SUR BETON DURCI
XP P18-463

INFORMATIONS	ECHANTILLON
<p>Client : CEMEX</p> <p>N°Echantillon LIMS : E2100201093</p> <p>Chantier : FastCarb</p> <p>Ouvrage : FastCarb</p> <p>Type d'épreuve : ETUDE</p>	<p>Type de Béton : Béton 9</p> <p>Date de confection : 15/09/2021</p> <p>Date de prélèvement : 15/09/2021</p> <p>Conservation selon : NF-EN-12390-2</p> <p>Date début essai : 14/12/2021</p> <p>Age du béton : 90 jours</p> <p>Gaz utilisé : AZOTE</p>

Principe de l'essai : un corps d'épreuve est soumis à une pression de gaz constante. La perméabilité apparente k (exprimée en m^2) est déterminée à partir de la mesure du débit volumique de gaz sortant de l'échantillon en régime permanent.

Déroulement de l'essai

A partir de 7 jours avant le début de l'essai, 3 corps d'épreuve sont prélevés dans une éprouvette suivant le schéma ci-dessous :



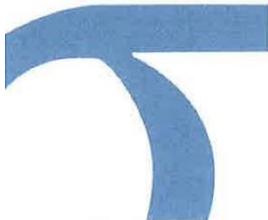
A l'échéance de mesure, 28 jours minimum après la confection de l'éprouvette, les corps d'épreuves suivent un étuvage à 80°C durant 28 jours comprenant deux mesures de perméabilité, une à 7 jours et une à 28 jours. Puis les corps d'épreuves sont placés à 105°C jusqu'à élimination totale de l'eau libre pour déterminer la perméabilité maximale du béton.

Dimensions des corps d'épreuves

	Corps d'épreuve A	Corps d'épreuve B	Corps d'épreuve C
Diamètre (mm)	149,9	149,8	149,8
Epaisseur (mm)	49,4	49,7	49,5

indice 0

1/2



La reproduction de ce rapport d'essai n'est autorisée que sous sa forme intégrale, il comporte ... page(s).
Les essais dont les résultats figurent ci-dessus ont été exécutés conformément aux normes AFNOR sauf indication contraire en observation.
Les échantillons sont éliminés après essai sauf demande expresse du donneur d'ordre.
Les essais faisant l'objet du présent rapport portent sur un échantillon prélevé dans certaines conditions. Leur représentativité est liée à celle de l'échantillon et ne peut être étendue à l'ensemble de la production ou de la fourniture.

L'attention est attirée sur le fait que les résultats mentionnés par le présent rapport ont été obtenus avec l'échantillon défini ci-dessus mais que la portée et les conclusions à tirer de ces résultats :
 n'ont pas été demandées par le donneur d'ordre. font l'objet d'un document séparé.
 sont indiquées dans le présent rapport d'essai en application du texte de référence fixé par le donneur d'ordre.

RAPPORT D'ESSAI DE PERMEABILITE AUX GAZ SUR BETON DURCI

XP P18-463

Chantier : FastCarb

N°Essai : E2100201093

Résultats

Échéances	Date de mesure	Perméabilité (10 ⁻¹⁸ m ²)			Teneur en eau (%)			Perte de masse (%)		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C
7 jours	21/12/2021	x	x	x	5,3%	4,7%	4,2%	1,8%	1,8%	2,6%
28 jours	11/01/2022	22	21	11	1,5%	1,6%	0,6%	5,3%	4,7%	5,9%
> 28 jours	24/01/2022	65,25	56,57	77,49	0,0%	0,0%	0,0%	6,7%	6,2%	6,5%

Moyennes			
Échéances	Perméabilité (10 ⁻¹⁸ m ²)	Teneur en eau (%)	Perte de masse (%)
7 jours	Non mesurable	4,7%	2,1%
28 jours	18	1,2%	5,3%
> 28 jours	66,44	0,0%	6,5%

Durabilité potentielle →	Classes et valeurs limites				
	Très faible	Faible	Moyenne	Elevée	Très élevée
Perméabilité apparente aux gaz (à Pentrée=0.2MPa et après étuvage à 105°C (10 ⁻¹⁸ m ²) K _{gaz})	> 1000	300 à 1000	100 à 300	10 à 100	< 10

Tableau des classes limites (indicatives) relatives aux indicateurs de durabilité pour un essai débuté après 90 jours de conservation
(AFGC: Conception des bétons pour une durée de vie donnée des ouvrages)

Observations :

Le : 31/01/2022

Le technicien : J.FOSSAT

Nom : F.GEFFRAY

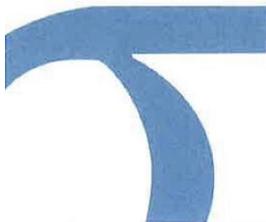
Fonction : Responsable R&D

Visa :



indice 0

2/2



La reproduction de ce rapport d'essai n'est autorisée que sous sa forme intégrale, il comporte 2 page(s).
Les essais dont les résultats figurent ci-dessus ont été exécutés conformément aux normes AFNOR sauf indication contraire en observation.
Les échantillons sont éliminés après essai sauf demande expresse du donneur d'ordre.
Les essais faisant l'objet du présent rapport portent sur un échantillon prélevé dans certaines conditions. Leur représentativité est liée à celle de l'échantillon et ne peut être étendue à l'ensemble de la production ou de la fourniture.

L'attention est attirée sur le fait que les résultats mentionnés par le présent rapport ont été obtenus avec l'échantillon défini ci-dessus mais que la portée et les conclusions à tirer de ces résultats :
 n'ont pas été demandées par le donneur d'ordre. font l'objet d'un document séparé.
 sont indiquées dans le présent rapport d'essai en application du texte de référence fixé par le donneur d'ordre.

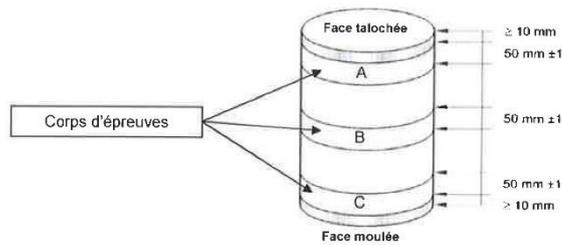
RAPPORT D'ESSAI DE PERMEABILITE AUX GAZ SUR BETON DURCI
XP P18-463

INFORMATIONS	ECHANTILLON
Client : CEMEX N°Echantillon LIMS : E2100201197 Chantier : FastCarb Ouvrage : FastCarb Type d'épreuve : ETUDE	Type de Béton : Béton 10 Date de confection : 29/09/2021 Date de prélèvement : 29/09/2021 Conservation selon : NF-EN-12390-2 Date début essai : 28/12/2021 Age du béton : 90 jours Gaz utilisé : AZOTE

Principe de l'essai : un corps d'épreuve est soumis à une pression de gaz constante. La perméabilité apparente k (exprimée en m^2) est déterminée à partir de la mesure du débit volumique de gaz sortant de l'échantillon en régime permanent.

Déroulement de l'essai

A partir de 7 jours avant le début de l'essai, 3 corps d'épreuve sont prélevés dans une éprouvette suivant le schéma ci-dessous :



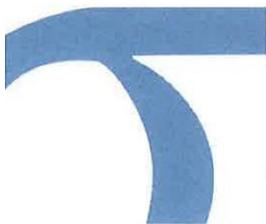
A l'échéance de mesure, 28 jours minimum après la confection de l'éprouvette, les corps d'épreuves suivent un étuvage à 80°C durant 28 jours comprenant deux mesures de perméabilité, une à 7 jours et une à 28 jours. Puis les corps d'épreuves sont placés à 105°C jusqu'à élimination totale de l'eau libre pour déterminer la perméabilité maximale du béton.

Dimensions des corps d'épreuves

	Corps d'épreuve A	Corps d'épreuve B	Corps d'épreuve C
Diamètre (mm)	149,7	149,9	149,9
Épaisseur (mm)	52,0	51,5	51,2

indice 0

1/2



La reproduction de ce rapport d'essai n'est autorisée que sous sa forme intégrale, il comporte 2 page(s).
 Les essais dont les résultats figurent ci-dessus ont été exécutés conformément aux normes AFNOR sauf indication contraire en observation.
 Les échantillons sont éliminés après essai sauf demande expresse du donneur d'ordre.
 Les essais faisant l'objet du présent rapport portent sur un échantillon prélevé dans certaines conditions. Leur représentativité est liée à celle de l'échantillon et ne peut être étendue à l'ensemble de la production ou de la fourniture.

L'attention est attirée sur le fait que les résultats mentionnés par le présent rapport ont été obtenus avec l'échantillon défini ci-dessus mais que la portée et les conclusions à tirer de ces résultats :

n'ont pas été demandées par le donneur d'ordre. font l'objet d'un document séparé.
 sont indiquées dans le présent rapport d'essai en application du texte de référence fixé par le donneur d'ordre.

RAPPORT D'ESSAI DE PERMEABILITE AUX GAZ SUR BETON DURCI

XP P18-463

Chantier : FastCarb

N°Essai : E2100201197

Résultats

Échéances	Date de mesure	Perméabilité (10 ⁻¹⁸ m ²)			Teneur en eau (%)			Perte de masse (%)		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C
7 jours	04/01/2022	11	11	8	2,4%	2,4%	2,7%	3,6%	3,6%	3,5%
28 jours	25/01/2022	36	37	35	0,6%	0,6%	0,7%	5,3%	5,3%	5,5%
> 28 jours	04/02/2022	86,20	85,78	77,54	0,0%	0,0%	0,0%	5,9%	5,9%	6,1%

Moyennes			
Échéances	Perméabilité (10 ⁻¹⁸ m ²)	Teneur en eau (%)	Perte de masse (%)
7 jours	10	2,5%	3,6%
28 jours	36	0,6%	5,4%
> 28 jours	83,17	0,0%	6,0%

Durabilité potentielle →	Classes et valeurs limites				
	Très faible	Faible	Moyenne	Elevée	Très élevée
Perméabilité apparente aux gaz (à Pentrée=0.2MPa et après étuvage à 105°C (10 ⁻¹⁸ m ²) K _{gaz}	> 1000	300 à 1000	100 à 300	10 à 100	< 10

Tableau des classes limites (indicatives) relatives aux indicateurs de durabilité pour un essai débuté après 90 jours de conservation
(AFGC: Conception des bétons pour une durée de vie donnée des ouvrages)

Observations :

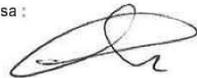
Le : 07/02/2022

Le technicien : **J.FOSSAT**

Nom : **F.GEFFRAY**

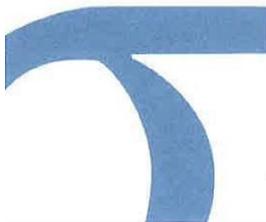
Fonction : **Responsable R&D**

Visa :



indice 0

2/2



La reproduction de ce rapport d'essai n'est autorisée que sous sa forme intégrale, il comporte page(s).
Les essais dont les résultats figurent ci-dessus ont été exécutés conformément aux normes AFNOR sauf indication contraire en observation.
Les échantillons sont éliminés après essai sauf demande expresse du donneur d'ordre.
Les essais faisant l'objet du présent rapport portent sur un échantillon prélevé dans certaines conditions. Leur représentativité est liée à celle de l'échantillon et ne peut être étendue à l'ensemble de la production ou de la fourniture.

L'attention est attirée sur le fait que les résultats mentionnés par le présent rapport ont été obtenus avec l'échantillon défini ci-dessus mais que la portée et les conclusions à tirer de ces résultats :
 n'ont pas été demandées par le donneur d'ordre. font l'objet d'un document séparé.
 sont indiquées dans le présent rapport d'essai en application du texte de référence fixé par le donneur d'ordre.

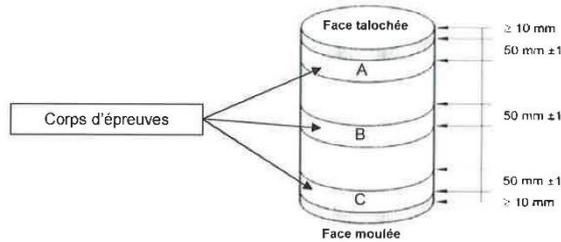
RAPPORT D'ESSAI DE PERMEABILITE AUX GAZ SUR BETON DURCI
XP P18-463

INFORMATIONS	ECHANTILLON
Client : CEMEX N°Echantillon LIMS : E2100201198 Chantier : FastCarb Ouvrage : FastCarb Type d'épreuve : ETUDE	Type de Béton : Béton 11 Date de confection : 13/10/2021 Date de prélèvement : 13/10/2021 Conservation selon : NF-EN-12390-2 Date début essai : 11/01/2022 Age du béton : 90 jours Gaz utilisé : AZOTE

Principe de l'essai : un corps d'épreuve est soumis à une pression de gaz constante. La perméabilité apparente k (exprimée en m^2) est déterminée à partir de la mesure du débit volumique de gaz sortant de l'échantillon en régime permanent.

Déroulement de l'essai

A partir de 7 jours avant le début de l'essai, 3 corps d'épreuve sont prélevés dans une éprouvette suivant le schéma ci-dessous :



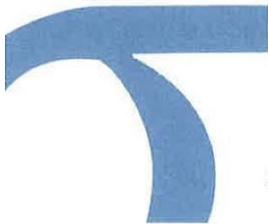
A l'échéance de mesure, 28 jours minimum après la confection de l'éprouvette, les corps d'épreuves suivent un étuvage à 80°C durant 28 jours comprenant deux mesures de perméabilité, une à 7 jours et une à 28 jours. Puis les corps d'épreuves sont placés à 105°C jusqu'à élimination totale de l'eau libre pour déterminer la perméabilité maximale du béton.

Dimensions des corps d'épreuves

	Corps d'épreuve A	Corps d'épreuve B	Corps d'épreuve C
Diamètre (mm)	149,6	149,7	149,7
Epaisseur (mm)	48,4	48,8	48,4

indice 0

1/2



La reproduction de ce rapport d'essai n'est autorisée que sous sa forme intégrale, il comporte 2 pages.
Les essais dont les résultats figurent ci-dessus ont été exécutés conformément aux normes AFNOR sous indication contraire en observation.
Les échantillons sont éliminés après essai sauf demande expresse du donneur d'ordre.
Les essais faisant l'objet du présent rapport portent sur un échantillon prélevé dans certaines conditions. Leur représentativité est liée à celle de l'échantillon et ne peut être étendue à l'ensemble de la production ou de la fourniture.

L'attention est attirée sur le fait que les résultats mentionnés par le présent rapport ont été obtenus avec l'échantillon défini ci-dessus mais que la portée et les conclusions à tirer de ces résultats :
 n'ont pas été demandées par le donneur d'ordre. font l'objet d'un document séparé.
 sont indiquées dans le présent rapport d'essai en application du texte de référence fixé par le donneur d'ordre.

RAPPORT D'ESSAI DE PERMEABILITE AUX GAZ SUR BETON DURCI

XP P18-463

Chantier : FastCarb

N°Essai : E2100201198

Résultats

Échéances	Date de mesure	Perméabilité (10 ⁻¹⁸ m ²)			Teneur en eau (%)			Perte de masse (%)		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C
7 jours	18/01/2022	x	x	x	5,9%	6,0%	5,8%	0,9%	0,7%	1,0%
28 jours	08/02/2022	6	4	10	3,2%	4,5%	3,0%	3,4%	2,2%	3,6%
> 28 jours	03/03/2022	73,92	57,84	70,94	0,0%	0,0%	0,0%	6,4%	6,4%	6,5%

Échéances	Moyennes		
	Perméabilité (10 ⁻¹⁸ m ²)	Teneur en eau (%)	Perte de masse (%)
7 jours	Non mesurable	5,9%	0,9%
28 jours	7	3,6%	3,1%
> 28 jours	67,57	0,0%	6,4%

Durabilité potentielle →	Classes et valeurs limites				
	Très faible	Faible	Moyenne	Elevée	Très élevée
Perméabilité apparente aux gaz (à Pentrée=0.2MPa et après étuvage à 105°C (10 ⁻¹⁸ m ²) K _{g,az}	> 1000	300 à 1000	100 à 300	10 à 100	< 10

Tableau des classes limites (indicatives) relatives aux indicateurs de durabilité pour un essai débuté après 90 jours de conservation
(AFGC: Conception des bétons pour une durée de vie donnée des ouvrages)

Observations :

Le : 07/03/2022

Le technicien : J.FOSSAT

Nom : F.GEFFRAY

Fonction : Responsable R&D

Visa :



indice 0

2/2



La reproduction de ce rapport d'essai n'est autorisée que sous sa forme intégrale, il comporte 2 pages.
Les essais dont les résultats figurent ci-dessus ont été exécutés conformément aux normes AFNOR sauf indication contraire en observation.
Les échantillons sont éliminés après essai sauf demande expresse du donneur d'ordre.
Les essais faisant l'objet du présent rapport portent sur un échantillon prélevé dans certaines conditions. Leur représentativité est liée à celle de l'échantillon et ne peut être étendue à l'ensemble de la production ou de la fourniture.

L'attention est attirée sur le fait que les résultats mentionnés par le présent rapport ont été obtenus avec l'échantillon défini ci-dessus mais que la portée et les conclusions à tirer de ces résultats :
 n'ont pas été demandées par le donneur d'ordre. font l'objet d'un document séparé.
 sont indiquées dans le présent rapport d'essai en application du texte de référence fixé par le donneur d'ordre.

Annexe 2 – Résistivité et chlorures

	Procédure d'exécution Essais sur béton durci en laboratoire
	Essai accéléré de migration des ions chlorure en régime non-stationnaire: Détermination du coefficient de diffusion apparent des ions chlorure

Département Infrastructures, Risques et Matériaux - Groupe de recherche DIMA

Objet : Essai de migration - Projet FastCarb	Rapport d'essai N° :
---	----------------------------

Essai établi selon la norme :
Essai accéléré de migration des ions chlorure en régime non-stationnaire :
 Détermination du coefficient de diffusion apparent des ions chlorure **XP P 18-462** (Juin 2012)

Référence produit	Type d'éprouvette	Date de fabrication	Âge du béton	Durée des essais
B1	Cylindrique : φ = 11cm; H = 5cm	S18/2021	> 3 mois	10 heures

Béton	B1	
Echantillons	1-M	2-M
Epaisseur (e [m])	0,051	0,051
ΔE [V]	26,7	27,6
α [-]	0,0106	0,0104
Xd [m]	0,016	0,021
Dapp [m².s-1]	19,9E-12	25,0E-12
Dapp-Moy [m².s-1]	22,5E-12	
Ecart [m².s-1]	3,6E-12	

Observation(s) :	
Destinataire(s) :	A Sourdun, le Etabli par le chargé d'essai : Florencio THARLADIERE et validé par : Amor BEN FRAJ

Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement
 Direction territoriale Ile-de-France – 120 route de Paris – BP 216 – Sourdun – 77487 Provins Cedex
 Tél : 01 60 52 31 31 – Fax : 01 60 52 34 00 – mail : dteridf.cerema@cerema.fr
 Siège social : Cité des Mobilités - 25, avenue François Mitterrand - CS 92 803 - F-69674 Bron Cedex - Tél : +33 (0)4 72 14 30 30
 Établissement public - Siret : 130 018 310 00339 - TVA Intracommunautaire : FR 94 130018310 - www.cerema.fr

	<p>Procédure d'exécution Essais sur béton durci en laboratoire Mesure de la résistivité électrique</p>
---	--

Département Infrastructures, Risques et Matériaux - Groupe de recherche DIMA

<p>Objet : Essai de résistivité électrique - Projet FastCarb</p>	<p>Rapport d'essai N° :</p>
---	-------------------------------------

Essai établi selon la norme :
Mesure de la résistivité électrique XP P 18-481

Référence produit	Type d'éprouvette	Date de fabrication	Âge du béton
B1	Cylindrique : 11cm*22cm	S18/2021	> 3 mois

Béton	B1
Résistance (Ω)	3700
Résistivité électrique (Ω.m)	163

<p>Observation(s) :</p>	
<p>Destinataire(s) :</p>	<p>A Sourdun, le Etabli par le chargé d'essai : Florencio THARLADIERE et validé par : Amor BEN FRAJ</p>

Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement
 Direction territoriale Ile-de-France – 120 route de Paris – BP 216 – Sourdun – 77487 Provins Cedex
 Tél : 01 60 52 31 31 – Fax : 01 60 52 34 00 – mail : dteridf.cerema@cerema.fr
 Siège social : Cité des Mobilités - 25, avenue François Mitterrand - CS 92 803 - F-69674 Bron Cedex - Tél : +33 (0)4 72 14 30 30
 Établissement public - Siret : 130 018 310 00339 - TVA Intracommunautaire : FR 94 130018310 - www.cerema.fr

	Procédure d'exécution Essais sur béton durci en laboratoire
	Essai accéléré de migration des ions chlorure en régime non-stationnaire: Détermination du coefficient de diffusion apparent des ions chlorure

Département Infrastructures, Risques et Matériaux - Groupe de recherche DIMA

Objet : Essai de migration - Projet FastCarb	Rapport d'essai N° :
---	-----------------------------

Essai établi selon la norme :
*Essai accéléré de migration des ions chlorure en régime non-stationnaire :
 Détermination du coefficient de diffusion apparent des ions chlorure **XP P 18-462** (Juin 2012)*

Référence produit	Type d'éprouvette	Date de fabrication	Âge du béton	Durée des essais
B2	Cylindrique : φ = 11cm; H = 5cm	S20/2021	> 3 mois	10 heures

Béton	B2	
Echantillons	1-M	2-M
Epaisseur (e [m])	0,05	0,051
ΔE [V]	27,0	27,0
α [-]	0,0104	0,0106
Xd [m]	0,027	0,025
Dapp [m².s-1]	32,8E-12	31,2E-12
Dapp-Moy [m².s-1]	32,0E-12	
Ecart [m².s-1]	1,2E-12	

Observation(s) :	
Destinataire(s) :	A Sourdun, le Etabli par le chargé d'essai : Florencio THARLADIERE et validé par : Amor BEN FRAJ

Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement
 Direction territoriale Ile-de-France – 120 route de Paris – BP 216 – Sourdun – 77487 Provins Cedex
 Tél : 01 60 52 31 31 – Fax : 01 60 52 34 00 – mail : dteridf.cerema@cerema.fr
 Siège social : Cité des Mobilités - 25, avenue François Mitterrand - CS 92 803 - F-69674 Bron Cedex - Tél : +33 (0)4 72 14 30 30
 Établissement public - Siret : 130 018 310 00339 - TVA Intracommunautaire : FR 94 130018310 - www.cerema.fr

	<p>Procédure d'exécution Essais sur béton durci en laboratoire Mesure de la résistivité électrique</p>
---	--

Département Infrastructures, Risques et Matériaux - Groupe de recherche DIMA

<p>Objet : Essai de résistivité électrique - Projet FastCarb</p>	<p>Rapport d'essai N° :</p>
---	-------------------------------------

Essai établi selon la norme :
Mesure de la résistivité électrique XP P 18-481

Référence produit	Type d'éprouvette	Date de fabrication	Âge du béton
B2	Cylindrique	S20/2021	> 3 mois

Béton	B2
Résistance (Ω)	3400
Résistivité électrique ($\Omega.m$)	148

<p>Observation(s) :</p>	
<p>Destinataire(s) :</p>	<p>A Sourdun, le Établi par le chargé d'essai : Florencio THARLADIERE et validé par : Amor BEN FRAJ</p>

Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement
 Direction territoriale Ile-de-France – 120 route de Paris – BP 216 – Sourdun – 77487 Provins Cedex
 Tél : 01 60 52 31 31 – Fax : 01 60 52 34 00 – mail : dteridf.cerema@cerema.fr
 Siège social : Cité des Mobilités - 25, avenue François Mitterrand - CS 92 803 - F-69674 Bron Cedex - Tél : +33 (0)4 72 14 30 30
 Établissement public - Siret : 130 018 310 00339 - TVA Intracommunautaire : FR 94 130018310 - www.cerema.fr

	Procédure d'exécution Essais sur béton durci en laboratoire
	Essai accéléré de migration des ions chlorure en régime non-stationnaire: Détermination du coefficient de diffusion apparent des ions chlorure

Département Infrastructures, Risques et Matériaux - Groupe de recherche DIMA

Objet : Essai de migration - Projet FastCarb	Rapport d'essai N° :
---	-----------------------------

Essai établi selon la norme :
*Essai accéléré de migration des ions chlorure en régime non-stationnaire :
 Détermination du coefficient de diffusion apparent des ions chlorure **XP P 18-462** (Juin 2012)*

Référence produit	Type d'éprouvette	Date de fabrication	Âge du béton	Durée des essais
B3	Cylindrique : φ = 11cm; H = 5cm	S22/2021	> 3mois	10 heures

Béton	B3	
Echantillons	1-M	2-M
Epaisseur (e [m])	0,052	0,051
ΔE [V]	28,8	30,4
α [-]	0,0103	0,0106
Xd [m]	0,029	0,027
Dapp [m².s-1]	35,0E-12	29,2E-12
Dapp-Moy [m².s-1]	32,1E-12	
Ecart [m².s-1]	4,2E-12	

Observation(s) :	
Destinataire(s) :	A Sourdun, le Etabli par le chargé d'essai : Florencio THARLADIERE et validé par : Amor BEN FRAJ

Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement
 Direction territoriale Ile-de-France – 120 route de Paris – BP 216 – Sourdun – 77487 Provins Cedex
 Tél : 01 60 52 31 31 – Fax : 01 60 52 34 00 – mail : dteridf.cerema@cerema.fr
 Siège social : Cité des Mobilités - 25, avenue François Mitterrand - CS 92 803 - F-69674 Bron Cedex - Tél : +33 (0)4 72 14 30 30
 Établissement public - Siret : 130 018 310 00339 - TVA Intracommunautaire : FR 94 130018310 - www.cerema.fr

	Procédure d'exécution Essais sur béton durci en laboratoire Mesure de la résistivité électrique
---	---

Département Infrastructures, Risques et Matériaux - Groupe de recherche DIMA

Objet : Essai de résistivité électrique - Projet FastCarb	Rapport d'essai N° :
--	----------------------------

Essai établi selon la norme :
Mesure de la résistivité électrique XP P 18-481

Référence produit	Type d'éprouvette	Date de fabrication	Âge du béton
B3	Cylindrique	S22/2021	> 3 mois

Béton	B3
Résistance (Ω)	4400
Résistivité électrique ($\Omega.m$)	193

Observation(s) :	
Destinataire(s) :	A Sourdun, le Établi par le chargé d'essai : Florencio THARLADIERE et validé par : Amor BEN FRAJ

Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement
 Direction territoriale Ile-de-France – 120 route de Paris – BP 216 – Sourdun – 77487 Provins Cedex
 Tél : 01 60 52 31 31 – Fax : 01 60 52 34 00 – mail : dteridf.cerema@cerema.fr
 Siège social : Cité des Mobilités - 25, avenue François Mitterrand - CS 92 803 - F-69674 Bron Cedex - Tél : +33 (0)4 72 14 30 30
 Établissement public - Siret : 130 018 310 00339 - TVA Intracommunautaire : FR 94 130018310 - www.cerema.fr

	Procédure d'exécution Essais sur béton durci en laboratoire
	Essai accéléré de migration des ions chlorure en régime non-stationnaire: Détermination du coefficient de diffusion apparent des ions chlorure

Département Infrastructures, Risques et Matériaux - Groupe de recherche DIMA

Objet : Essai de migration - Projet FastCarb	Rapport d'essai N° :
---	-----------------------------

Essai établi selon la norme :
*Essai accéléré de migration des ions chlorure en régime non-stationnaire :
 Détermination du coefficient de diffusion apparent des ions chlorure **XP P 18-462** (Juin 2012)*

Référence produit	Type d'éprouvette	Date de fabrication	Âge du béton	Durée des essais
B4	Cylindrique : φ = 11cm; H = 5cm	S24/2021	>3 mois	10 heures

Béton	B4	
Echantillons	2-M	3-M
Epaisseur (e [m])	0,052	0,051
ΔE [V]	28,6	30,1
α [-]	0,0104	0,0100
Xd [m]	0,030	0,030
Dapp [m ² .s-1]	35,5E-12	33,7E-12
Dapp-Moy [m ² .s-1]	34,6E-12	
Ecart [m ² .s-1]	1,3E-12	

Observation(s) :	
Destinataire(s) :	A Sourdun, le Etabli par le chargé d'essai : Florencio THARLADIERE et validé par : Amor BEN FRAJ

Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement
 Direction territoriale Ile-de-France – 120 route de Paris – BP 216 – Sourdun – 77487 Provins Cedex
 Tél : 01 60 52 31 31 – Fax : 01 60 52 34 00 – mail : dteridf.cerema@cerema.fr
 Siège social : Cité des Mobilités - 25, avenue François Mitterrand - CS 92 803 - F-69674 Bron Cedex - Tél : +33 (0)4 72 14 30 30
 Établissement public - Siret : 130 018 310 00339 - TVA Intracommunautaire : FR 94 130018310 - www.cerema.fr

	<p>Procédure d'exécution Essais sur béton durci en laboratoire Mesure de la résistivité électrique</p>
---	--

Département Infrastructures, Risques et Matériaux - Groupe de recherche DIMA

<p>Objet : Essai de résistivité électrique - Projet FastCarb</p>	<p>Rapport d'essai N° :</p>
---	------------------------------------

Essai établi selon la norme :
*Mesure de la résistivité électrique **XP P 18-481***

Référence produit	Type d'éprouvette	Date de fabrication	Âge du béton
B4	Cylindrique	S24/2021	> 3 mois

Béton	B4
Résistance (Ω)	4000
Résistivité électrique ($\Omega.m$)	176

Observation(s) :	
Destinataire(s) :	<p>A Sourdun, le Établi par le chargé d'essai : Florencio THARLADIERE et validé par : Amor BEN FRAJ</p>

Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement
 Direction territoriale Ile-de-France – 120 route de Paris – BP 216 – Sourdun – 77487 Provins Cedex
 Tél : 01 60 52 31 31 – Fax : 01 60 52 34 00 – mail : dteridf.cerema@cerema.fr
 Siège social : Cité des Mobilités - 25, avenue François Mitterrand - CS 92 803 - F-69674 Bron Cedex - Tél : +33 (0)4 72 14 30 30
 Établissement public - Siret : 130 018 310 00339 - TVA Intracommunautaire : FR 94 130018310 - www.cerema.fr

	Procédure d'exécution Essais sur béton durci en laboratoire
	Essai accéléré de migration des ions chlorure en régime non-stationnaire: Détermination du coefficient de diffusion apparent des ions chlorure

Département Infrastructures, Risques et Matériaux - Groupe de recherche DIMA

Objet : Essai de migration - Projet FastCarb	Rapport d'essai N° :
---	-----------------------------

Essai établi selon la norme :
*Essai accéléré de migration des ions chlorure en régime non-stationnaire :
 Détermination du coefficient de diffusion apparent des ions chlorure **XP P 18-462** (Juin 2012)*

Référence produit	Type d'éprouvette	Date de fabrication	Âge du béton	Durée des essais
B5	Cylindrique : φ = 11cm; H = 5cm	S26/2021	> 3mois	10 heures

Béton	B5	
Echantillons	2-M	3-M
Epaisseur (e [m])	0,051	0,051
ΔE [V]	25,9	25,9
α [-]	0,0107	0,0108
Xd [m]	0,030	0,029
Dapp [m ² .s ⁻¹]	38,1E-12	37,5E-12
Dapp-Moy [m ² .s ⁻¹]	37,8E-12	
Ecart [m ² .s ⁻¹]	4,5E-13	

Observation(s) :	
Destinataire(s) :	A Sourdun, le Etabli par le chargé d'essai : Florencio THARLADIERE et validé par : Amor BEN FRAJ

Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement

Direction territoriale Ile-de-France – 120 route de Paris – BP 216 – Sourdun – 77487 Provins Cedex

Tél : 01 60 52 31 31 – Fax : 01 60 52 34 00 – mail : dteridf.cerema@cerema.fr

Siège social : Cité des Mobilités - 25, avenue François Mitterrand - CS 92 803 - F-69674 Bron Cedex - Tél : +33 (0)4 72 14 30 30

Établissement public - Siret : 130 018 310 00339 - TVA Intracommunautaire : FR 94 130018310 - www.cerema.fr

	<p>Procédure d'exécution Essais sur béton durci en laboratoire Mesure de la résistivité électrique</p>
---	--

Département Infrastructures, Risques et Matériaux - Groupe de recherche DIMA

<p>Objet : Essai de résistivité électrique - Projet FastCarb</p>	<p>Rapport d'essai N° :</p>
---	--

Essai établi selon la norme :
*Mesure de la résistivité électrique **XP P 18-481***

Référence produit	Type d'éprouvette	Date de fabrication	Âge du béton
B5	Cylindrique	S26/2021	> 3 mois

Béton	B5
Résistance (Ω)	2800
Résistivité électrique ($\Omega.m$)	123

Observation(s) :	
Destinataire(s) :	<p>A Sourdun, le Établi par le chargé d'essai : Florencio THARLADIERE et validé par : Amor BEN FRAJ</p>

Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement
 Direction territoriale Ile-de-France – 120 route de Paris – BP 216 – Sourdun – 77487 Provins Cedex
 Tél : 01 60 52 31 31 – Fax : 01 60 52 34 00 – mail : dteridf.cerema@cerema.fr
 Siège social : Cité des Mobilités - 25, avenue François Mitterrand - CS 92 803 - F-69674 Bron Cedex - Tél : +33 (0)4 72 14 30 30
 Établissement public - Siret : 130 018 310 00339 - TVA Intracommunautaire : FR 94 130018310 - www.cerema.fr

	Procédure d'exécution Essais sur béton durci en laboratoire
	Essai accéléré de migration des ions chlorure en régime non-stationnaire: Détermination du coefficient de diffusion apparent des ions chlorure

Département Infrastructures, Risques et Matériaux - Groupe de recherche DIMA

Objet : Essai de migration - Projet FastCarb	Rapport d'essai N° :
---	-----------------------------

Essai établi selon la norme :
*Essai accéléré de migration des ions chlorure en régime non-stationnaire :
 Détermination du coefficient de diffusion apparent des ions chlorure **XP P 18-462** (Juin 2012)*

Référence produit	Type d'éprouvette	Date de fabrication	Âge du béton	Durée des essais
B6	Cylindrique : φ = 11cm; H = 5cm	S28/2021	> 3 mois	10 heures

Béton	B6	
Echantillons	1-M	2-M
Epaisseur (e [m])	0,050	0,051
ΔE [V]	26,2	26,1
α [-]	0,0106	0,0107
Xd [m]	0,023	0,026
Dapp [m².s-1]	28,9E-12	33,0E-12
Dapp-Moy [m².s-1]	30,9E-12	
Ecart [m².s-1]	2,9E-12	

Observation(s) :	
Destinataire(s) :	A Sourdun, le Etabli par le chargé d'essai : Florencio THARLADIERE et validé par : Amor BEN FRAJ

Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement
 Direction territoriale Ile-de-France – 120 route de Paris – BP 216 – Sourdun – 77487 Provins Cedex
 Tél : 01 60 52 31 31 – Fax : 01 60 52 34 00 – mail : dteridf.cerema@cerema.fr
 Siège social : Cité des Mobilités - 25, avenue François Mitterrand - CS 92 803 - F-69674 Bron Cedex - Tél : +33 (0)4 72 14 30 30
 Établissement public - Siret : 130 018 310 00339 - TVA Intracommunautaire : FR 94 130018310 - www.cerema.fr

	Procédure d'exécution Essais sur béton durci en laboratoire Mesure de la résistivité électrique
---	---

Département Infrastructures, Risques et Matériaux - Groupe de recherche DIMA

Objet : Essai de résistivité électrique - Projet FastCarb	Rapport d'essai N° :
--	-----------------------------

Essai établi selon la norme :
*Mesure de la résistivité électrique **XP P 18-481***

Référence produit	Type d'éprouvette	Date de fabrication	Âge du béton
B6	Cylindrique	S28/2021	> 3 mois

Béton	B6
Résistance (Ω)	3300
Résistivité électrique ($\Omega.m$)	141

Observation(s) :	
Destinataire(s) :	A Sourdun, le Établi par le chargé d'essai : Florencio THARLADIERE et validé par : Amor BEN FRAJ

Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement
 Direction territoriale Ile-de-France – 120 route de Paris – BP 216 – Sourdun – 77487 Provins Cedex
 Tél : 01 60 52 31 31 – Fax : 01 60 52 34 00 – mail : dteridf.cerema@cerema.fr
 Siège social : Cité des Mobilités - 25, avenue François Mitterrand - CS 92 803 - F-69674 Bron Cedex - Tél : +33 (0)4 72 14 30 30
 Établissement public - Siret : 130 018 310 00339 - TVA Intracommunautaire : FR 94 130018310 - www.cerema.fr

	Procédure d'exécution Essais sur béton durci en laboratoire
	Essai accéléré de migration des ions chlorure en régime non-stationnaire: Détermination du coefficient de diffusion apparent des ions chlorure

Département Infrastructures, Risques et Matériaux - Groupe de recherche DIMA

Objet : Essai de migration - Projet FastCarb	Rapport d'essai N° :
---	-----------------------------

Essai établi selon la norme :
*Essai accéléré de migration des ions chlorure en régime non-stationnaire :
 Détermination du coefficient de diffusion apparent des ions chlorure **XP P 18-462** (Juin 2012)*

Référence produit	Type d'éprouvette	Date de fabrication	Âge du béton	Durée des essais
B7	Cylindrique : φ = 11cm; H = 5cm	S31/2021	> 3 mois	10 heures

Béton	B7	
Echantillons	1-M	2-M
Epaisseur (e [m])	0,051	0,051
ΔE [V]	27,1	27,9
α [-]	0,0105	0,0104
Xd [m]	0,033	0,033
Dapp [m ² .s-1]	40,5E-12	39,7E-12
Dapp-Moy [m ² .s-1]	40,1E-12	
Ecart [m ² .s-1]	6,2E-13	

Observation(s) :	
Destinataire(s) :	A Sourdun, le Etabli par le chargé d'essai : Florencio THARLADIERE et validé par : Amor BEN FRAJ

Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement
 Direction territoriale Ile-de-France – 120 route de Paris – BP 216 – Sourdun – 77487 Provins Cedex
 Tél : 01 60 52 31 31 – Fax : 01 60 52 34 00 – mail : dteridf.cerema@cerema.fr
 Siège social : Cité des Mobilités - 25, avenue François Mitterrand - CS 92 803 - F-69674 Bron Cedex - Tél : +33 (0)4 72 14 30 30
 Établissement public - Siret : 130 018 310 00339 - TVA Intracommunautaire : FR 94 130018310 - www.cerema.fr

	<p>Procédure d'exécution Essais sur béton durci en laboratoire Mesure de la résistivité électrique</p>
---	--

Département Infrastructures, Risques et Matériaux - Groupe de recherche DIMA

<p>Objet : Essai de résistivité électrique - Projet FastCarb</p>	<p>Rapport d'essai N° :</p>
---	--

Essai établi selon la norme :
Mesure de la résistivité électrique XP P 18-481

Référence produit	Type d'éprouvette	Date de fabrication	Âge du béton
B7	Cylindrique	S31/2021	> 3 mois

Béton	B7
Résistance (Ω)	3000
Résistivité électrique ($\Omega.m$)	202

Observation(s) :	
Destinataire(s) :	<p>A Sourdun, le Établi par le chargé d'essai : Florencio THARLADIERE et validé par : Amor BEN FRAJ</p>

Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement
 Direction territoriale Ile-de-France – 120 route de Paris – BP 216 – Sourdun – 77487 Provins Cedex
 Tél : 01 60 52 31 31 – Fax : 01 60 52 34 00 – mail : dteridf.cerema@cerema.fr
 Siège social : Cité des Mobilités - 25, avenue François Mitterrand - CS 92 803 - F-69674 Bron Cedex - Tél : +33 (0)4 72 14 30 30
 Établissement public - Siret : 130 018 310 00339 - TVA Intracommunautaire : FR 94 130018310 - www.cerema.fr

	Procédure d'exécution Essais sur béton durci en laboratoire
	Essai accéléré de migration des ions chlorure en régime non-stationnaire: Détermination du coefficient de diffusion apparent des ions chlorure

Département Infrastructures, Risques et Matériaux - Groupe de recherche DIMA

Objet : Essai de migration - Projet FastCarb	Rapport d'essai N° :
---	-----------------------------

Essai établi selon la norme :
Essai accéléré de migration des ions chlorure en régime non-stationnaire :
 Détermination du coefficient de diffusion apparent des ions chlorure **XP P 18-462** (Juin 2012)

Référence produit	Type d'éprouvette	Date de fabrication	Âge du béton	Durée des essais
B8	Cylindrique : φ = 11cm; H = 5cm	S34/2021	> 3 mois	B8-1-M : 12 h B8-2-M : 24 h

Béton	B8	
Echantillons	1-M	2-M
Epaisseur (e [m])	0,051	0,051
ΔE [V]	29,5	29,2
α [-]	0,0101	0,0101
Xd [m]	0,009	0,016
Dapp [m².s-1]	8,5E-12	7,4E-12
Dapp-Moy [m².s-1]	8,0E-12	
Ecart [m².s-1]	7,8E-13	

Observation(s) :	
Destinataire(s) :	A Sourdun, le Etabli par le chargé d'essai : Florencio THARLADIERE et validé par : Amor BEN FRAJ

Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement
 Direction territoriale Ile-de-France – 120 route de Paris – BP 216 – Sourdun – 77487 Provins Cedex
 Tél : 01 60 52 31 31 – Fax : 01 60 52 34 00 – mail : dteridf.cerema@cerema.fr
 Siège social : Cité des Mobilités - 25, avenue François Mitterrand - CS 92 803 - F-69674 Bron Cedex - Tél : +33 (0)4 72 14 30 30
 Établissement public - Siret : 130 018 310 00339 - TVA Intracommunautaire : FR 94 130018310 - www.cerema.fr

	<p>Procédure d'exécution Essais sur béton durci en laboratoire Mesure de la résistivité électrique</p>
---	--

Département Infrastructures, Risques et Matériaux - Groupe de recherche DIMA

<p>Objet : Essai de résistivité électrique - Projet FastCarb</p>	<p>Rapport d'essai N° :</p>
---	-------------------------------------

Essai établi selon la norme :
Mesure de la résistivité électrique XP P 18-481

Référence produit	Type d'éprouvette	Date de fabrication	Âge du béton
B8	Cylindrique	S34/2021	> 3 mois

Béton	B8
Résistance (Ω)	4700
Résistivité électrique ($\Omega.m$)	202

<p>Observation(s) :</p>	
<p>Destinataire(s) :</p>	<p>A Sourdun, le Établi par le chargé d'essai : Florencio THARLADIERE et validé par : Amor BEN FRAJ</p>

Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement
 Direction territoriale Ile-de-France – 120 route de Paris – BP 216 – Sourdun – 77487 Provins Cedex
 Tél : 01 60 52 31 31 – Fax : 01 60 52 34 00 – mail : dteridf.cerema@cerema.fr
 Siège social : Cité des Mobilités - 25, avenue François Mitterrand - CS 92 803 - F-69674 Bron Cedex - Tél : +33 (0)4 72 14 30 30
 Établissement public - Siret : 130 018 310 00339 - TVA Intracommunautaire : FR 94 130018310 - www.cerema.fr

	Procédure d'exécution Essais sur béton durci en laboratoire
	Essai accéléré de migration des ions chlorure en régime non-stationnaire: Détermination du coefficient de diffusion apparent des ions chlorure

Département Infrastructures, Risques et Matériaux - Groupe de recherche DIMA

Objet : Essai de migration - Projet FastCarb	Rapport d'essai N° :
---	-----------------------------

Essai établi selon la norme :
*Essai accéléré de migration des ions chlorure en régime non-stationnaire :
 Détermination du coefficient de diffusion apparent des ions chlorure **XP P 18-462** (Juin 2012)*

Référence produit	Type d'éprouvette	Date de fabrication	Âge du béton	Durée des essais
B9	Cylindrique : φ = 11cm; H = 5cm	S36/2021	> 3 mois	24 h

Béton	B9	
Echantillons	1-M	2-M
Epaisseur (e [m])	0,051	0,050
ΔE [V]	27,4	25,6
α [-]	0,0105	0,0107
Xd [m]	0,019	0,016
Dapp [m².s-1]	9,3E-12	8,1E-12
Dapp-Moy [m².s-1]	8,7E-12	
Ecart [m².s-1]	8,5E-13	

Observation(s) :	
Destinataire(s) :	A Sourdun, le Etabli par le chargé d'essai : Florencio THARLADIERE et validé par : Amor BEN FRAJ

Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement
 Direction territoriale Ile-de-France – 120 route de Paris – BP 216 – Sourdun – 77487 Provins Cedex
 Tél : 01 60 52 31 31 – Fax : 01 60 52 34 00 – mail : dteridf.cerema@cerema.fr
 Siège social : Cité des Mobilités - 25, avenue François Mitterrand - CS 92 803 - F-69674 Bron Cedex - Tél : +33 (0)4 72 14 30 30
 Établissement public - Siret : 130 018 310 00339 - TVA Intracommunautaire : FR 94 130018310 - www.cerema.fr

	<p>Procédure d'exécution Essais sur béton durci en laboratoire Mesure de la résistivité électrique</p>
---	--

Département Infrastructures, Risques et Matériaux - Groupe de recherche DIMA

<p>Objet : Essai de résistivité électrique - Projet FastCarb</p>	<p>Rapport d'essai N° :</p>
---	--

Essai établi selon la norme :
*Mesure de la résistivité électrique **XP P 18-481***

Référence produit	Type d'éprouvette	Date de fabrication	Âge du béton
B9	Cylindrique	S36/2021	> 3 mois

Béton	B9
Résistance (Ω)	3300
Résistivité électrique ($\Omega.m$)	143

Observation(s) :	
Destinataire(s) :	<p>A Sourdun, le Établi par le chargé d'essai : Florencio THARLADIERE et validé par : Amor BEN FRAJ</p>

Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement
 Direction territoriale Ile-de-France – 120 route de Paris – BP 216 – Sourdun – 77487 Provins Cedex
 Tél : 01 60 52 31 31 – Fax : 01 60 52 34 00 – mail : dteridf.cerema@cerema.fr
 Siège social : Cité des Mobilités - 25, avenue François Mitterrand - CS 92 803 - F-69674 Bron Cedex - Tél : +33 (0)4 72 14 30 30
 Établissement public - Siret : 130 018 310 00339 - TVA Intracommunautaire : FR 94 130018310 - www.cerema.fr

	Procédure d'exécution Essais sur béton durci en laboratoire
	Essai accéléré de migration des ions chlorure en régime non-stationnaire: Détermination du coefficient de diffusion apparent des ions chlorure

Département Infrastructures, Risques et Matériaux - Groupe de recherche DIMA

Objet : Essai de migration - Projet FastCarb	Rapport d'essai N° :
---	-----------------------------

Essai établi selon la norme :
*Essai accéléré de migration des ions chlorure en régime non-stationnaire :
 Détermination du coefficient de diffusion apparent des ions chlorure **XP P 18-462** (Juin 2012)*

Référence produit	Type d'éprouvette	Date de fabrication	Âge du béton	Durée des essais
B10	Cylindrique : φ = 11cm; H = 5cm	S38/2021	> 3 mois	24 h

Béton	B10	
Echantillons	1-M	2-M
Epaisseur (e [m])	0,052	0,051
ΔE [V]	27,3	25,4
α [-]	0,0106	0,0109
Xd [m]	0,017	0,016
Dapp [m².s-1]	8,4E-12	8,8E-12
Dapp-Moy [m².s-1]	8,6E-12	
Ecart [m².s-1]	2,4E-13	

Observation(s) :	
Destinataire(s) :	A Sourdun, le Etabli par le chargé d'essai : Florencio THARLADIERE et validé par : Amor BEN FRAJ

Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement
 Direction territoriale Ile-de-France – 120 route de Paris – BP 216 – Sourdun – 77487 Provins Cedex
 Tél : 01 60 52 31 31 – Fax : 01 60 52 34 00 – mail : dteridf.cerema@cerema.fr
 Siège social : Cité des Mobilités - 25, avenue François Mitterrand - CS 92 803 - F-69674 Bron Cedex - Tél : +33 (0)4 72 14 30 30
 Établissement public - Siret : 130 018 310 00339 - TVA Intracommunautaire : FR 94 130018310 - www.cerema.fr

	<p>Procédure d'exécution Essais sur béton durci en laboratoire Mesure de la résistivité électrique</p>
---	--

Département Infrastructures, Risques et Matériaux - Groupe de recherche DIMA

<p>Objet : Essai de résistivité électrique - Projet FastCarb</p>	<p>Rapport d'essai N° :</p>
---	------------------------------------

Essai établi selon la norme :
*Mesure de la résistivité électrique **XP P 18-481***

Référence produit	Type d'éprouvette	Date de fabrication	Âge du béton
B10	Cylindrique	S38/2021	> 3 mois

Béton	B10
Résistance (Ω)	5000
Résistivité électrique ($\Omega.m$)	217

Observation(s) :	
Destinataire(s) :	<p>A Sourdun, le Établi par le chargé d'essai : Florencio THARLADIERE et validé par : Amor BEN FRAJ</p>

Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement
 Direction territoriale Ile-de-France – 120 route de Paris – BP 216 – Sourdun – 77487 Provins Cedex
 Tél : 01 60 52 31 31 – Fax : 01 60 52 34 00 – mail : dteridf.cerema@cerema.fr
 Siège social : Cité des Mobilités - 25, avenue François Mitterrand - CS 92 803 - F-69674 Bron Cedex - Tél : +33 (0)4 72 14 30 30
 Établissement public - Siret : 130 018 310 00339 - TVA Intracommunautaire : FR 94 130018310 - www.cerema.fr

	Procédure d'exécution Essais sur béton durci en laboratoire
	Essai accéléré de migration des ions chlorure en régime non-stationnaire: Détermination du coefficient de diffusion apparent des ions chlorure

Département Infrastructures, Risques et Matériaux - Groupe de recherche DIMA

Objet : Essai de migration - Projet FastCarb	Rapport d'essai N° :
---	-----------------------------

Essai établi selon la norme :
Essai accéléré de migration des ions chlorure en régime non-stationnaire :
 Détermination du coefficient de diffusion apparent des ions chlorure **XP P 18-462** (Juin 2012)

Référence produit	Type d'éprouvette	Date de fabrication	Âge du béton	Durée des essais
B11	Cylindrique : φ = 11cm; H = 5cm	S40/2021	> 3 mois	24 h

Béton	B11	
Echantillons	1-M	2-M
Epaisseur (e [m])	0,051	0,051
ΔE [V]	27,6	26,6
α [-]	0,0104	0,0106
Xd [m]	0,019	0,017
Dapp [m².s-1]	9,6E-12	8,6E-12
Dapp-Moy [m².s-1]	9,1E-12	
Ecart [m².s-1]	6,8E-13	

Observation(s) :	
Destinataire(s) :	A Sourdun, le Etabli par le chargé d'essai : Florencio THARLADIERE et validé par : Amor BEN FRAJ

Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement
 Direction territoriale Ile-de-France – 120 route de Paris – BP 216 – Sourdun – 77487 Provins Cedex
 Tél : 01 60 52 31 31 – Fax : 01 60 52 34 00 – mail : dteridf.cerema@cerema.fr
 Siège social : Cité des Mobilités - 25, avenue François Mitterrand - CS 92 803 - F-69674 Bron Cedex - Tél : +33 (0)4 72 14 30 30
 Établissement public - Siret : 130 018 310 00339 - TVA Intracommunautaire : FR 94 130018310 - www.cerema.fr

	<p>Procédure d'exécution Essais sur béton durci en laboratoire Mesure de la résistivité électrique</p>
---	--

Département Infrastructures, Risques et Matériaux - Groupe de recherche DIMA

<p>Objet : Essai de résistivité électrique - Projet FastCarb</p>	<p>Rapport d'essai N° :</p>
---	--

Essai établi selon la norme :
*Mesure de la résistivité électrique **XP P 18-481***

Référence produit	Type d'éprouvette	Date de fabrication	Âge du béton
B11	Cylindrique	S40/2021	> 3 mois

Béton	B11
Résistance (Ω)	5600
Résistivité électrique ($\Omega.m$)	244

Observation(s) :	
Destinataire(s) :	<p>A Sourdun, le Établi par le chargé d'essai : Florencio THARLADIERE et validé par : Amor BEN FRAJ</p>

Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement
 Direction territoriale Ile-de-France – 120 route de Paris – BP 216 – Sourdun – 77487 Provins Cedex
 Tél : 01 60 52 31 31 – Fax : 01 60 52 34 00 – mail : dteridf.cerema@cerema.fr
 Siège social : Cité des Mobilités - 25, avenue François Mitterrand - CS 92 803 - F-69674 Bron Cedex - Tél : +33 (0)4 72 14 30 30
 Établissement public - Siret : 130 018 310 00339 - TVA Intracommunautaire : FR 94 130018310 - www.cerema.fr

	Procédure d'exécution Essais sur béton durci en laboratoire
	Essai accéléré de migration des ions chlorure en régime non-stationnaire: Détermination du coefficient de diffusion apparent des ions chlorure

Département Infrastructures, Risques et Matériaux - Groupe de recherche DIMA

Objet : Essai de migration - Projet FastCarb	Rapport d'essai N° :
---	-----------------------------

Essai établi selon la norme :
*Essai accéléré de migration des ions chlorure en régime non-stationnaire :
 Détermination du coefficient de diffusion apparent des ions chlorure **XP P 18-462** (Juin 2012)*

Référence produit	Type d'éprouvette	Date de fabrication	Âge du béton	Durée des essais
B12	Cylindrique : φ = 11cm; H = 5cm	S42/2021	> 3 mois	24 h

Béton	B12	
Echantillons	1-M	2-M
Epaisseur (e [m])	0,050	0,051
ΔE [V]	28,3	26,6
α [-]	0,0102	0,0106
Xd [m]	0,024	0,018
Dapp [m².s-1]	11,7E-12	9,0E-12
Dapp-Moy [m².s-1]	10,4E-12	
Ecart [m².s-1]	1,9E-12	

Observation(s) :	
Destinataire(s) :	A Sourdun, le Etabli par le chargé d'essai : Florencio THARLADIERE et validé par : Amor BEN FRAJ

Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement
 Direction territoriale Ile-de-France – 120 route de Paris – BP 216 – Sourdun – 77487 Provins Cedex
 Tél : 01 60 52 31 31 – Fax : 01 60 52 34 00 – mail : dteridf.cerema@cerema.fr
 Siège social : Cité des Mobilités - 25, avenue François Mitterrand - CS 92 803 - F-69674 Bron Cedex - Tél : +33 (0)4 72 14 30 30
 Établissement public - Siret : 130 018 310 00339 - TVA Intracommunautaire : FR 94 130018310 - www.cerema.fr

	<p>Procédure d'exécution Essais sur béton durci en laboratoire Mesure de la résistivité électrique</p>
---	--

Département Infrastructures, Risques et Matériaux - Groupe de recherche DIMA

<p>Objet : Essai de résistivité électrique - Projet FastCarb</p>	<p>Rapport d'essai N° :</p>
---	--

Essai établi selon la norme :
Mesure de la résistivité électrique XP P 18-481

Référence produit	Type d'éprouvette	Date de fabrication	Âge du béton
B12	Cylindrique	S42/2021	> 3 mois

Béton	B12
Résistance (Ω)	6800
Résistivité électrique ($\Omega.m$)	295

Observation(s) :	
Destinataire(s) :	<p>A Sourdun, le Établi par le chargé d'essai : Florencio THARLADIERE et validé par : Amor BEN FRAJ</p>

Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement
 Direction territoriale Ile-de-France – 120 route de Paris – BP 216 – Sourdun – 77487 Provins Cedex
 Tél : 01 60 52 31 31 – Fax : 01 60 52 34 00 – mail : dteridf.cerema@cerema.fr
 Siège social : Cité des Mobilités - 25, avenue François Mitterrand - CS 92 803 - F-69674 Bron Cedex - Tél : +33 (0)4 72 14 30 30
 Établissement public - Siret : 130 018 310 00339 - TVA Intracommunautaire : FR 94 130018310 - www.cerema.fr

	Procédure d'exécution Essais sur béton durci en laboratoire
	Essai accéléré de migration des ions chlorure en régime non-stationnaire: Détermination du coefficient de diffusion apparent des ions chlorure

Département Infrastructures, Risques et Matériaux - Groupe de recherche DIMA

Objet : Essai de migration - Projet FastCarb	Rapport d'essai N° :
---	-----------------------------

Essai établi selon la norme :
*Essai accéléré de migration des ions chlorure en régime non-stationnaire :
 Détermination du coefficient de diffusion apparent des ions chlorure **XP P 18-462** (Juin 2012)*

Référence produit	Type d'éprouvette	Date de fabrication	Âge du béton	Durée des essais
B13	Cylindrique : φ = 11cm; H = 5cm	S44/2021	> 3 mois	24 h

Béton	B13	
Echantillons	1-M	2-M
Epaisseur (e [m])	0,050	0,050
ΔE [V]	28,0	28,2
α [-]	0,0103	0,0102
Xd [m]	0,018	0,017
Dapp [m².s-1]	8,5E-12	8,0E-12
Dapp-Moy [m².s-1]	8,3E-12	
Ecart [m².s-1]	3,4E-13	

Observation(s) :	
Destinataire(s) :	A Sourdun, le Etabli par le chargé d'essai : Florencio THARLADIERE et validé par : Amor BEN FRAJ

Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement
 Direction territoriale Ile-de-France – 120 route de Paris – BP 216 – Sourdun – 77487 Provins Cedex
 Tél : 01 60 52 31 31 – Fax : 01 60 52 34 00 – mail : dteridf.cerema@cerema.fr
 Siège social : Cité des Mobilités - 25, avenue François Mitterrand - CS 92 803 - F-69674 Bron Cedex - Tél : +33 (0)4 72 14 30 30
 Établissement public - Siret : 130 018 310 00339 - TVA Intracommunautaire : FR 94 130018310 - www.cerema.fr

	Procédure d'exécution Essais sur béton durci en laboratoire
	Essai accéléré de migration des ions chlorure en régime non-stationnaire: Détermination du coefficient de diffusion apparent des ions chlorure

Département Infrastructures, Risques et Matériaux - Groupe de recherche DIMA

Objet : Essai de migration - Projet FastCarb	Rapport d'essai N° :
---	-----------------------------

Essai établi selon la norme :
Essai accéléré de migration des ions chlorure en régime non-stationnaire :
 Détermination du coefficient de diffusion apparent des ions chlorure **XP P 18-462** (Juin 2012)

Référence produit	Type d'éprouvette	Date de fabrication	Âge du béton	Durée des essais
B14	Cylindrique : φ = 11cm; H = 5cm	S47/2021	> 3mois	24 h

Béton	B14	
Echantillons	1-M	3-M
Epaisseur (e [m])	0,050	0,050
ΔE [V]	27,7	28,0
α [-]	0,0103	0,0102
Xd [m]	0,018	0,019
Dapp [m².s-1]	8,8E-12	9,0E-12
Dapp-Moy [m².s-1]	8,9E-12	
Ecart [m².s-1]	1,7E-13	

Observation(s) :	
Destinataire(s) :	A Sourdun, le Etabli par le chargé d'essai : Florencio THARLADIERE et validé par : Amor BEN FRAJ

Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement
 Direction territoriale Ile-de-France – 120 route de Paris – BP 216 – Sourdun – 77487 Provins Cedex
 Tél : 01 60 52 31 31 – Fax : 01 60 52 34 00 – mail : dteridf.cerema@cerema.fr
 Siège social : Cité des Mobilités - 25, avenue François Mitterrand - CS 92 803 - F-69674 Bron Cedex - Tél : +33 (0)4 72 14 30 30
 Établissement public - Siret : 130 018 310 00339 - TVA Intracommunautaire : FR 94 130018310 - www.cerema.fr

Annexe 3 – PV d'essais GT2.2.2 – Université de Nantes

Nom éch - Fastcarb	n°	M _{sec} (g)	M _{air} (g)	M _{eau} (g)	Porosité à l'eau (%)	Moy Porosité à l'eau (%)	Ecart type (%)
B1	1A	1249,0	1335,3	759,4	15,0	14,9	0,3
	2A	1221,8	1306,9	743,8	15,1		
	3A	1244,7	1327,8	755,5	14,5		
B2	1A	1215,1	1327,7	749,6	19,5	19,2	0,2
	2A	1202,4	1310,2	743,2	19,0		
	3A	1235,5	1348,1	759,8	19,1		
B3	1A	1056,2	1151,8	612,1	17,7	18,5	1,0
	2A	1052,7	1150,7	611,8	18,2		
	3A	1067,9	1176,5	622,2	19,6		
B4	1A	1114,2	1221,6	672,7	19,6	19,2	0,4
	2A	1154,0	1260,4	698,9	18,9		
	3A	1127,2	1232,3	677,9	19,0		
B5	1A	984,3	1172,5	613,0	33,6	24,2	9,2
	2A	1034,9	1115,8	584,0	15,2		
	3A	1012,5	1142,0	597,6	23,8		
B6	1A	961,7	1075,8	578,6	22,9	22,9	0,3
	2A	930,7	1039,1	559,7	22,6		
	3A	898,8	1007,2	538,6	23,1		
B7	1A	1055,4	1186,8	644,2	24,2	24,4	0,2
	2A	1071,9	1207,2	655,9	24,5		
	3A	1108,2	1248,4	673,6	24,4		

Tableau 1 : Valeurs de porosité accessible à l'eau mesurées sur les bétons B1 à B7

Nom éch - Fastcarb	n°	M _{sec} (g)	M _{air} (g)	M _{eau} (g)	Porosité à l'eau (%)	Moy Porosité à l'eau (%)	Ecart type (%)
B8	1A	1259,3	1331,0	778,4	13,0	13,1	0,2
	2A	1251,1	1323,0	772,5	13,1		
	3A	1231,5	1303,9	760,2	13,3		
B9	1A	1202,8	1285,4	741,3	15,2	15,0	0,2
	2A	1251,9	1334,9	771,6	14,7		
	3A	1211,6	1293,4	746,7	15,0		
B10	1A	1205,9	1293,0	729,5	15,5	15,0	1,3
	2A	1248,7	1329,4	733,2	13,5		
	3A	1211,1	1296,3	767,4	16,1		
B11	1A	1227,3	1314,8	755,8	15,7	15,2	0,5
	2A	1245,8	1329,5	760,0	14,7		
	3A	1218,0	1303,4	747,9	15,4		
B12	1A	1153,2	1254,4	706,9	18,5	18,0	0,5
	2A	1176,0	1276,9	719,1	18,1		
	3A	1160,3	1255,6	711,3	17,5		
B13	1A	1170,0	1263,4	708,6	16,8	17,3	0,4
	2A	1173,5	1267,0	730,6	17,4		
	3A	1222,3	1318,0	772,6	17,5		
B14	1A	1149,2	1244,6	682,0	17,0	17,0	0,1
	2A	1170,1	1263,3	719,5	17,1		
	3A	1207,9	1306,4	723,7	16,9		

Tableau 2 : Valeurs de porosité accessible à l'eau mesurées sur les bétons B8 à B14

Nom éch - Fastcarb	n°	M _{sec} (g)	M _{air} (g)	M _{eau} (g)	Porosité à l'eau (%)	Moy Porosité à l'eau (%)	Ecart type (%)
C1P	1A	972,0	1067,4	600,3	20,4	20,9	0,5
	2A	866,5	959,9	524,5	21,4		
	3A	904,4	998,5	549,7	21,0		
C2P	1A	953,1	1055,7	577,7	21,5	22,0	0,5
	2A	883,3	982,0	542,3	22,4		
	3A	968,0	1072,7	595,7	22,0		
NCP	1A	972,4	1070,5	592,1	20,5	20,9	0,6
	2A	973,1	1071,6	593,4	20,6		
	3A	949,6	1047,6	592,1	21,5		

Tableau 3 : Valeurs de porosité accessible à l'eau mesurées sur carottes

références Fastcarb	Temps (min)	Temps (s ^{1/2})	Qté d'eau absorbée (kg/m ²)
B1	0	0,00	0,00
	15	30,00	0,46
	30	42,43	0,63
	60	60,00	0,90
	120	84,85	1,33
	280	129,61	2,09
	480	169,71	2,79
	1440	293,94	4,95
B2	0	0,00	0,00
	35	45,83	1,12
	60	60,00	1,54
	120	84,85	2,23
	210	112,25	2,78
	450	164,32	4,32
	1440	293,94	7,94
B3	0	0,00	0,00
	17	31,94	0,61
	30	42,43	0,79
	56	57,97	1,08
	120	84,85	1,57
	280	129,61	2,49
	620	192,87	3,77
	1440	293,94	5,75
B4	0	0,00	0,00
	15	30,00	0,76
	30	42,43	1,03
	60	60,00	1,51
	120	84,85	2,13
	255	122,49	3,17
	480	169,71	4,45
	1440	293,94	7,74
B5	0	0,00	0,00
	18	32,86	0,91
	30	42,43	1,15
	60	60,00	1,54
	120	84,85	2,25
	280	120,00	3,27
	480	169,71	4,33
	1440	293,94	7,11
B6	0	0,00	0,00
	17	31,94	0,70
	30	42,43	0,94
	60	60,00	1,25
	120	84,85	1,72
	280	120,00	2,47

	480	169,71	3,41
	1380	287,75	5,41
B7	0	0,00	0,00
	15	30,00	0,90
	30	42,43	1,24
	60	60,00	1,75
	120	84,85	2,46
	280	120,00	3,43
	480	169,71	4,82
	1440	293,94	8,09

Tableau 4 : Masses d'eau absorbées en fonction du temps sur les bétons B1 à B7

références Fastcarb	Temps (min)	Temps (s ^{1/2})	Qté d'eau absorbée (kg/m ²)
B8	0	0,00	0,00
	15	30,00	0,34
	30	42,43	0,47
	60	60,00	0,62
	120	84,85	0,87
	300	134,16	1,27
	480	169,71	1,55
	1440	293,94	2,53
B9	0	0,00	0,00
	15	30,00	0,47
	30	42,43	0,64
	65	60,00	0,88
	130	88,32	1,22
	280	120,00	1,80
	480	169,71	2,51
	1440	293,94	4,37
B10	0	0,00	0,00
	20	34,64	0,56
	30	48,99	0,77
	60	60,00	0,98
	120	84,85	1,35
	280	120,00	1,93
	480	172,34	2,76
	1440	293,94	4,72
B11	0	0,00	0,00
	15	34,64	0,56
	30	48,99	0,77
	60	60,00	0,98
	120	84,85	1,34
	280	120,00	1,93
	480	169,71	2,77
	1440	293,94	4,76
B12	0	0,00	0,00
	15	34,64	0,56
	30	48,99	0,77
	60	60,00	0,99
	120	84,85	1,36
	280	120,00	1,93
	480	169,71	2,77
	1440	293,94	4,73
B13	0	0,00	0,00
	15	31,94	0,50
	30	43,82	0,70
	120	84,85	1,31

	280	120,00	1,84
	480	183,30	2,75
	1440	297,49	4,25
B14	0	0,00	0,00
	15	30,00	0,50
	30	42,43	0,67
	60	60,00	0,91
	120	84,85	1,25
	280	120,00	1,65
	480	173,21	2,39
	1440	297,99	3,91

Tableau 5 : Masses d'eau absorbées en fonction du temps sur les bétons B8 à B14

références Fastcarb	Temps (min)	Temps (s ^{1/2})	Qté d'eau absorbée (kg/m ²)
C1P	0	0,00	0,00
	15	30,00	1,30
	45	51,96	2,06
	105	79,37	2,52
	180	103,92	3,96
	240	120,00	4,48
	540	180,00	7,00
	1440	293,94	10,99
C2P	0	0,00	0,00
	18	32,86	1,33
	30	42,43	1,68
	60	60,00	2,36
	120	84,85	3,38
	280	120,00	4,85
	480	169,71	7,05
	1440	293,94	11,71
NCP	0	0,00	0,00
	15	30,00	1,28
	30	42,43	1,64
	60	60,00	2,36
	110	81,24	3,14
	300	134,16	5,30
	510	174,93	6,95
	1440	293,94	11,52

Tableau 6 : Masses d'eau absorbées en fonction du temps sur carottes

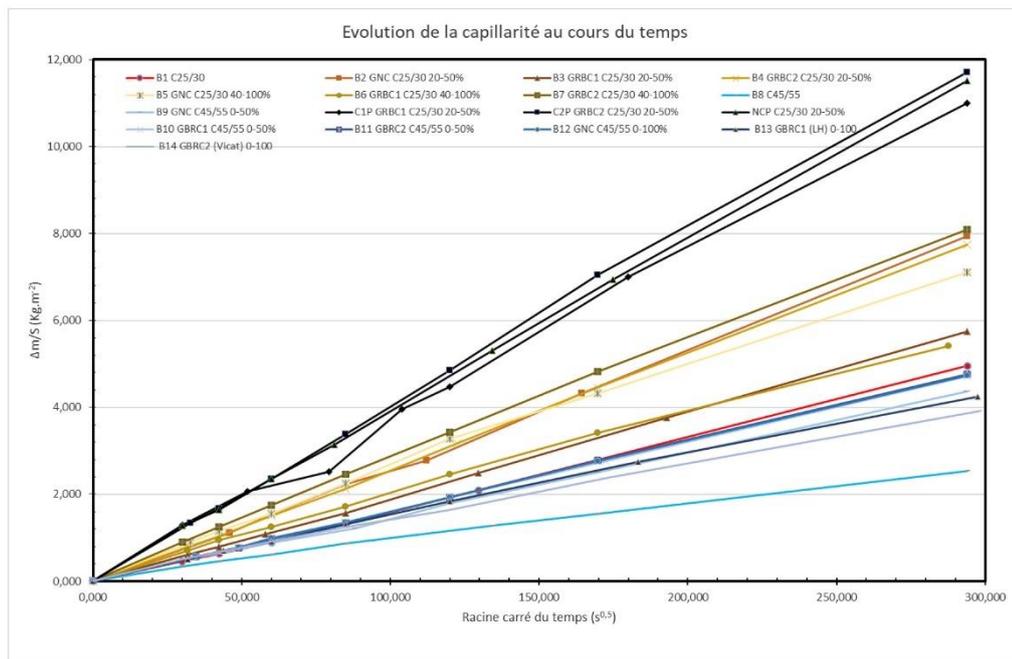


Figure 1: Evolution de la capillarité au cours du temps des bétons d'étude

	Nom Béton	Substitution (S-G)	Coefficient d'absorption (Kg.m ⁻² .s ^{-0,5})
C25/30	B1 Référence 0-0	0% - 0%	0,0151
	B2 GNC 20-50	20% - 50%	0,0244
	B3 GBRC1 (LH) 20-50	20% - 50%	0,0188
	B4 GBRC2 (Vicat) 20-50	20% - 50%	0,0245
	B5 GNC 40-100	40% - 100%	0,0273
	B6 GBRC1 (LH) 40-100	40% - 100%	0,0221
	B7 GBRC2 (Vicat) 40-100	40% - 100%	0,0294
C45/55	B8 Référence 0-0	0% - 0%	0,0111
	B9 GNC 0-50	0% - 50%	0,0152
	B10 GBRC1 (LH) 0-50	0% - 50%	0,0159
	B11 GBRC2 (Vicat) 0-50	0% - 50%	0,0158
	B12 GNC 0-100	0% - 100%	0,0159
	B13 GBRC1 (LH) 0-100	0% - 100%	0,0159
	B14 GBRC2 (Vicat) 0-100	0% - 100%	0,0159
Carottes C25/30	C1P - GBRC1 20-50	20% - 50%	0,0433
	C2P - GBRC2 20-50	20% - 50%	0,0398
	NCP - GNC 20-50	20% - 50%	0,0395

Tableau 7 : Coefficients d'absorption d'eau obtenus sur l'ensemble des bétons d'étude

Annexe 4 – Essais de carbonatation accélérée

	WBS:	0
	ETUDE:	Fastcarb
	CLIENT:	LCR
	DEMANDEUR:	G. PHAM
	REF. BETON:	B1

ESSAI DE CARBONATATION ACCELEREE EN - Mode opératoire Version 5
Test effectué à partir de 3 prismes 4x4x16 cm

Date de confection des épreuves : 29/06/2021
Heure de gâchage :
Résultats :

Timing essais	Confection des prismes							
	29/06/2021							
30/06/2021 à 00:00	à To+24h00 Démouler puis placer les prismes dans l'eau (limiter la quantité d'eau en recouvrant les cylindres) ou en salle humide à 20°C +/- 2°C et 98% Hr							
03/08/2021	pesées (g)							
		réf	Masse demoulage	sortie cure	après séchage 45°C	après 7j 20°C 65% Hr	Perte après séchage (%)	Perte après conservation (%)
		prisme 1 *	585,4	587,99	551,87	554,52	-6,14%	-5,69%
		prisme 2	585,8	588,12	553,51	555,86	-5,88%	-5,49%
		prisme 3	587,4	589,84	554,8	557,16	-5,94%	-5,54%
	* prisme cassé au démoulage							
17/08/2021	Après 14j de séchage placer les prismes en enceinte climatique à 20+/-3°C et 65+/-5% Hr pendant 7+/-0,5j.							
24/08/2021	<p>A to+111 j, placer les prismes dans l'enceinte de carbonatation régulée à : 3% +/- 0,5% de CO2, 20°C +/- 3°C et à 65% +/- 5% Hr. On gardera un espace autour des prismes de 30mm. Démarrer rapidement l'essai.</p> <p style="text-align: center;">Principe de la mesure de la profondeur de carbonatation :</p> <p>Découper perpendiculairement dans la longueur des cylindres à l'aide d'un coupe-pavé. Humidifier les deux surfaces fracturées de la tranche avec une éponge. Asperger les deux surfaces fracturées d'une solution de phénolphtaleine 0,5%. 60 +/- 5 min après l'aspersion, prendre une photo des surfaces colorées et mesurer Sur les 4 faces moulées, en 5 points équidistants par face, à 1/4 mm près, la profondeur de carbonatation (total 10 points de mesure par surface). Ne pas faire de mesures à moins de 10 mm des angles. Si la mesure tombe au droit d'un granulat, extrapoler à partir des mesures faites de part et d'autre de ce granulat. Dans le tableau de mesures reporter les profondeurs mini et maxi, la moyenne et l'écart-type par face, en précisant bien la nature des faces, calculer et reporter la moyenne et l'écart-type sur les 4 faces.</p>							
Mesures	Effectuer la mesure à to+28j à partir des 3 prismes 4x4x16 cm. Couper la ventilation, l'arrivée de CO2, sortir doucement les prismes et mesurer sa profondeur de carbonatation comme décrit au-dessus. Peser les épreuves avant chaque mesure et donc avant fracturation.							

Carbonatation Accélérée à 3% de CO2

B1

Timing	Échéances	Opérateur	Prismes	Faces	Mesure profondeur carbo (mm)	MOYENNE (mm)	ECART TYPE	pesée (g)				
28	21/09/2021	AC	prisme 1	Face 1	6	4,7	1,39	571,38				
					5							
					5							
					5							
				Face 2	5							
					2							
					2							
					2							
				Face 3	2							
					6							
					5,5							
					5,5							
			Face 4	5,5								
				6								
				6								
				6								
			prisme 2	Face 1	6			4,7	1,39	571,56		
					5							
					5							
					5							
				Face 2	2,5							
					2,5							
					2,5							
					3							
				Face 3	3							
					6							
					5,5							
					5							
			Face 4	5,5								
				6								
				5,5								
				6,5								
			prisme 3	Face 1	6					4,7	1,39	572,83
					5							
					5							
					5,5							
Face 2	5,5											
	2,5											
	3											
	2,5											
Face 3	2,5											
	3											
	5											
	5											
Face 4	5,5											
	5,5											
	4											
	5											

Carbonatation et suivi de masse du mortier de référence pour le béton B1

	WBS:		CURE HUMIDE
	ETUDE:	Fastcarb	
	CLIENT:	LCR	
	DEMANDEUR:	G. PHAM	
	REF. BETON:	B1	

ESSAI DE CARBONATATION ACCELEREE EN - Mode opératoire Version 5
Test effectué à partir de 5 cylindres 11*22 cm

Date de confection des épreuves : 05/05/2021

Heure de gâchage :

Résultats :

	Timing essais												
Premières opérations à effectuer après gâchage	1 CONSERVATION 24h00 après gâchage en salle de gâchage												
	06/05/2021 à 00:00	à To+24h00 Démouler puis placer les cylindres dans l'eau (limiter la quantité d'eau en recouvrant les cylindres) ou en salle humide à 20°C +/- 2°C et 98% Hr											
	Avant to+90j	Sciage des 5 cylindres 11*22 cm pour obtenir 10 épreuves 11*10,5 cm				Date sciage							
						27/07/2021							
						pesées (g) - Bala 179							
		A to + 90 j sortir les cylindres de l'eau, les peser, les imperméabiliser (les faces supérieures et inférieures), les peser après imperméabilisation et les placer 14 j en étuve à 45+/-5°C et les peser en fin de séchage.				réf	avant imp	après imp	après séchage 45°C	après 7j 20°C 65% Hr	Perte après séchage (%)	Perte après conservation (%)	
	03/08/2021					ép.1a	2706,08	2711,22	2647,29	2648,21	-2,36%	-0,16%	
						ép.1b	2452,20	2457,16	2392,69	2393,43	-2,63%	-0,18%	
						ép.2a	2668,05	2672,98	2610,52	2612,05	-2,34%	-0,13%	
						ép.2b	2516,86	2521,67	2457,00	2458,44	-2,57%	-0,14%	
	ép.3a					2656,78	2661,83	2595,75	2597,14	-2,49%	-0,14%		
	ép.3b					2488,67	2493,59	2429,96	2431,29	-2,56%	-0,15%		
	ép.4a					2633,15	2638,27	2572,06	2573,71	-2,51%	-0,13%		
	ép.4b	2519,52	2524,74	2455,53	2457,46	-2,75%	-0,13%						
	ép.5a	2577,56	2582,52	2521,35	2522,82	-2,37%	-0,14%						
17/08/2021	Après 14j de séchage (Si perte de masse sur prismes 4*4*16cm de mortier > 5,5%) placer les cylindres 11*10,5 cm en enceinte climatique à 20+/-3°C et 65+/-5% Hr pendant 7+/-0,5j				ép.5b	2591,67	2596,58	2528,71	2530,50	-2,62%	-0,12%	Total	
24/08/2021	<p>A to+111 j, placer les cylindres dans l'enceinte de carbonatation réglée à : 3% +/- 0,5% de CO₂, 20°C +/- 3°C et à 65% +/-5% Hr. On gardera un espace autour descylindres de 30mm. Démarrer rapidement l'essai.</p> <p style="text-align: center;">Principe de la mesure de la profondeur de carbonatation :</p> <p>Découper perpendiculairement dans la longueur des cylindres à l'aide d'un coupe-pavé. Humidifier les deux surfaces fracturées de la tranche avec une éponge. Asperger les deux surfaces fracturées d'une solution de phénolphtaleïne 0,5%. 60 +/- 5 min après l'aspersion, prendre une photo des surfaces colorées et mesurer Sur les 4 faces moulées, en 5 points équidistants par face, à 1/4 mm près, la profondeur de carbonatation (total 10 points de mesure par surface). Ne pas faire de mesures à moins de 10 mm des angles. Si la mesure tombe au droit d'un granulat, extrapoler à partir des mesures faites de part et d'autre de ce granulat. Dans le tableau de mesures reporter les profondeurs mini et maxi, la moyenne et l'écart-type par face, en précisant bien la nature des faces, calculer et reporter la moyenne et l'écart-type sur les 4 faces.</p>												
Mesures	Effectuer la mesure à to à partir d'une épreuve 11*10,5 cm. Renouveler la mesure sur 3 épreuves 11*10,5 cm à 28, 42 et 70 jours de conservation dans l'enceinte, couper la ventilation, l'arrivée de CO ₂ , sortir doucement les cylindres et mesurer sa profondeur de carbonatation comme décrit au-dessus. Peser les épreuves avant chaque mesure et donc avant fracturation.												

Carbonatation Accélérée à 3% de CO2

B1

Timing	Echéances	Opérateur	Prismes	Faces	Mesure profondeur carbo (mm)	pesée (g)	
0	24/08/2021	AC	ép1a	Face 1	0	2648,21	
					0		
					0		
					0		
					0		
			Face 2	0			
				0			
				0			
				0			
				0			
28	21/09/2021	AC	ép1b	Face 1	5	2393,39	
					4,5		
					4,5		
					4,5		
					4		
					6,5		
			Face 2	10,5			
				9			
				7,5			
				6,5			
				4,5			
				4			
			ép2a	Face 1	4,5		2612,35
					5,5		
					6,5		
					8,5		
					8		
					7		
			Face 2	7			
				7			
				7,5			
				7,5			
				8,5			
				9			
ép2b	Face 1	9	2458,53				
		7,5					
		7,5					
		8,5					
		9					
		10					
Face 2	9						
	8,5						
	5						
	ép3a	Face 1		9	2617,37		
				7			
				7			
9,5							
9							
8,5							
Face 2	7,5						
	9						
	7						
	5						
	ép3b	Face 1		6		2451,21	
				7			
7							
8							
6,5							
11,5							
Face 2	12						
	11						
	11						
	8						
	ép4a	Face 1	7,5	2594,2			
			8,5				
10							
7,5							
8,5							
11,5							
Face 2	7						
	9,5						
	8						
	9,5						
	ép4b	Face 1	9,5		2482,05		
			9,5				
12							
10							
12							
9,5							
Face 2	12						
	14						
	11						
	12						
	9						
	8,5						
ép5a	Face 1	8	2543,88				
		6,5					
		10					
		11,5					
		12					
		12					
Face 2	11						
	9						
	9						
	7,5						
	ép5b	Face 1		8		2555,74	
				10,5			
14							
11							
14							
14							
Face 2	12,5						
	15						
	16						

Carbonatation et suivi de masse du béton B1

 LafargeHolcim	WBS:	0
	ETUDE:	Fastcarb
	CLIENT:	LCR
	DEMANDEUR:	G. PHAM
	REF. BETON:	B2

ESSAI DE CARBONATATION ACCELEREE EN - Mode opératoire Version 5
Test effectué à partir de 3 prismes 4x4x16 cm

Date de confection des éprouvettes : 13/07/2021

Heure de gâchage :

Résultats :

	Timing essais		Confection des prismes							
		13/07/2021								
Premières opérations à effectuer après gâchage	15/07/2021 démoulé à 00:00	A to+24h00 Démouler puis placer les prismes dans l'eau (limiter la quantité d'eau en recouvrant les cylindres) ou en salle humide à 20°C +/- 2°C et 65% Hr.								
	24/08/2021	A to + 90 j (35j+/-7j réel pour les prismes) sortir les prismes de l'eau, les peser et les placer 14 j en étuve à 45+/-5°C et les peser en fin de séchage.	pesées (g)							
			réf	Masse demoulage	sortie cure	après séchage 45°C		après 7j 20°C 65% Hr	Perte après séchage (%)	Perte après conservation (%)
			prisme 1	580,5	586,58	549,97		549,97	-6,24%	-6,24%
			prisme 2	578,9	585,11	548,22	-6,2%	548,22	-6,30%	-6,30%
		prisme 3	580,7	586,37	550,07		550,07	-6,19%	-6,19%	
		Moyenne						-6,25%	-6,25%	
	09/07/2021	Après 14j de séchage placer les prismes en enceinte climatique à 20+/-3°C et 65+/-5% Hr pendant 7+/-0,5j.								
	14/09/2021	<p>A to+111 j, placer les prismes dans l'enceinte de carbonatation réglée à : 3% +/- 0,5% de CO₂, 20°C +/- 3°C et à 65% +/- 5% Hr. On gardera un espace autour des prismes de 30mm. Démarrer rapidement l'essai.</p> <p style="text-align: center;">Principe de la mesure de la profondeur de carbonatation :</p> <p>Découper perpendiculairement dans la longueur des cylindres à l'aide d'un coupe-pavé. Humidifier les deux surfaces fracturées de la tranche avec une éponge. Asperger les deux surfaces fracturées d'une solution de phénolphthaleine 0,5%. 60 +/- 5 min après l'aspersion, prendre une photo des surfaces colorées et mesurer Sur les 4 faces moulées, en 5 points équidistants par face, à 1/4 mm près, la profondeur de carbonatation (total 10 points de mesure par surface). Ne pas faire de mesures à moins de 10 mm des angles. Si la mesure tombe au droit d'un granulat, extrapoler à partir des mesures faites de part et d'autre de ce granulat. Dans le tableau de mesures reporter les profondeurs mini et maxi, la moyenne et l'écart-type par face, en précisant bien la nature des faces, calculer et reporter la moyenne et l'écart-type sur les 4 faces.</p>								
Mesures	Effectuer la mesure à to+28j à partir des 3 prismes 4x4x16 cm. Couper la ventilation, l'arrivée de CO ₂ , sortir doucement les prismes et mesurer sa profondeur de carbonatation comme décrit au-dessus. Peser les éprouvettes avant chaque mesure et donc avant fracturation.									

 <p>LafargeHolcim</p>	WBS:		CURE HUMIDE
	ETUDE:	Fastcarb	
	CLIENT:	LCR	
	DEMANDEUR:	G. PHAM	
	REF. BETON:	B2	

ESSAI DE CARBONATATION ACCELEREE EN - Mode opératoire Version 5
Test effectué à partir de 5 cylindres 11*22 cm

Date de confection des éprouvettes : 5/19/2021

Heure de gâchage :
Résultats :

Timing essais		1		CONSERVATION 24h00 après gâchage en salle de gâchage							
Premières opérations à effectuer après gâchage	5/20/2021 à 00:00	à l'origine. Démouler puis placer les cylindres dans l'eau (limiter la quantité d'eau en recouvrant les cylindres) ou en salle humide à 20°C +/- 2°C et 65% Hr.									
	Avant to+90j	Sciage des 5 cylindres 11*22 cm pour obtenir 10 éprouvettes 11*10,5 cm		Date sciage	27/07/2021						
	24/08/2021	A to + 90 j sortir les cylindres de l'eau, les peser, les imperméabiliser (les faces supérieures et inférieures), les peser après imperméabilisation et les placer 14 j en étuve à 45 +/- 5°C et les peser en fin de séchage.		pesées (g) - Bala 179					Perte après séchage (%)	Perte après conservation (%)	
				réf	avant imp	après imp	après séchage 45°C	après 7j 20°C 65% Hr			
				ép.1a	2601,25	2606,55	2528,23	2527,45			
				ép.1b	2464,76	2470,25	2388,74	2388,90			
				ép.2a	2576,63	2582,01	2493,08	2493,37			
				ép.2b	2423,55	2428,88	2345,13	2345,48			
				ép.3a	2550,88	2556,19	2468,92	2468,88			
				ép.3b	2466,24	2471,56	2382,66	2382,91			
09/07/2021	Après 14j de séchage (Si perte de masse sur prismes 4*4*16cm de mortier > 5,5%) placer les cylindres 11*10,5 cm en enceinte climatique à 20 +/- 3°C et 65 +/- 5% Hr pendant 7 +/- 0,5j		ép.5b	2462,15	2467,58	2379,71	2380,18	-3,57%	-0,21%	Total	
	A to+111 j, placer les cylindres dans l'enceinte de carbonatation réglée à : 3% +/- 0,5% de CO2, 20°C +/- 3°C et à 65% +/- 5% Hr. On gardera un espace autour des cylindres de 30mm. Démarrer rapidement l'essai. Principe de la mesure de la profondeur de carbonatation : Découper perpendiculairement dans la longueur des cylindres à l'aide d'un coupe-pavé. Humidifier les deux surfaces fracturées de la tranche avec une éponge. Asperger les deux surfaces fracturées d'une solution de phénolphthaleine 0,5%. 60 +/- 5 min après l'aspersion, prendre une photo des surfaces colorées et mesurer Sur les 4 faces moulées, en 5 points équidistants par face, à 1/4 mm près, la profondeur de carbonatation (total 10 points de mesure par surface). Ne pas faire de mesures à moins de 10 mm des angles. Si la mesure tombe au droit d'un granulats, extrapoler à partir des mesures faites de part et d'autre de ce granulats. Dans le tableau de mesures reporter les profondeurs mini et maxi, la moyenne et l'écart-type par face, en précisant bien la nature des faces, calculer et reporter la moyenne et l'écart-type sur les 4 faces.						-3,36%	-0,22%	-3,58%		
Mesures		Effectuer la mesure à to à partir d'une éprouvette 11*10,5 cm. Renouveler la mesure sur 3 éprouvettes 11*10,5 cm à 28, 42 et 70 jours de conservation dans l'enceinte, couper la ventilation, l'arrivée de CO2, sortir doucement les cylindres et mesurer sa profondeur de carbonatation comme décrit au-dessus. Peser les éprouvettes avant chaque mesure et donc avant fracturation.									

Carbonatation Accélérée à 3% de CO2

B2

Timing	Echéances	Opérateur	Prismes	Faces	Mesure profondeur carbo (mm)	pesée (g)
0	14/09/2021	AC	ép1a	Face 1	0	2527,45
					0	
					0	
					0	
					0	
			Face 2	0		
				0		
				0		
				0		
				0		
28	10/12/2021	AC	ép1b	Face 1	6	2346,41
					7	
					7	
					8	
					8	
			Face 2	7		
				7		
				8,5		
				8		
				10		
ép2a	Face 1	5,5	2517,92			
		4,5				
		8				
		8				
		7				
Face 2	7					
	10					
	6,5					
	6,5					
	5,5					
ép2b	Face 1	8	2406,37			
		8,5				
		9				
		6				
		7				
Face 2	5					
	10					
	6,5					
	7,5					
	7,5					
42	26/10/2021	AC	ép3a	Face 1	7	2491,74
					7	
					8	
					8	
					7,5	
			Face 2	9		
				9		
				10,5		
				9		
				9		
ép3b	Face 1	5,5	2406,88			
		7				
		8				
		9				
		11				
Face 2	10,5					
	9					
	11					
	7,5					
	8,5					
ép4a	Face 1	9	2528,43			
		9,5				
		10				
		8				
		4,5				
Face 2	7,5					
	8					
	9					
	3,5					
	7,5					
70	23/11/2021	AC	ép4b	Face 1	10	2431,67
					10,5	
					12,5	
					12,5	
					11	
			Face 2	9		
				10,5		
				10,5		
				13		
				12		
ép5a	Face 1	12	2523,7			
		12				
		7,5				
		8				
		8				
Face 2	10					
	12					
	13					
	12					
	12,5					
ép5b	Face 1	11	2408,57			
		10				
		11				
		12,5				
		12,5				
Face 2	14					
	14					
	13					
	12,5					
	9					

Carbonatation et suivi de masse du béton B2

	WBS:	0
	ETUDE:	Fastcarb
	CLIENT:	LCR
	DEMANDEUR:	G. PHAM
	REF. BETON:	B3

ESSAI DE CARBONATATION ACCELEREE EN - Mode opératoire Version 5
Test effectué à partir de 3 prismes 4x4x16 cm

Date de confection des épreuves : 27/07/2021

Heure de gâchage :

Résultats :

	Timing essais									
	27/07/2021	Confection des prismes								
Premières opérations à effectuer après gâchage	28/07/2021 à 00:00	à To+24h00 Démouler puis placer les prismes dans l'eau (limiter la quantité d'eau en recouvrant les cylindres) ou en salle humide à 20°C +/- 2°C et 98% Hr								
	31/08/2021	<p>A to + 90 j (35j+/-7) réel pour les prismes) sortir les prismes de l'eau, les peser et les placer 14 j en étuve à 45+/-5°C et les peser en fin de séchage.</p>	pesées (g)							
			réf	Masse demoulage	sortie cure	après séchage 45°C				
			prisme 1	580,7	586,59	549,49	-6,4%	551,32	-6,32%	-6,01%
			prisme 2	579,3	585,38	547,96		549,8	-6,39%	-6,08%
		prisme 3	584,44	586,38	549,23		551,02	-6,34%	-6,03%	
						Moyenne	-6,35%	-6,04%		
	14/09/2021	Après 14j de séchage placer les prismes en enceinte climatique à 20+/-3°C et 65+/-5% Hr pendant 7+/-0,5j.								
	21/09/2021	<p>A to+111 j, placer les prismes dans l'enceinte de carbonatation régulée à : 3% +/- 0,5% de CO2, 20°C +/- 3°C et à 65% +/-5% Hr. On gardera un espace autour des prismes de 30mm. Démarrer rapidement l'essai.</p> <p style="text-align: center;">Principe de la mesure de la profondeur de carbonatation :</p> <p>Découper perpendiculairement dans la longueur des cylindres à l'aide d'un coupe-pavé. Humidifier les deux surfaces fracturées de la tranche avec une éponge. Asperger les deux surfaces fracturées d'une solution de phénolphtaleine 0,5%. 60 +/- 5 min après l'aspersion, prendre une photo des surfaces colorées et mesurer Sur les 4 faces moulées, en 5 points équidistants par face, à 1/4 mm près, la profondeur de carbonatation (total 10 points de mesure par surface). Ne pas faire de mesures à moins de 10 mm des angles. Si la mesure tombe au droit d'un granulats, extrapoler à partir des mesures faites de part et d'autre de ce granulats. Dans le tableau de mesures reporter les profondeurs mini et maxi, la moyenne et l'écart-type par face, en précisant bien la nature des faces, calculer et reporter la moyenne et l'écart-type sur les 4 faces.</p>								
Mesures		Effectuer la mesure à to+28j à partir des 3 prismes 4x4x16 cm. Couper la ventilation, l'arrivée de CO2, sortir doucement les prismes et mesurer sa profondeur de carbonatation comme décrit au-dessus. Peser les épreuves avant chaque mesure et donc avant fracturation.								

Carbonatation Accélérée à 3% de CO2

B3

Timing	Échéances	Opérateur	Prismes	Faces	Mesure profondeur carbo (mm)	MOYENNE (mm)	ECART TYPE	pesée (g)				
28	19/10/2021	AC	prisme 1	Face 1	6,5	4,9	1,21	568,06				
					6							
					5,5							
				Face 2	5,5							
					2,5							
					3,5							
				Face 3	4							
					3							
					3							
				Face 4	3,5							
					5							
					5							
			prisme 2	Face 1	6			4,9	1,21	573,61		
					5,5							
					5							
				Face 2	5,5							
					2,5							
					2							
				Face 3	3,5							
					3,5							
					3,5							
				Face 4	5,5							
					5							
					5,5							
			prisme 3	Face 1	5,5					4,9	1,21	567,57
					5							
					5							
				Face 2	2,5							
					4							
					4							
				Face 3	2,5							
					4							
					4							
				Face 4	5,5							
					5,5							
					5							
Face 4	5	4,9	1,21	567,57								
	4,5											
	4,5											
	4,5											
	4,5											
	6											

Carbonatation et suivi de masse du mortier de référence pour le béton B3

	WBS:		CURE HUMIDE
	ETUDE:	Fastcarb	
	CLIENT:	LCR	
	DEMANDEUR:	G. PHAM	
	REF. BETON:	B3	

ESSAI DE CARBONATATION ACCELEREE EN - Mode opératoire Version 5
Test effectué à partir de 5 cylindres 11*22 cm

Date de confection des épreuves : 02/06/2021

Heure de gâchage :

Résultats :

	Timing essais		pesées (g) - Bala 179					Perte après séchage (%)	Perte après conservation (%)		
	1	2	réf	avant imp	après imp	après séchage 45°C	après 7j 20°C 65% Hr				
Premières opérations à effectuer après gâchage	CONSERVATION 24h00 après gâchage en salle de gâchage										
	03/06/2021 à 00:00	à To+24h00 Démouler puis placer les cylindres dans l'eau (limiter la quantité d'eau en recouvrant les cylindres) ou en salle humide à 20°C +/- 2°C et 98% Hr									
	Avant to+90j	Sciage des 5 cylindres 11*22 cm pour obtenir 10 épreuves 11*10,5 cm					Date sciage				
	31/08/2021	A to + 90 j sortir les cylindres de l'eau, les peser, les imperméabiliser (les faces supérieures et inférieures), les peser après imperméabilisation et les placer 14 j en étuve à 45+/-5°C et les peser en fin de séchage.		ép.1a	2402,19	2407,54	2308,31	2310,74	-4,13%	-0,13%	
				ép.1b	2424,47	2429,69	2323,85	2325,97	-4,37%	-0,13%	
				ép.2a	2362,62	2367,87	2274,95	2276,83	-3,93%	-0,15%	
				ép.2b	2414,67	2419,53	2311,35	2313,56	-4,48%	-0,11%	
				ép.3a	2352,84	2358,02	2268,08	2269,82	-3,82%	-0,15%	
				ép.3b	2433,01	2437,86	2340,35	2342,06	-4,01%	-0,13%	
			ép.4a	2372,45	2377,73	2286,27	2288,03	-3,86%	-0,15%		
			ép.4b	2408,19	2413,22	2309,78	2311,73	-4,30%	-0,13%		
			ép.5a	2436,86	2441,97	2340,93	2342,69	-4,15%	-0,14%		
14/09/2021	Après 14j de séchage (Si perte de masse sur prismes 4*4*16cm de mortier > 5,5%) placer les cylindres 11*10,5 cm en enceinte climatique à 20+/-3°C et 65+/-5% Hr pendant 7+/-0,5j		ép.5b	2383,85	2388,97	2298,56	2300,60	-3,79%	-0,13%	Total	
21/09/2021	<p>A to+111 j, placer les cylindres dans l'enceinte de carbonatation réglée à : 3% +/- 0,5% de CO₂, 20°C +/- 3°C et à 65% +/-5% Hr. On gardera un espace autour descylindres de 30mm. Démarrer rapidement l'essai.</p> <p style="text-align: center;">Principe de la mesure de la profondeur de carbonatation :</p> <p>Découper perpendiculairement dans la longueur des cylindres à l'aide d'un coupe-pavé. Humidifier les deux surfaces fracturées de la tranche avec une éponge. Asperger les deux surfaces fracturées d'une solution de phénolphthaleine 0,5%. 60 +/- 5 min après l'aspersion, prendre une photo des surfaces colorées et mesurer Sur les 4 faces moulées, en 5 points équidistants par face, à 1/4 mm près, la profondeur de carbonatation (total 10 points de mesure par surface). Ne pas faire de mesures à moins de 10 mm des angles. Si la mesure tombe au droit d'un granulats, extrapoler à partir des mesures faites de part et d'autre de ce granulats. Dans le tableau de mesures reporter les profondeurs mini et maxi, la moyenne et l'écart-type par face, en précisant bien la nature des faces, calculer et reporter la moyenne et l'écart-type sur les 4 faces.</p>								-4,08%	-0,14%	-4,22%
Mesures	Effectuer la mesure à to à partir d'une épreuve 11*10,5 cm. Renouveler la mesure sur 3 épreuves 11*10,5 cm à 28, 42 et 70 jours de conservation dans l'enceinte, couper la ventilation, l'arrivée de CO ₂ , sortir doucement les cylindres et mesurer sa profondeur de carbonatation comme décrit au-dessus. Peser les épreuves avant chaque mesure et donc avant fracturation.										

	WBS:	0
	ETUDE:	Fastcarb
	CLIENT:	LCR
	DEMANDEUR:	G. PHAM
	REF. BETON:	B4

ESSAI DE CARBONATATION ACCELEREE EN - Mode opératoire Version 5
Test effectué à partir de 3 prismes 4x4x16 cm

Date de confection des épreuves : 10/08/2021

Heure de gâchage :

Résultats :

Timing essais		Confection des prismes							
10/08/2021									
11/08/2021 à 00:00	à To+24h00 Démouler puis placer les prismes dans l'eau (limiter la quantité d'eau en recouvrant les cylindres) ou en salle humide à 20°C +/- 2°C et 98% Hr								
14/09/2021	A to + 90 j (35j +/- 7) réel pour les prismes) sortir les prismes de l'eau, les peser et les placer 14 j en étuve à 45 +/- 5°C et les peser en fin de séchage.	pesées (g)							
		réf	Masse demoulage	sortie cure	après séchage 45°C		après 7j 20°C 65% Hr	Perte après séchage (%)	Perte après conservation (%)
		prisme 1	584,9	590,49	554,04		555,94	-6,17%	-5,85%
		prisme 2	586,1	591,76	555,46	-6,1%	557,21	-6,13%	-5,84%
		prisme 3	584,4	590,55	554,69		556,37	-6,07%	-5,79%
						Moyenne	-6,13%	-5,83%	
28/09/2021	Après 14j de séchage placer les prismes en enceinte climatique à 20 +/- 3°C et 65 +/- 5% Hr pendant 7 +/- 0,5j.								
05/10/2021	A to+111 j, placer les prismes dans l'enceinte de carbonatation régulée à : 3% +/- 0,5% de CO2, 20°C +/- 3°C et à 65% +/- 5% Hr. On gardera un espace autour des prismes de 30mm. Démarrer rapidement l'essai. Principe de la mesure de la profondeur de carbonatation : Découper perpendiculairement dans la longueur des cylindres à l'aide d'un coupe-pavé. Humidifier les deux surfaces fracturées de la tranche avec une éponge. Asperger les deux surfaces fracturées d'une solution de phénolphtaleïne 0,5%. 60 +/- 5 min après l'aspersion, prendre une photo des surfaces colorées et mesurer Sur les 4 faces moulées, en 5 points équidistants par face, à 1/4 mm près, la profondeur de carbonatation (total 10 points de mesure par surface). Ne pas faire de mesures à moins de 10 mm des angles. Si la mesure tombe au droit d'un granulats, extrapoler à partir des mesures faites de part et d'autre de ce granulats. Dans le tableau de mesures reporter les profondeurs mini et maxi, la moyenne et l'écart-type par face, en précisant bien la nature des faces, calculer et reporter la moyenne et l'écart-type sur les 4 faces.								
Mesures	Effectuer la mesure à to+28j à partir des 3 prismes 4x4x16 cm. Couper la ventilation, l'arrivée de CO2, sortir doucement les prismes et mesurer sa profondeur de carbonatation comme décrit au-dessus. Peser les épreuves avant chaque mesure et donc avant fracturation.								

	WBS:		CURE HUMIDE
	ETUDE:	Fastcarb	
	CLIENT:	LCR	
	DEMANDEUR:	G. PHAM	
	REF. BETON:	B4	

ESSAI DE CARBONATATION ACCELEREE EN - Mode opératoire Version 5
Test effectué à partir de 5 cylindres 11*22 cm

Date de confection des épreuves : 16/06/2021

Heure de gâchage :

Résultats :

	Timing essais											
	1		CONSERVATION 24h00 après gâchage en salle de gâchage									
	17/06/2021 à 00:00		à To+24h00 Démouler puis placer les cylindres dans l'eau (limiter la quantité d'eau en recouvrant les cylindres) ou en salle humide à 20°C +/- 2°C et 98% Hr									
	Avant to+90j		Sciage des 5 cylindres 11*22 cm pour obtenir 10 éprouvettes 11*10,5 cm		Date sciage		27/08/2021					
Premières opérations à effectuer après gâchage	14/09/2021		A to + 90 j sortir les cylindres de l'eau, les peser, les imperméabiliser (les faces supérieures et inférieures), les peser après imperméabilisation et les placer 14 j en étuve à 45+/-5°C et les peser en fin de séchage.	pesées (g) - Bala 179				Perte après séchage (%)	Perte après conservation (%)			
				réf	avant imp	après imp	après séchage 45°C			après 7j 20°C 65% Hr		
				ép.1a	2447,16	2452,36	2356,09			2357,48	-3,93%	-0,16%
				ép.1b	2561,02	2566,34	2473,29			2472,87	-3,63%	-0,23%
				ép.2a	2433,46	2438,66	2349,20			2349,31	-3,68%	-0,22%
				ép.2b	2497,89	2503,08	2402,61			2403,14	-4,02%	-0,19%
				ép.3a	2439,67	2444,84	2348,48			2349,92	-3,95%	-0,16%
				ép.3b	2527,02	2532,10	2431,90			2432,84	-3,97%	-0,17%
				ép.4a	2403,45	2408,52	2310,07			2311,09	-4,10%	-0,18%
	ép.4b	2490,46	2495,67	2401,97	2401,31	-3,76%	-0,24%					
	ép.5a	2451,38	2456,71	2357,50	2358,70	-4,05%	-0,18%					
	28/09/2021		Après 14j de séchage (Si perte de masse sur prismes 4*4*16cm de mortier > 5,5%) placer les cylindres 11*10,5 cm en enceinte climatique à 20+/-3°C et 65+/-5% Hr pendant 7+/-0,5j	ép.5b	2532,52	2537,84	2436,20	2437,54	-4,01%	-0,16%	Total	
	05/10/2021		A to+111 j, placer les cylindres dans l'enceinte de carbonatation réglée à : 3% +/- 0,5% de CO ₂ , 20°C +/- 3°C et à 65% +/-5% Hr. On gardera un espace autour descylindres de 30mm. Démarrer rapidement l'essai. Principe de la mesure de la profondeur de carbonatation : Découper perpendiculairement dans la longueur des cylindres à l'aide d'un coupe-pavé. Humidifier les deux surfaces fracturées de la tranche avec une éponge. Asperger les deux surfaces fracturées d'une solution de phénolphthaleine 0,5%. 60 +/- 5 min après l'aspersion, prendre une photo des surfaces colorées et mesurer Sur les 4 faces moulées, en 5 points équidistants par face, à 1/4 mm près, la profondeur de carbonatation (total 10 points de mesure par surface). Ne pas faire de mesures à moins de 10 mm des angles. Si la mesure tombe au droit d'un granulat, extrapoler à partir des mesures faites de part et d'autre de ce granulat. Dans le tableau de mesures reporter les profondeurs mini et maxi, la moyenne et l'écart-type par face, en précisant bien la nature des faces, calculer et reporter la moyenne et l'écart-type sur les 4 faces.					-3,91%	-0,19%	-4,10%		
	Mesures		Effectuer la mesure à to à partir d'une éprouvette 11*10,5 cm. Renouveler la mesure sur 3 éprouvettes 11*10,5 cm à 28, 42 et 70 jours de conservation dans l'enceinte, couper la ventilation, l'arrivée de CO ₂ , sortir doucement les cylindres et mesurer sa profondeur de carbonatation comme décrit au-dessus. Peser les éprouvettes avant chaque mesure et donc avant fracturation.									

Carbonatation Accélérée à 3% de CO2

B4

Timing	Echéances	Opérateur	Prismes	Faces	Mesure profondeur carbo (mm)	pesée (g)
0	05/10/2021	AC	ép1a	Face 1	0	2357,48
					0	
					0	
					0	
					0	
			Face 2	0		
				0		
				0		
				0		
				0		
28	02/11/2021	AC	ép1b	Face 1	8	2495,46
					8	
					10	
					10	
					10	
					7	
			Face 2	8		
				9,5		
				8,5		
				9,5		
				6		
				7,5		
			ép2a	Face 1	6,5	2370,31
					9	
					8,5	
					9	
					10	
					10	
			Face 2	10		
				10		
				10		
				9		
				10		
				10		
ép2b	Face 1	12,5	2429,18			
		9				
		10,5				
		9				
		10				
		9,5				
Face 2	9,5					
	10					
	9,5					
	10					
	9,5					
	10					
42	16/11/2021	AC	ép3a	Face 1	13	2377,24
					13	
					15	
					12	
					12,5	
					14	
			Face 2	13,5		
				10,5		
				11		
				12,5		
				13,5		
				16		
			ép3b	Face 1	15	2462,18
					14,5	
					14	
					13,5	
					14	
					12,5	
			Face 2	11,5		
				12		
				11		
				11		
				12,5		
				11		
ép4a	Face 1	12	2339,19			
		14				
		13				
		13				
		14,5				
		13				
Face 2	13					
	14,5					
	13					
	15					
	19,5					
	17,5					
ép4b	Face 1	18	2426,51			
		18				
		16				
		12,5				
		14				
		14				
Face 2	13					
	14					
	18					
	15					
	14,5					
	15,5					
ép5a	Face 1	15	2390,51			
		16,5				
		17,5				
		14				
		14,5				
		15				
Face 2	15					
	15					
	16					
	15					
	16,5					
	14,5					
ép5b	Face 1	16	2473,12			
		15				
		19				
		16,5				
		14,5				
		15,5				
Face 2	16,5					
	16					
	14,5					
	14,5					
	16					
	14,5					

Carbonatation et suivi de masse du béton B4

	WBS:	0
	ETUDE:	Fastcarb
	CLIENT:	LCR
	DEMANDEUR:	G. PHAM
	REF. BETON:	B5

ESSAI DE CARBONATATION ACCELEREE EN - Mode opératoire Version 5
Test effectué à partir de 3 prismes 4x4x16 cm

Date de confection des épreuves : 24/08/2021

Heure de gâchage :

Résultats :

Timing essais	Confection des prismes											
	24/08/2021											
25/08/2021 à 00:00	à To+24h00 Démouler puis placer les prismes dans l'eau (limiter la quantité d'eau en recouvrant les cylindres) ou en salle humide à 20°C +/- 2°C et 98% Hr											
28/09/2021	A to + 90 j (35j +/- 7) réel pour les prismes) sortir les prismes de l'eau, les peser et les placer 14 j en étuve à 45 +/- 5°C et les peser en fin de séchage.	pesées (g)						après 7j 20°C 65% Hr	Perte après séchage (%)	Perte après conservation (%)		
		réf	Masse demoulage	sortie cure	après séchage 45°C							
		prisme 1	581	586,81	549,43	-6,4%	552,09				-6,37%	-5,92%
		prisme 2	578,2	584,33	547,37		549,96				-6,33%	-5,88%
		prisme 3	580,4	586,38	548,94		551,6				-6,38%	-5,93%
Moyenne						-6,36%	-5,91%					
12/10/2021	Après 14j de séchage placer les prismes en enceinte climatique à 20 +/- 3°C et 65 +/- 5% Hr pendant 7 +/- 0,5j.											
19/10/2021	<p>A to+111 j, placer les prismes dans l'enceinte de carbonatation régulée à : 3% +/- 0,5% de CO2, 20°C +/- 3°C et à 65% +/- 5% Hr. On gardera un espace autour des prismes de 30mm. Démarrer rapidement l'essai.</p> <p>Principe de la mesure de la profondeur de carbonatation :</p> <p>Découper perpendiculairement dans la longueur des cylindres à l'aide d'un coupe-pavé. Humidifier les deux surfaces fracturées de la tranche avec une éponge. Asperger les deux surfaces fracturées d'une solution de phénolphtaleïne 0,5%. 60 +/- 5 min après l'aspersion, prendre une photo des surfaces colorées et mesurer Sur les 4 faces moulées, en 5 points équidistants par face, à 1/4 mm près, la profondeur de carbonatation (total 10 points de mesure par surface). Ne pas faire de mesures à moins de 10 mm des angles. Si la mesure tombe au droit d'un granulat, extrapoler à partir des mesures faites de part et d'autre de ce granulat. Dans le tableau de mesures reporter les profondeurs mini et maxi, la moyenne et l'écart-type par face, en précisant bien la nature des faces, calculer et reporter la moyenne et l'écart-type sur les 4 faces.</p>											
Mesures	Effectuer la mesure à to+70j à partir des 3 prismes 4x4x16 cm. Couper la ventilation, l'arrivée de CO2, sortir doucement les prismes et mesurer sa profondeur de carbonatation comme décrit au-dessus. Peser les épreuves avant chaque mesure et donc avant fracturation.											

	WBS:		CURE HUMIDE
	ETUDE:	Fastcarb	
	CLIENT:	LCR	
	DEMANDEUR:	G. PHAM	
	REF. BETON:	B5	

ESSAI DE CARBONATATION ACCELEREE EN - Mode opératoire Version 5
Test effectué à partir de 5 cylindres 11*22 cm

Date de confection des éprouvettes : 30/06/2021

Heure de gâchage :

Résultats :

	Timing essais												
Premières opérations à effectuer après gâchage	1 CONSERVATION 24h00 après gâchage en salle de gâchage												
	01/07/2021 à 00:00	à To+24h00 Démouler puis placer les cylindres dans l'eau (limiter la quantité d'eau en recouvrant les cylindres) ou en salle humide à 20°C +/- 2°C et 98% Hr											
	Avant to+90j	Sciage des 5 cylindres 11*22 cm pour obtenir 10 éprouvettes 11*10,5 cm				Date sciage							
					pesées (g) - Bala 179								
					réf	avant imp	après imp	après séchage 45°C	après 7j 20°C 65% Hr	Perte après séchage (%)	Perte après conservation (%)		
	05/10/2021		A to + 90 j sortir les cylindres de l'eau, les peser, les imperméabiliser (les faces supérieures et inférieures), les peser après imperméabilisation et les placer 14 j en étuve à 45+/-5°C et les peser en fin de séchage.		ép.1a	2347,22	2352,51	2228,34	2231,47	-5,29%	-0,10%		
					ép.1b	2336,30	2341,40	2219,88	2222,97	-5,20%	-0,09%		
					ép.2a	2352,95	2358,12	2227,00	2230,89	-5,57%	-0,06%		
					ép.2b	2252,09	2257,24	2126,73	2130,76	-8,80%	-0,05%		
					ép.3a	2343,82	2348,89	2224,46	2227,55	-5,31%	-0,09%		
		ép.3b			2296,98	2302,01	2180,14	2183,50	-5,31%	-0,08%			
		ép.4a			2352,90	2358,15	2242,71	2245,42	-4,91%	-0,11%			
		ép.4b			2307,71	2312,80	2189,79	2193,17	-5,33%	-0,08%			
26/10/2021		Après 14j de séchage (Si perte de masse sur prismes 4*4*16cm de mortier > 5,5%) placer les cylindres 11*10,5 cm en enceinte climatique à 20+/-3°C et 65+/-5% Hr pendant 7+/-0,5j		ép.5b	2268,04	2273,38	2155,33	2158,28	-5,20%	-0,11%	Total		
				A to+111 j, placer les cylindres dans l'enceinte de carbonatation réglée à : 3% +/- 0,5% de CO2, 20°C +/- 3°C et à 65% +/-5% Hr. On gardera un espace autour descylindres de 30mm. Démarrer rapidement l'essai. Principe de la mesure de la profondeur de carbonatation : Découper perpendiculairement dans la longueur des cylindres à l'aide d'un coupe-pavé. Humidifier les deux surfaces fracturées de la tranche avec une éponge. Asperger les deux surfaces fracturées d'une solution de phénolphthaleine 0,5%. 60 +/- 5 min après l'aspersion, prendre une photo des surfaces colorées et mesurer Sur les 4 faces moulées, en 5 points équidistants par face, à 1/4 mm près, la profondeur de carbonatation (total 10 points de mesure par surface). Ne pas faire de mesures à moins de 10 mm des angles. Si la mesure tombe au droit d'un granulat, extrapoler à partir des mesures faites de part et d'autre de ce granulat. Dans le tableau de mesures reporter les profondeurs mini et maxi, la moyenne et l'écart-type par face, en précisant bien la nature des faces, calculer et reporter la moyenne et l'écart-type sur les 4 faces.		-5,30%		-0,09%		-5,39%			
Mesures		Effectuer la mesure à to à partir d'une éprouvette 11*10,5 cm. Renouveler la mesure sur 3 éprouvettes 11*10,5 cm à 28, 42 et 70 jours de conservation dans l'enceinte, couper la ventilation, l'arrivée de CO2, sortir doucement les cylindres et mesurer sa profondeur de carbonatation comme décrit au-dessus. Peser les éprouvettes avant chaque mesure et donc avant fracturation.											

Carbonatation Accélérée à 3% de CO2

B5

Timing	Échéances	Opérateur	Prismes	Faces	Mesure profondeur carbo (mm)	pesée (g)
0	26/10/2021	AC	ép1a	Face 1	0	2231,47
					0	
					0	
					0	
					0	
			Face 2	0		
				0		
				0		
				0		
				0		
28	23/11/2021	AC	ép1b	Face 1	12	2255,63
					14	
					11,5	
					12	
					10,5	
			Face 2	10		
				12		
				11,5		
				11,5		
				12,5		
ép2a	Face 1	12	2267,84			
		11				
		13				
		12				
		11,5				
	Face 2	12,5				
		13,5				
		11				
		10,5				
		10,5				
ép2b	Face 1	11	2170,3			
		12				
		13				
		11,5				
		10,5				
	Face 2	12				
		12				
		12				
		12				
		11				
42	07/12/2021	AC	ép3a	Face 1	12	2263,33
					14	
					14,5	
					14	
					13	
			Face 2	15		
				16,5		
				16		
				16,5		
				14		
ép3b	Face 1	14,5	2222,35			
		14,5				
		12,5				
		13				
		14				
	Face 2	13,5				
		14				
		14				
		14,5				
		13				
ép4a	Face 1	14,5	2278,63			
		15				
		15				
		13,5				
		15				
	Face 2	15,5				
		14				
		13,5				
		13,5				
		13				
70	04/01/2022	AC	ép4b	Face 1	19	2236,16
					18	
					18,5	
					17,5	
					18,5	
			Face 2	20		
				18		
				19,5		
				20,5		
				19,5		
ép5a	Face 1	20,5	2318,5			
		19				
		18,5				
		18,5				
		18				
	Face 2	17				
		19				
		18				
		17,5				
		19,5				
ép5b	Face 1	17	2197,95			
		18,5				
		20				
		19				
		18				
	Face 2	20,5				
		20,5				
		21				
		18				
		18,5				

Carbonatation et suivi de masse du béton B5

	WBS:	0
	ETUDE:	Fastcarb
	CLIENT:	LCR
	DEMANDEUR:	G. PHAM
	REF. BETON:	B6

ESSAI DE CARBONATION ACCELEREE EN - Mode opératoire Version 5
Test effectué à partir de 3 prismes 4x4x16 cm

Date de confection des épreuves : 08/09/2021

Heure de gâchage :

Résultats :

Timing essais		Confection des prismes								
08/09/2021										
09/09/2021 à 00:00	à To+24h00 Démouler puis placer les prismes dans l'eau (limiter la quantité d'eau en recouvrant les cylindres) ou en salle humide à 20°C +/- 2°C et 98% Hr									
13/10/2021	A to + 90 j (35j +/- 7) réel pour les prismes) sortir les prismes de l'eau, les peser et les placer 14 j en étuve à 45 +/- 5°C et les peser en fin de séchage.	pesées (g)								
			réf	Masse demoulage	sortie cure	après séchage 45°C	après 7j 20°C 65% Hr	Perte après séchage (%)	Perte après conservation (%)	
			prisme 1	577,6	582,62	544,66				
			prisme 2	579,3	584,43	546,43	-6,5%	549,51	-6,50%	-5,98%
			prisme 3	577,8	583,29	545,3		548,39	-6,51%	-5,98%
	Moyenne						-6,51%	-5,98%		
27/10/2021	Après 14j de séchage placer les prismes en enceinte climatique à 20 +/- 3°C et 65 +/- 5% Hr pendant 7 +/- 0,5j.									
03/11/2021	<p>A to+111 j, placer les prismes dans l'enceinte de carbonatation régulée à : 3% +/- 0,5% de CO2, 20°C +/- 3°C et à 65% +/- 5% Hr. On gardera un espace autour des prismes de 30mm. Démarrer rapidement l'essai.</p> <p>Principe de la mesure de la profondeur de carbonatation :</p> <p>Découper perpendiculairement dans la longueur des cylindres à l'aide d'un coupe-pavé. Humidifier les deux surfaces fracturées de la tranche avec une éponge. Asperger les deux surfaces fracturées d'une solution de phénolphtaleïne 0,5%. 60 +/- 5 min après l'aspersion, prendre une photo des surfaces colorées et mesurer Sur les 4 faces moulées, en 5 points équidistants par face, à 1/4 mm près, la profondeur de carbonatation (total 10 points de mesure par surface). Ne pas faire de mesures à moins de 10 mm des angles. Si la mesure tombe au droit d'un granulats, extrapoler à partir des mesures faites de part et d'autre de ce granulats. Dans le tableau de mesures reporter les profondeurs mini et maxi, la moyenne et l'écart-type par face, en précisant bien la nature des faces, calculer et reporter la moyenne et l'écart-type sur les 4 faces.</p>									
Mesures	Effectuer la mesure à to+70j à partir des 3 prismes 4x4x16 cm. Couper la ventilation, l'arrivée de CO2, sortir doucement les prismes et mesurer sa profondeur de carbonatation comme décrit au-dessus. Peser les éprouvettes avant chaque mesure et donc avant fracturation.									

Carbonatation Accélérée à 3% de CO2

B6

Timing	Échéances	Opérateur	Prismes	Faces	Mesure profondeur carbo (mm)	MOYENNE (mm)	ECART TYPE	pesée (g)				
28	01/12/2021	AC	prisme 1	Face 1	7	5,8	0,99	567,03				
					5,5							
					6							
					5,5							
				Face 2	5,5							
					6							
					5							
					4,5							
				Face 3	4							
					4							
					5,5							
					5,5							
			Face 4	6								
				6								
				6,5								
				6,5								
			prisme 2	Face 1	6			5,8	0,99	567,06		
					5,5							
					6							
					6							
				Face 2	4							
					4							
					5							
					4,5							
				Face 3	4,5							
					7							
					7							
					6							
			Face 4	6								
				7								
				6,5								
				7								
			prisme 3	Face 1	6,5					5,8	0,99	565,56
					7							
					6							
					5,5							
Face 2	5											
	4,5											
	4											
	4											
Face 3	4											
	4											
	4											
	6											
Face 4	5,5											
	5,5											
	5,5											
	6											
Face 4	7,5											
	7											
	7											
	7											
Face 4	7,5											
	7											
	7											
	7,5											

Carbonatation et suivi de masse du mortier de référence pour le béton B6

	WBS:		CURE HUMIDE
	ETUDE:	Fastcarb	
	CLIENT:	LCR	
	DEMANDEUR:	G. PHAM	
	REF. BETON:	B6	

ESSAI DE CARBONATATION ACCELEREE EN - Mode opératoire Version 5
Test effectué à partir de 5 cylindres 11*22 cm

Date de confection des éprouvettes : 15/07/2021

Heure de gâchage :

Résultats :

	Timing essais			pesées (g) - Bala 179				Perte après séchage (%)	Perte après conservation (%)		
	1	CONSERVATION 24h00 après gâchage en salle de gâchage		avant imp	après imp	après séchage 45°C	après 7j 20°C 65% Hr				
Premières opérations à effectuer après gâchage	16/07/2021 à 00:00	à To+24h00 Démouler puis placer les cylindres dans l'eau (limiter la quantité d'eau en recouvrant les cylindres) ou en salle humide à 20°C +/- 2°C et 98% Hr									
	Avant to+90j	Sciage des 5 cylindres 11*22 cm pour obtenir 10 éprouvettes 11*10,5 cm		Date sciage							
				ép.1a	2457,97	2463,16	2374,20	2374,66	-3,62%	-0,20%	
				ép.1b	2397,62	2402,94	2318,69	2318,48	-3,51%	-0,24%	
				ép.2a	2414,00	2419,37	2308,92	2311,69	-4,58%	-0,11%	
				ép.2b	2443,56	2448,95	2336,68	2340,46	-4,59%	-0,07%	
				ép.3a	2443,73	2448,97	2351,86	2353,74	-3,97%	-0,14%	
				ép.3b	2395,16	2400,42	2305,78	2307,42	-3,95%	-0,16%	
				ép.4a	2475,10	2480,32	2374,88	2377,20	-4,26%	-0,12%	
				ép.4b	2387,93	2393,04	2283,63	2286,46	-4,58%	-0,10%	
			ép.5a	2441,17	2446,41	2390,92	2386,26	-2,27%	-0,41%		
	27/10/2021	Après 14j de séchage (Si perte de masse sur prismes 4*4*16cm de mortier > 5,5%) placer les cylindres 11*10,5 cm en enceinte climatique à 20+/-3°C et 65+/-5% Hr pendant 7+/-0,5j		ép.5b	2415,42	2420,58	2358,21	2355,57	-2,58%	-0,33%	Total
	03/11/2021	A to+111 j, placer les cylindres dans l'enceinte de carbonatation réglée à : 3% +/- 0,5% de CO2, 20°C +/- 3°C et à 65% +/-5% Hr. On gardera un espace autour descylindres de 30mm. Démarrer rapidement l'essai. Principe de la mesure de la profondeur de carbonatation : Découper perpendiculairement dans la longueur des cylindres à l'aide d'un coupe-pavé. Humidifier les deux surfaces fracturées de la tranche avec une éponge. Asperger les deux surfaces fracturées d'une solution de phénolphtaleïne 0,5%. 60 +/- 5 min après l'aspersion, prendre une photo des surfaces colorées et mesurer Sur les 4 faces moulées, en 5 points équidistants par face, à 1/4 mm près, la profondeur de carbonatation (total 10 points de mesure par surface). Ne pas faire de mesures à moins de 10 mm des angles. Si la mesure tombe au droit d'un granulat, extrapoler à partir des mesures faites de part et d'autre de ce granulat. Dans le tableau de mesures reporter les profondeurs mini et maxi, la moyenne et l'écart-type par face, en précisant bien la nature des faces, calculer et reporter la moyenne et l'écart-type sur les 4 faces.						-3,79%	-0,19%	-3,98%	
Mesures	Effectuer la mesure à to à partir d'une éprouvette 11*10,5 cm. Renouveler la mesure sur 3 éprouvettes 11*10,5 cm à 28, 42 et 70 jours de conservation dans l'enceinte, couper la ventilation, l'arrivée de CO2, sortir doucement les cylindres et mesurer sa profondeur de carbonatation comme décrit au-dessus. Peser les éprouvettes avant chaque mesure et donc avant fracturation.										

Carbonatation Accélérée à 3% de CO2

B6

Timing	Echéances	Opérateur	Prismes	Faces	Mesure profondeur carbo (mm)	pesée (g)
0	03/11/2021	AC	ép1a	Face 1	0	2374,66
					0	
					0	
					0	
					0	
			Face 2	0		
				0		
				0		
				0		
				0		
28	01/12/2021		ép1b	Face 1	9	2327,8
					11	
					9	
					9,5	
					10,5	
			Face 2	8		
				10		
				11		
				12		
				11		
ép2a	Face 1	9	2335,28			
		13				
		10,5				
		7,5				
		8				
Face 2	10,5					
	9					
	10					
	10					
	10					
ép2b	Face 1	9,5	2365,22			
		8,5				
		11				
		10				
		9,5				
Face 2	12,5					
	12					
	12					
	11					
	13,5					
42	15/12/2021	AC	ép3a	Face 1	12	2368,83
					13	
					14	
					14	
					12,5	
			Face 2	11		
				9,5		
				12,5		
				12,5		
				11,5		
ép3b	Face 1	12	2323,81			
		13,5				
		13,5				
		13				
		11,5				
Face 2	12					
	11					
	12					
	11					
	11,5					
ép4a	Face 1	11,5	2398,15			
		12,5				
		11,5				
		11,5				
		11				
Face 2	12					
	12,5					
	12,5					
	11,5					
	11,5					
70	12/01/2022	AC	ép4b	Face 1	13	2318,24
					16,5	
					14	
					14	
					15	
			Face 2	18		
				16		
				19		
				17		
				17		
ép5a	Face 1	12	2371,26			
		13				
		13				
		12				
		12				
Face 2	12					
	13,5					
	13					
	11,5					
	9,5					
ép5b	Face 1	16	2347,59			
		15,5				
		15				
		16				
		16				
Face 2	11,5					
	11					
	12					
	10,5					
	11,5					

Carbonatation et suivi de masse du béton B6

	WBS:	0
	ETUDE:	Fastcarb
	CLIENT:	LCR
	DEMANDEUR:	G. PHAM
	REF. BETON:	B7

ESSAI DE CARBONATATION ACCELEREE EN - Mode opératoire Version 5
Test effectué à partir de 3 prismes 4x4x16 cm

Date de confection des épreuves : 28/09/2021
Heure de gâchage :
Résultats :

	Timing essais								
		28/09/2021	Confection des prismes						
	29/09/2021 à 00:00	à To+24h00 Démouler puis placer les prismes dans l'eau (limiter la quantité d'eau en recouvrant les cylindres) ou en salle humide à 20°C +/- 2°C et 98% Hr							
Premières opérations à effectuer après gâchage	02/11/2021	A to + 90 j (35j +/- 7) réel pour les prismes) sortir les prismes de l'eau, les peser et les placer 14 j en étuve à 45 +/- 5°C et les peser en fin de séchage.	pesées (g)						
			réf	Masse demoulage	sortie cure	après séchage 45°C	après 7j 20°C 65% Hr	Perte après séchage (%)	Perte après conservation (%)
			prisme 1	579,8	584,75	546,47	549,46	-6,55%	-6,04%
			prisme 2	578,8	583,61	544,94	547,92	-6,63%	-6,12%
		prisme 3	578,1	582,97	544,58	547,54	-6,59%	-6,08%	
	16/11/2021	Après 14j de séchage placer les prismes en enceinte climatique à 20 +/- 3°C et 65 +/- 5% Hr pendant 7 +/- 0,5j.							
	23/11/2021	<p>A to+111 j, placer les prismes dans l'enceinte de carbonatation régulée à : 3% +/- 0,5% de CO₂, 20°C +/- 3°C et à 65% +/- 5% Hr. On gardera un espace autour des prismes de 30mm. Démarrer rapidement l'essai.</p> <p style="text-align: center;">Principe de la mesure de la profondeur de carbonatation :</p> <p>Découper perpendiculairement dans la longueur des cylindres à l'aide d'un coupe-pavé. Humidifier les deux surfaces fracturées de la tranche avec une éponge. Asperger les deux surfaces fracturées d'une solution de phénolphtaleine 0,5%. 60 +/- 5 min après l'aspersion, prendre une photo des surfaces colorées et mesurer Sur les 4 faces moulées, en 5 points équidistants par face, à 1/4 mm près, la profondeur de carbonatation (total 10 points de mesure par surface). Ne pas faire de mesures à moins de 10 mm des angles. Si la mesure tombe au droit d'un granulat, extrapoler à partir des mesures faites de part et d'autre de ce granulat. Dans le tableau de mesures reporter les profondeurs mini et maxi, la moyenne et l'écart-type par face, en précisant bien la nature des faces, calculer et reporter la moyenne et l'écart-type sur les 4 faces.</p>							
Mesures	Effectuer la mesure à to+70j à partir des 3 prismes 4x4x16 cm. Couper la ventilation, l'arrivée de CO ₂ , sortir doucement les prismes et mesurer sa profondeur de carbonatation comme décrit au-dessus. Peser les épreuves avant chaque mesure et donc avant fracturation.								

Carbonatation Accélérée à 3% de CO2

B7

Timing	Échéances	Opérateur	Prismes	Faces	Mesure profondeur carbo (mm)	MOYENNE (mm)	ECART TYPE	pesée (g)				
28	21/12/2021	AC	prisme 1	Face 1	6	5,5	0,93	567,28				
					6							
					6,5							
					6,5							
				Face 2	5,5							
					4,5							
					4,5							
					4							
				Face 3	4,5							
					6							
					6							
					5,5							
			Face 4	5,5								
				6								
				6,5								
				6,5								
			prisme 2	Face 1	6,5			5,5	0,93	565,54		
					6							
					6,5							
					6							
				Face 2	6							
					6,5							
					6							
					6							
				Face 3	5,5							
					4,5							
					5,5							
					5,5							
			Face 4	5								
				6								
				4								
				4								
			prisme 3	Face 1	4					5,5	0,93	565,14
					5,5							
					5,5							
					5,5							
Face 2	5,5											
	4,5											
	3,5											
	3,5											
Face 3	4											
	4											
	6											
	6											
Face 4	6,5											
	6,5											
	6,5											
	6											
Face 4	6											
	6											
	6											
	6											
Face 4	6											
	6											
	6											
	6,5											

Carbonatation et suivi de masse du mortier de référence pour le béton B7

	WBS:		CURE HUMIDE
	ETUDE:	Fastcarb	
	CLIENT:	LCR	
	DEMANDEUR:	G. PHAM	
	REF. BETON:	B7	

ESSAI DE CARBONATATION ACCELEREE EN - Mode opératoire Version 5
Test effectué à partir de 5 cylindres 11*22 cm

Date de confection des éprouvettes : 04/08/2021

Heure de gâchage :

Résultats :

	Timing essais											
	1		CONSERVATION 24h00 après gâchage en salle de gâchage									
	05/08/2021 à 00:00		à To+24h00 Démouler puis placer les cylindres dans l'eau (limiter la quantité d'eau en recouvrant les cylindres) ou en salle humide à 20°C +/- 2°C et 98% Hr									
	Avant to+90j		Sciage des 5 cylindres 11*22 cm pour obtenir 10 éprouvettes 11*10,5 cm		Date sciage		14/10/2021					
Premières opérations à effectuer après gâchage	02/11/2021		A to + 90 j sortir les cylindres de l'eau, les peser, les imperméabiliser (les faces supérieures et inférieures), les peser après imperméabilisation et les placer 14 j en étuve à 45+/-5°C et les peser en fin de séchage.	pesées (g) - Bala 179				Perte après séchage (%)	Perte après conservation (%)			
				réf	avant imp	après imp	après séchage 45°C			après 7j 20°C 65% Hr		
				ép.1a	2444,35	2449,69	2409,89			2406,82	-1,63%	-0,35%
				ép.1b	2404,36	2409,79	2377,36			2375,11	-1,35%	-0,32%
				ép.2a	2457,94	2463,35	2418,74			2415,80	-1,81%	-0,35%
				ép.2b	2375,07	2380,44	2311,83			2307,31	-2,89%	-0,43%
				ép.3a	2440,13	2445,57	2362,57			2358,38	-3,40%	-0,41%
				ép.3b	2398,81	2404,24	2361,35			2358,26	-1,79%	-0,36%
				ép.4a	2402,66	2408,03	2358,52			2355,73	-2,06%	-0,35%
	ép.4b	2452,79	2458,23	2361,93	2360,03	-3,93%	-0,31%					
ép.5a	2444,41	2449,71	2365,13	2362,49	-3,46%	-0,34%						
16/11/2021			Après 14j de séchage (Si perte de masse sur prismes 4*4*16cm de mortier > 5,5%) placer les cylindres 11*10,5 cm en enceinte climatique à 20+/-3°C et 65+/-5% Hr pendant 7+/-0,5j	ép.5b	2361,36	2366,82	2246,98	2248,55	-5,08%	-0,17%	Total	
23/11/2021			A to+111 j, placer les cylindres dans l'enceinte de carbonatation régulée à : 3% +/- 0,5% de CO ₂ , 20°C +/- 3°C et à 65% +/-5% Hr. On gardera un espace autour descylindres de 30mm. Démarrer rapidement l'essai. Principe de la mesure de la profondeur de carbonatation : Découper perpendiculairement dans la longueur des cylindres à l'aide d'un coupe-pavé. Humidifier les deux surfaces fracturées de la tranche avec une éponge. Asperger les deux surfaces fracturées d'une solution de phénolphthaleine 0,5%. 60 +/- 5 min après l'aspersion, prendre une photo des surfaces colorées et mesurer Sur les 4 faces moulées, en 5 points équidistants par face, à 1/4 mm près, la profondeur de carbonatation (total 10 points de mesure par surface). Ne pas faire de mesures à moins de 10 mm des angles. Si la mesure tombe au droit d'un granulats, extrapoler à partir des mesures faites de part et d'autre de ce granulats. Dans le tableau de mesures reporter les profondeurs mini et maxi, la moyenne et l'écart-type par face, en précisant bien la nature des faces, calculer et reporter la moyenne et l'écart-type sur les 4 faces.					-2,74%	-0,34%	-3,08%		
Mesures	Effectuer la mesure à to à partir d'une éprouvette 11*10,5 cm. Renouveler la mesure sur 3 éprouvettes 11*10,5 cm à 28, 42 et 70 jours de conservation dans l'enceinte, couper la ventilation, l'arrivée de CO ₂ , sortir doucement les cylindres et mesurer sa profondeur de carbonatation comme décrit au-dessus. Peser les éprouvettes avant chaque mesure et donc avant fracturation.											

Carbonatation Accélérée à 3% de CO2

B7

Timing	Echéances	Opérateur	Prismes	Faces	Mesure profondeur carbo (mm)	pesée (g)	
0	23/11/2021	AC	ép1a	Face 1	0	2406,82	
					0		
					0		
				Face 2	0		
					0		
					0		
			ép1b	Face 1	0		2364,18
					0		
					0		
				Face 2	0		
					0		
					0		
28	21/12/2021	AC	ép2a	Face 1	0	2398,03	
					0		
					0		
				Face 2	0		
					0		
					0		
			ép2b	Face 1	5	2298,75	
					7		
					10		
				Face 2	5,5		
					7,5		
					3		
42	04/01/2022	AC	ép3a	Face 1	0	2356,74	
					0		
					0		
				Face 2	6		
					9		
					0		
			ép3b	Face 1	0	2336,06	
					0		
					0		
				Face 2	0		
					0		
					0		
ép4a	Face 1	0	2232,49				
		0					
		0					
	Face 2	9					
		4,5					
		3,5					
70	01/02/2022	AC	ép4b	Face 1	16,5	2371,44	
					15		
					13		
				Face 2	14		
					14		
					13,5		
			ép5a	Face 1	13	2359,44	
					14		
					15		
				Face 2	12,5		
					12		
					11,5		
ép5b	Face 1	11,5	2277,97				
		14,5					
		14,5					
	Face 2	15					
		15					
		12,5					

Carbonatation et suivi de masse du béton B7



**DETERMINATION DE LA RESISTANCE A LA CARBONATATION DU BETON
METHODE DE LA CARBONATATION ACCELEREE**

Laboratoire Lafarge France - Pôle bétons
95 rue du Montmurier
38070 Saint Quentin Fallavier

Saint Quentin Fallavier, le 3/5/2023

IDENTIFICATION DU DEMANDEUR

Société / Agence	Projet Nation PERFDUB
Responsable	
Référence du rapport d'essai	CARBO-ACC-RAPP-2021-371-2

IDENTIFICATION DU MATERIAU SOUMIS A ESSAI

Désignation du matériau	PERFDUB B8 bis		
Date de prélèvement / gâchage	1/9/2021	Lieu de prélèvement	Laboratoire France
Age du béton	90j	Référence de l'étude	2021-371

RESULTATS

Date début essais 30/11/2021

Date fin essai : 1/3/2022

Suivi des pertes de masse des mortiers

4*4*16	Masses initiale (g)	Masses après séchage à 45°C (g)	Perte de masse (%)
A	596,2	554,3	7,0
B	594,8	558,4	6,1
C	593,9	556,9	6,2

Suivi des pertes de masse des corps d'épreuves

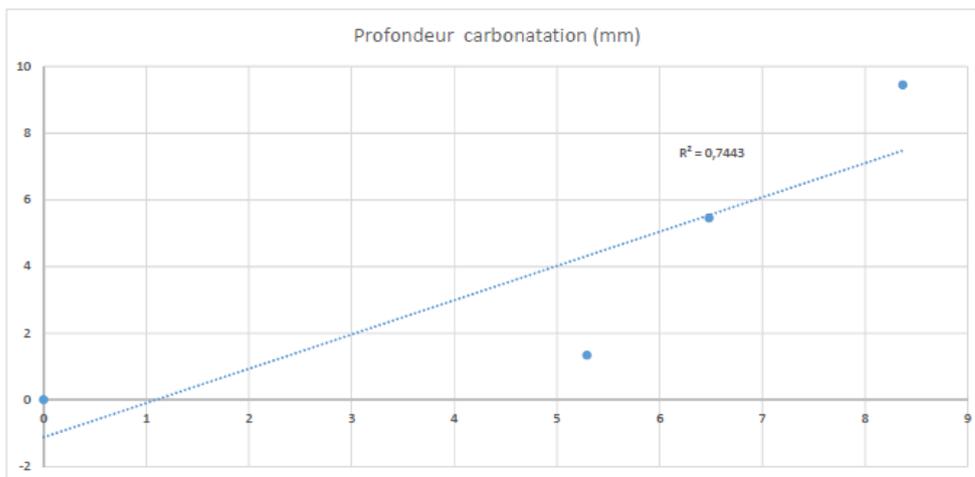
Échéances (j)	Dates	Faces	Masse après imperméabilisation (g)	Masse après séchage (g)	Masse après carbonatation (g)	Perte de masse (%)
0	21/12/2021	1 A	2658,5	2626,5	2628,1	1,1
		1 B				
28	18/1/2022	2 A	2740,1	2711,0	2718,4	0,8
		2 B				
		3 A	2647,1	2610,7	2624,0	0,9
		3 B				
		4 A	2721,5	2690,3	2698,2	0,9
		4 B				
42	1/2/2022	5 A	2649,3	2611,8	2625,2	0,9
		5 B				
		6 A	2740,4	2704,6	2716,3	0,9
		6 B				
		7 A	2593,3	2557,2	2569,3	0,9
		7 B				
70	1/3/2022	8 A	2753,0	2717,7	2730,4	0,8
		8 B				
		9 A	2628,0	2589,9	2603,4	0,9
		9 B				
		10 A	2701,3	2667,1	2678,0	0,9
		10 B				



**DETERMINATION DE LA RESISTANCE A LA CARBONATATION DU BETON
METHODE DE LA CARBONATATION ACCELEREE**

Détermination de la vitesse de carbonatation par régression linéaire (mm/jours^{1/2})

Échéance (j)	0	28	42	70
Échéance (j ^{1/2})	0,0	5,3	6,5	8,4
Profondeur carbonatation (mm)	0,0	1,3	5,5	9,4



Observation :

Visa :

G. HOAREAU



**DETERMINATION DE LA RESISTANCE A LA CARBONATATION DU BETON
METHODE DE LA CARBONATATION ACCELEREE**

Laboratoire Lafarge France - Pôle bétons
95 rue du Montmurier
38070 Saint Quentin Fallavier

Saint Quentin Fallavier, le 3/5/2023

IDENTIFICATION DU DEMANDEUR

Société / Agence	Projet Nation PERFDUB
Responsable	
Référence du rapport d'essai	CARBO-ACC-RAPP-2021-371-3

IDENTIFICATION DU MATERIAU SOUMIS A ESSAI

Désignation du matériau	PERFDUB B9		
Date de prélèvement / gâchage	15/9/2021	Lieu de prélèvement	Laboratoire France
Age du béton	90j	Référence de l'étude	2021-371

RESULTATS

Date début essais 21/12/2021

Date fin essai : 22/3/2022

Suivi des pertes de masse des mortiers

4*4*16	Masses initiale (g)	Masses après séchage à 45°C (g)	Perte de masse (%)
A	599,2	562,3	6,2
B	600,1	564,6	5,9
C	598,8	562,8	6,0

Suivi des pertes de masse des corps d'épreuves

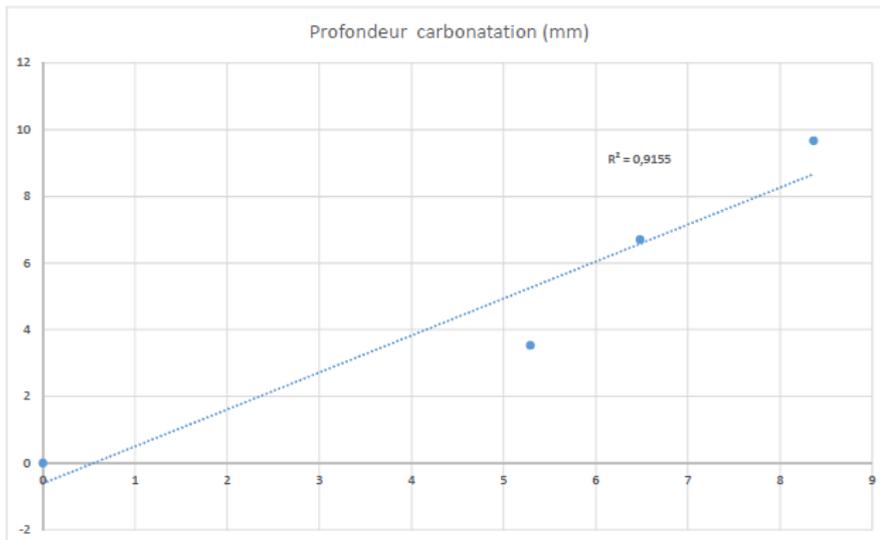
Échéances (j)	Dates	Faces	Masse après imperméabilisation (g)	Masse après séchage (g)	Masse après carbonatation (g)	Perte de masse (%)
0	11/1/2022	1 A	2748,6	2698,7	2699,9	1,8
		1 B				
28	8/2/2022	2 A	2572,5	2537,6	2541,9	1,2
		2 B				
		3 A	2715,5	2665,5	2672,5	1,6
		3 B				
		4 A	2606,3	2569,0	2576,0	1,2
		4 B				
42	22/2/2022	5 A	2741,4	2701,6	2709,6	1,2
		5 B				
		6 A	2567,6	2529,6	2537,3	1,2
		6 B				
		7 A	2690,1	2643,2	2652,9	1,4
		7 B				
70	22/3/2022	8 A	2572,9	2535,5	2543,2	1,2
		8 B				
		9 A	2705,1	2663,6	2674,4	1,1
		9 B				
		10 A	2568,7	2535,2	2540,3	1,1
		10 B				



DETERMINATION DE LA RESISTANCE A LA CARBONATATION DU BETON
METHODE DE LA CARBONATATION ACCELEREE

Détermination de la vitesse de carbonatation par régression linéaire (mm/jours^{1/2})

Échéance (j)	0	28	42	70
Échéance (j ^{1/2})	0,0	5,3	6,5	8,4
Profondeur carbonatation (mm)	0,0	3,5	6,7	9,7



Observation :

Visa :

G. HOAREAU

Carbonatation et suivi de masse du béton B9 – Exposition 100% CO₂ entre jour 61 et 62 (dysfonctionnement équipement)



**DETERMINATION DE LA RESISTANCE A LA CARBONATATION DU BETON
METHODE DE LA CARBONATATION ACCELEREE**

Laboratoire Lafarge France - Pôle bétons
95 rue du Montmurier
38070 Saint Quentin Fallavier

Saint Quentin Fallavier, le 4/5/2023

IDENTIFICATION DU DEMANDEUR

Société / Agence	Projet Nation PERFDUB
Responsable	
Référence du rapport d'essai	CARBO-ACC-RAPP-2022-35-1

IDENTIFICATION DU MATERIAU SOUMIS A ESSAI

Désignation du matériau	PERFDUB B10		
Date de prélèvement / gâchage	29/9/2021	Lieu de prélèvement	Laboratoire France
Age du béton	97	Référence de l'étude	2022-35

RESULTATS

Date début essais : 4/1/2022

Date fin essai : 5/4/2022

Suivi des pertes de masse des mortiers

4*4*16	Masses initiale (g)	Masses après séchage à 45°C (g)	Perte de masse (%)
A	603,6	557,0	7,7
B	605,4	558,6	7,7
C	604,0	558,6	7,5

Suivi des pertes de masse des corps d'épreuves

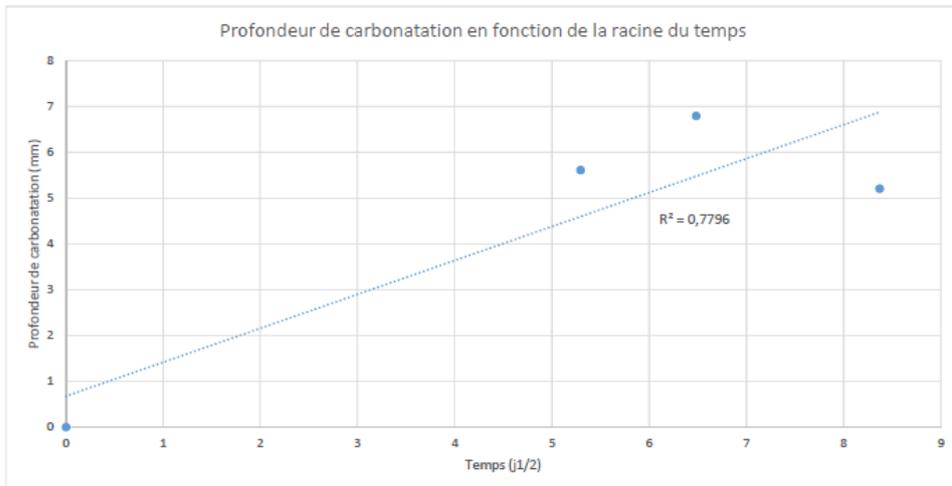
Échéances (j)	Dates	Faces	Masse après imperméabilisation (g)	Masse après séchage (g)	Masse après carbonatation (g)	Perte de masse (%)
0	25/1/2022	1 A	2554,6	2504,7	2506,4	1,9
		1 B				
28	22/2/2022	2 A	2629,1	2573,8	2588,9	1,5
		2 B				
		3 A	2554,7	2505,9	2518,3	1,4
		3 B				
		4 A	2611,7	2559,8	2573,6	1,5
		4 B				
42	8/3/2022	5 A	2557,2	2509,6	2522,4	1,4
		5 B				
		6 A	2640,2	2591,4	2599,6	1,5
		6 B				
		7 A	2606,0	2554,5	2568,8	1,4
		7 B				
70	5/4/2022	8 A	2605,3	2555,8	2574,4	1,2
		8 B				
		9 A	2566,5	2516,4	2535,2	1,2
		9 B				
		10 A	2626,8	2574,7	2595,6	1,2
		10 B				



**DETERMINATION DE LA RESISTANCE A LA CARBONATATION DU BETON
METHODE DE LA CARBONATATION ACCELEREE**

Détermination de la vitesse de carbonatation par régression linéaire (mm/jours^{1/2})

Échéance (j)	0	28	42	70
Échéance (j ^{1/2})	0,0	5,3	6,5	8,4
Profondeur carbonatation (mm)	0,0	5,6	6,8	5,2



Observation :	Visa : G. HOAREAU
---------------	----------------------

Carbonatation et suivi de masse du béton B10 – Exposition 100% CO₂ entre jour 40 et 41 (dysfonctionnement équipement)



**DETERMINATION DE LA RESISTANCE A LA CARBONATATION DU BETON
METHODE DE LA CARBONATATION ACCELEREE**

Laboratoire Lafarge France - Pôle bétons
95 rue du Montmurier
38070 Saint Quentin Fallavier

Saint Quentin Fallavier, le 4/5/2023

IDENTIFICATION DU DEMANDEUR

Société / Agence	Projet Nation PERFDUB
Responsable	
Référence du rapport d'essai	CARBO-ACC-RAPP-2022-35-3

IDENTIFICATION DU MATERIAU SOUMIS A ESSAI

Désignation du matériau	PERFDUB B11		
Date de prélèvement / gâchage	13/10/2021	Lieu de prélèvement	Laboratoire France
Age du béton	90	Référence de l'étude	2022-35

RESULTATS

Date début essais : 11/1/2022

Date fin essai : 12/4/2022

Suivi des pertes de masse des mortiers

4*4*16	Masses initiale (g)	Masses après séchage à 45°C (g)	Perte de masse (%)
A	605,2	568,1	6,1
B	604,3	567,0	6,2
C	603,8	565,6	6,3

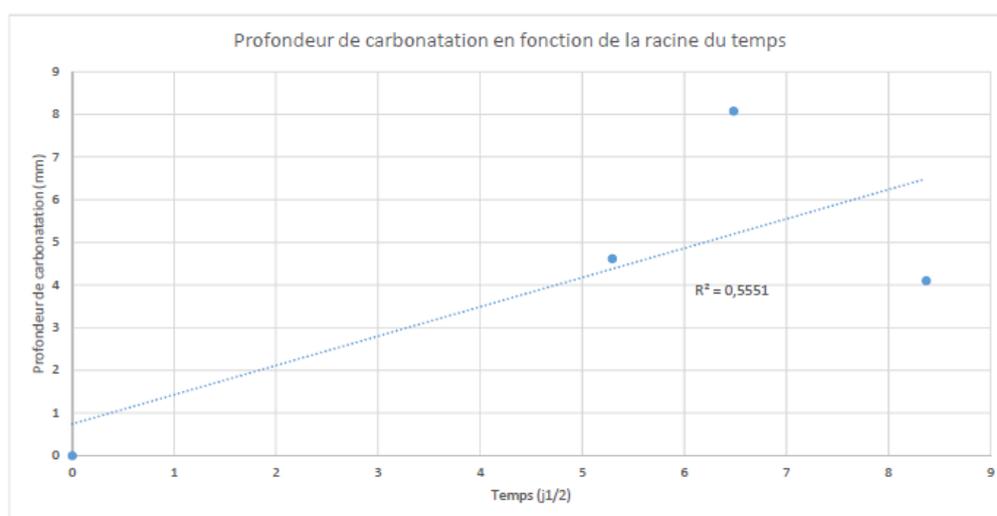
Suivi des pertes de masse des corps d'épreuves

Échéances (j)	Dates	Faces	Masse après imperméabilisation (g)	Masse après séchage (g)	Masse après carbonatation (g)	Perte de masse (%)
0	1/2/2022	1 A	2634,2	2590,7	2591,8	1,6
		1 B				
28	1/3/2022	2 A	2659,3	2619,7	2626,6	1,2
		2 B				
		3 A	2599,8	2556,5	2565,1	1,3
		3 B				
		4 A	2677,4	2634,4	2644,0	1,2
		4 B				
42	15/3/2022	5 A	2619,7	2582,9	2583,8	1,4
		5 B				
		6 A	2648,5	2605,9	2615,8	1,2
		6 B				
		7 A	2666,6	2623,2	2635,0	1,2
		7 B				
70	12/4/2022	8 A	2633,4	2594,3	2605,7	1,1
		8 B				
		9 A	2613,5	2568,3	2584,4	1,1
		9 B				
		10 A	2669,4	2624,9	2639,6	1,1
		10 B				

LAFARGE DETERMINATION DE LA RESISTANCE A LA CARBONATATION DU BETON
METHODE DE LA CARBONATATION ACCELEREE

Détermination de la vitesse de carbonatation par régression linéaire (mm/jours^{1/2})

Échéance (j)	0	28	42	70
Échéance (j ^{1/2})	0,0	5,3	6,5	8,4
Profondeur carbonatation (mm)	0,0	4,6	8,1	4,1



Observation :	Visa : G. HOAREAU
---------------	----------------------

Carbonatation et suivi de masse du béton B11 – Exposition 100% CO₂ entre jour 40 et 41 (dysfonctionnement équipement)



**DETERMINATION DE LA RESISTANCE A LA CARBONATATION DU BETON
METHODE DE LA CARBONATATION ACCELEREE**

Laboratoire Lafarge France - Pôle bétons
95 rue du Montmurier
38070 Saint Quentin Fallavier

Saint Quentin Fallavier, le 4/5/2023

IDENTIFICATION DU DEMANDEUR

Société / Agence	Projet Nation PERFDUB		
Responsable			
Référence du rapport d'essai	CARBO-ACC-RAPP-2022-35-5		

IDENTIFICATION DU MATERIAU SOUMIS A ESSAI

Désignation du matériau	PERFDUB B12		
Date de prélèvement / gâchage	9/11/2021	Lieu de prélèvement	Laboratoire France
Age du béton	90	Référence de l'étude	2022-35

RESULTATS

Date début essais : 7/2/2022

Date fin essai : 9/5/2022

Suivi des pertes de masse des mortiers

4*4*16	Masses initiale (g)	Masses après séchage à 45°C (g)	Perte de masse (%)
A	598,0	562,1	6,0
B	598,5	563,0	5,9
C	597,8	562,3	5,9

Suivi des pertes de masse des corps d'épreuves

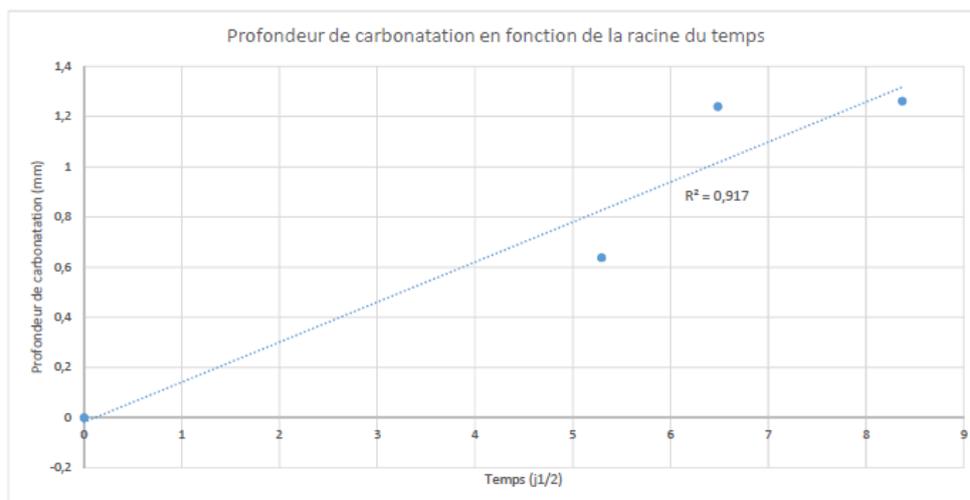
Échéances (j)	Dates	Faces	Masse après imperméabilisation (g)	Masse après séchage (g)	Masse après carbonatation (g)	Perte de masse (%)
0	28/2/2022	1 A	2527,0	2490,8	2490,8	1,4
		1 B				
28	28/3/2022	2 A	2645,9	2620,8	2619,3	1,0
		2 B				
		3 A	2682,5	2651,7	2652,3	1,1
		3 B				
		4 A	2674,4	2641,9	2642,5	1,2
		4 B				
42	11/4/2022	5 A	2668,3	2633,7	2637,0	1,2
		5 B				
		6 A	2477,5	2444,3	2446,5	1,3
		6 B				
		7 A	2498,4	2458,3	2465,9	1,3
		7 B				
70	9/5/2022	8 A	2700,4	2669,7	2666,6	1,3
		8 B				
		9 A	2514,8	2477,6	2478,3	1,5
		9 B				
		10 A	2457,3	2426,1	2421,2	1,5
		10 B				



**DETERMINATION DE LA RESISTANCE A LA CARBONATATION DU BETON
 METHODE DE LA CARBONATATION ACCELEREE**

Détermination de la vitesse de carbonatation par régression linéaire (mm/jours^{1/2})

Échéance (j)	0	28	42	70
Échéance (j ^{1/2})	0,0	5,3	6,5	8,4
Profondeur carbonatation (mm)	0,0	0,6	1,2	1,3



Observation :	Visa : G. HOAREAU
---------------	----------------------

Carbonatation et suivi de masse du béton B12 – Exposition 100% CO₂ entre jour 13 et 14 (dysfonctionnement équipement)



**DETERMINATION DE LA RESISTANCE A LA CARBONATATION DU BETON
METHODE DE LA CARBONATATION ACCELEREE**

Laboratoire Lafarge France - Pôle bétons
95 rue du Montmurier
38070 Saint Quentin Fallavier

Saint Quentin Fallavier, le 4/5/2023

IDENTIFICATION DU DEMANDEUR

Société / Agence	Projet Nation PERFDUB
Responsable	
Référence du rapport d'essai	CARBO-ACC-RAPP-2022-35-7

IDENTIFICATION DU MATERIAU SOUMIS A ESSAI

Désignation du matériau	PERFDUB B13		
Date de prélèvement / gâchage	17/11/2021	Lieu de prélèvement	Laboratoire France
Age du béton	90	Référence de l'étude	2022-35

RESULTATS

Date début essais : 15/2/2022

Date fin essai : 17/5/2022

Suivi des pertes de masse des mortiers

4*4*16	Masses initiale (g)	Masses après séchage à 45°C (g)	Perte de masse (%)
A	599,5	562,1	6,2
B	599,8	563,1	6,1
C	600,0	562,3	6,3

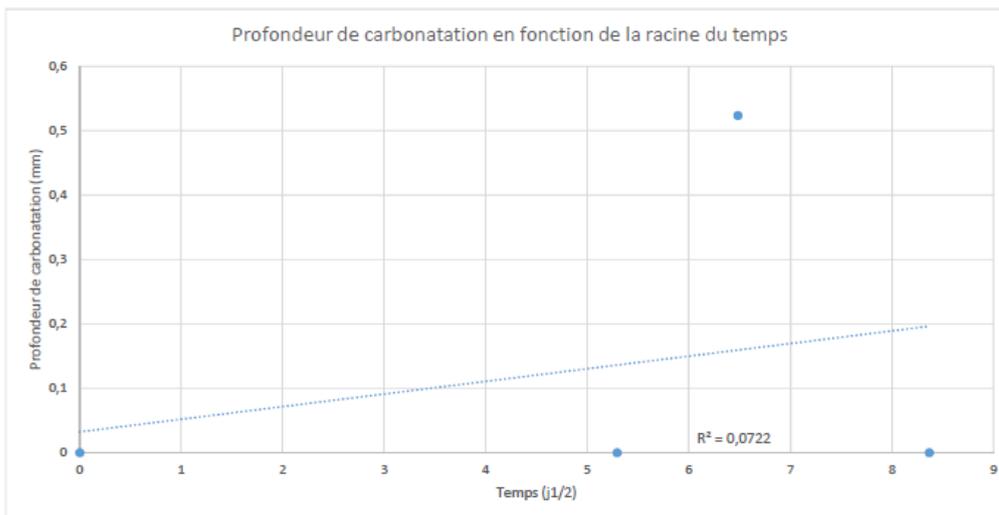
Suivi des pertes de masse des corps d'épreuves

Échéances (j)	Dates	Faces	Masse après imperméabilisation (g)	Masse après séchage (g)	Masse après carbonatation (g)	Perte de masse (%)
0	8/3/2022	1 A	2615,3	2584,3	2584,4	1,2
		1 B				
28	5/4/2022	2 A	2649,8	2619,3	2622,1	1,0
		2 B				
		3 A	2622,8	2588,9	2593,7	1,1
		3 B				
		4 A	2579,1	2547,3	2551,6	1,1
		4 B				
42	19/4/2022	5 A	2601,9	2567,5	2572,8	1,1
		5 B				
		6 A	2602,4	2575,7	2577,6	1,0
		6 B				
		7 A	2625,0	2586,7	2593,1	1,2
		7 B				
70	17/5/2022	8 A	2567,7	2537,5	2545,1	0,9
		8 B				
		9 A	2601,2	2567,1	2571,5	1,1
		9 B				
		10 A	2634,5	2603,5	2607,9	1,0
		10 B				

LAFARGE DETERMINATION DE LA RESISTANCE A LA CARBONATATION DU BETON
 METHODE DE LA CARBONATATION ACCELEREE

Détermination de la vitesse de carbonatation par régression linéaire (mm/jours^{1/2})

Échéance (j)	0	28	42	70
Échéance (j ^{1/2})	0,0	5,3	6,5	8,4
Profondeur carbonatation (mm)	0,0	0,0	0,5	0,0



Observation :	Visa : G. HOAREAU
---------------	----------------------

Carbonatation et suivi de masse du béton B13 – Exposition 100% CO₂ entre jour 6 et 7 (dysfonctionnement équipement)



**DETERMINATION DE LA RESISTANCE A LA CARBONATATION DU BETON
METHODE DE LA CARBONATATION ACCELEREE**

Laboratoire Lafarge France - Pôle bétons
95 rue du Montmurier
38070 Saint Quentin Fallavier

Saint Quentin Fallavier, le 4/5/2023

IDENTIFICATION DU DEMANDEUR

Société / Agence	Projet Nation PERFDUB		
Responsable			
Référence du rapport d'essai	CARBO-ACC-RAPP-2022-35-9		

IDENTIFICATION DU MATERIAU SOUMIS A ESSAI

Désignation du matériau	PERFDUB B14		
Date de prélèvement / gâchage	24/11/2021	Lieu de prélèvement	Laboratoire France
Age du béton	90	Référence de l'étude	2022-35

RESULTATS

Date début essais : 22/2/2022

Date fin essai : 24/5/2022

Suivi des pertes de masse des mortiers

4*4*16	Masses initiale (g)	Masses après séchage à 45°C (g)	Perte de masse (%)
A	601,5	563,9	6,3
B	602,7	565,2	6,2
C	603,3	565,0	6,3

Suivi des pertes de masse des corps d'épreuves

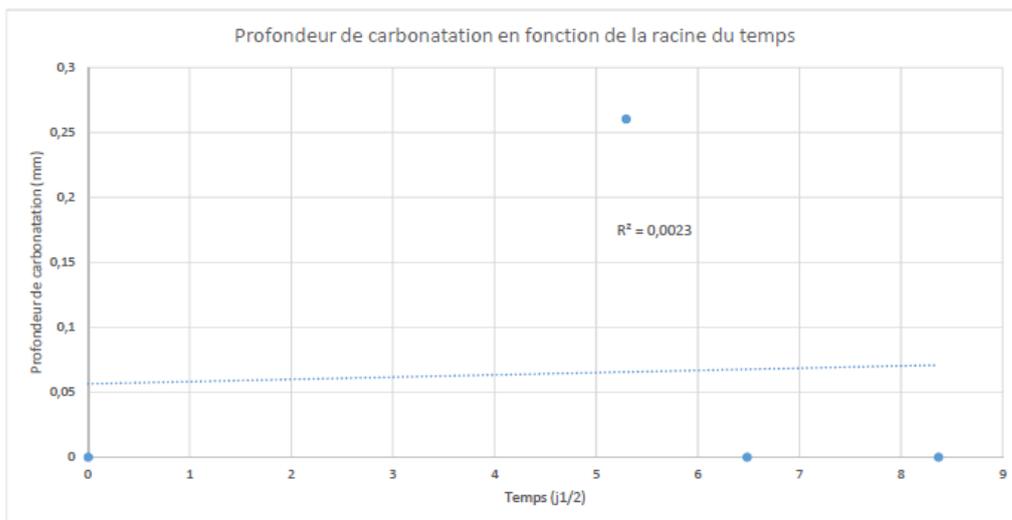
Échéances (j)	Dates	Faces	Masse après imperméabilisation (g)	Masse après séchage (g)	Masse après carbonatation (g)	Perte de masse (%)
0	15/3/2022	1 A	2572,8	2548,4	2547,5	1,0
		1 B				
28	12/4/2022	2 A	2546,0	2514,6	2515,2	1,2
		2 B				
		3 A	2613,0	2580,5	2581,9	1,2
		3 B				
		4 A	2530,0	2502,8	2501,9	1,1
		4 B				
42	26/4/2022	5 A	2559,0	2524,8	2525,4	1,3
		5 B				
		6 A	2544,9	2510,6	2512,7	1,3
		6 B				
		7 A	2509,2	2483,3	2483,6	1,0
		7 B				
70	24/5/2022	8 A	2592,9	2559,0	2558,4	1,3
		8 B				
		9 A	2524,3	2490,6	2491,0	1,3
		9 B				
		10 A	2580,8	2553,8	2547,5	1,3
		10 B				



**DETERMINATION DE LA RESISTANCE A LA CARBONATATION DU BETON
 METHODE DE LA CARBONATATION ACCELEREE**

Détermination de la vitesse de carbonatation par régression linéaire (mm/jours^{1/2})

Échéance (j)	0	28	42	70
Échéance (j ^{1/2})	0,0	5,3	6,5	8,4
Profondeur carbonatation (mm)	0,0	0,3	0,0	0,0



Observation :

Visa :

G. HOAREAU

	WBS:		CURE HUMIDE
	ETUDE:	Fastcarb	
	CLIENT:	LCR	
	DEMANDEUR:	G. PHAM	
	REF. BETON:	C1	

ESSAI DE CARBONATATION ACCELEREE EN - Mode opératoire Version 5
 Test effectué à partir de 5 cylindres 11*22 cm

Date de confection des éprouvettes : 20/08/2021 ?
 Heure de gâchage :
 Résultats :

Timing essais	1		Date sciage		pesées (g) - Bala 179		Perte après séchage (%)	Perte après conservation (%)		
	réf	avant imp	après imp	après séchage 45°C	après 7j 20°C 65% Hr					
21/08/2021 à 00:00	à To+24h00 Démouler puis placer les cylindres dans l'eau (limiter la quantité d'eau en recouvrant les cylindres) ou en salle humide à 20°C +/- 2°C et 98% Hr		11/10/2021							
Avant to+90j	Sciage des 6 carottes pour obtenir 12 éprouvettes cylindriques 10*10 cm									
Premières opérations à effectuer après gâchage	17/11/2021	A to + 89 j sortir les cylindres de l'eau, les immerger sous vide 24h	C1 A1a	1863,84	1879,33	1836,78	1836,50	-2,28%	-0,86%	
			C1 A1b	1867,67	1882,68	1838,04	1837,77	-2,39%	-0,83%	
			C1 A2a	1877,18	1892,25	1849,26	1848,67	-2,29%	-0,85%	
			C1 A2b	1864,80	1879,72	1835,50	1834,88	-2,37%	-0,85%	
	18/11/2021	A to + 90 j sortir les cylindres de l'eau, les peser, les imperméabiliser (les faces supérieures et inférieures), les peser après imperméabilisation et les placer 14 j en étuve à 45+/-5°C et les peser en fin de séchage.	C1 A3a	1862,65	1877,33	1828,24	1828,19	-2,64%	-0,81%	
			C1 A3b	1878,83	1893,62	1845,96	1845,71	-2,54%	-0,81%	
			C1 A4a	1892,82	1907,66	1854,84	1855,17	-2,79%	-0,78%	
			C1 A4b	1893,17	1907,83	1856,21	1856,01	-2,73%	-0,80%	
			C1 A5a	1906,49	1921,14	1862,59	1862,81	-3,07%	-0,77%	
			C1 A5b	1774,11	1789,03	1731,76	1732,08	-3,23%	-0,84%	
01/12/2021	Après 14j de séchage (Si perte de masse sur prismes 4*4*16cm de mortier > 5,5%) placer les cylindres 11*10,5 cm en enceinte climatique à 20+/-3°C et 65+/-5% Hr pendant 7+/-0,5j	C1 A6b	1888,50	1903,20	1860,75	1860,39	-2,25%	-0,81%	Total	
09/12/2021	A to+111 j, placer les cylindres dans l'enceinte de carbonatation réglée à : 3% +/- 0,5% de CO2, 20°C +/- 3°C et à 65% +/-5% Hr. On gardera un espace autour descylindres de 30mm. Démarrer rapidement l'essai. Principe de la mesure de la profondeur de carbonatation : Découper perpendiculairement dans la longueur des cylindres à l'aide d'un coupe-pavé. Humidifier les deux surfaces fracturées de la tranche avec une éponge. Asperger les deux surfaces fracturées d'une solution de phénolphtaleine 0,5% 60 +/- 5 min après l'aspersion, prendre une photo des surfaces colorées et mesurer Sur les 4 faces moulées, en 5 points équidistants par face, à 1/4 mm près, la profondeur de carbonatation (total 10 points de mesure par surface). Ne pas faire de mesures à moins de 10 mm des angles. Si la mesure tombe au droit d'un granulat, extrapoler à partir des mesures faites de part et d'autre de ce granulat. Dans le tableau de mesures reporter les profondeurs mini et maxi, la moyenne et l'écart-type par face, en précisant bien la nature des faces, calculer et reporter la moyenne et l'écart-type sur les 4 faces.						-2,57%	-0,82%	-3,38%	
Mesures	Effectuer la mesure à to à partir d'une éprouvette 10*10 cm. Renouveler la mesure sur 3 éprouvettes 10*10 cm à 28, 42 et 70 jours de conservation dans l'enceinte, couper la ventilation, l'arrivée de CO2, sortir doucement les cylindres et mesurer sa profondeur de carbonatation comme décrit au-dessus. Peser les éprouvettes avant chaque mesure et donc avant fracturation.									

Carbonatation Accélérée à 3% de CO2

C1

Timing	Echéances	Opérateur	Prismes	Faces	Mesure profondeur carbo (mm)	pesée (g)	
0	09/12/2021	AC	ép1a	Face 1	0	1836,5	
					0		
					0		
					0		
					0		
			Face 2	0			
				0			
				0			
				0			
				0			
28	06/01/2022	AC	ép1b	Face 1	8,5	1839,33	
					9		
					10		
					10		
					10		
			Face 2				
			ép2a	Face 1	10,5		1848,52
					9		
					10,5		
					10		
					11		
			Face 2				
ép2b	Face 1	8,5	1834,96				
		10,5					
		9					
		9,5					
		10					
Face 2							
42	20/01/2022	AC		ép3a	Face 1	12	1832,64
						13	
						12,5	
						10	
						10	
				Face 2			
			ép3b	Face 1	10	1848,09	
					10,5		
					11		
					11		
					10		
			Face 2				
ép4a	Face 1	11	1862,16				
		11					
		11,5					
		12					
		11,5					
Face 2							
70	17/02/2022	AC		ép4b	Face 1	12,5	1858,15
						13,5	
						13	
						12,5	
						14	
				Face 2			
ép5a	Face 1	16	1870,19				
		15					
		18,5					
		15					
		14					
Face 2							
ép5b	Face 1	15	1741,18				
		15					
		15,5					
		14					
		16,5					
Face 2							

Carbonatation et suivi de masse du béton C1

	WBS:		CURE HUMIDE
	ETUDE:	Fastcarb	
	CLIENT:	LCR	
	DEMANDEUR:	G. PHAM	
	REF. BETON:	C2	

ESSAI DE CARBONATATION ACCELEREE EN - Mode opératoire Version 5
Test effectué à partir de 5 cylindres 11*22 cm

Date de confection des éprouvettes : 20/08/2021 ?
Heure de gâchage :
Résultats :

	Timing essais								Perte après séchage (%)	Perte après conservation (%)	
	1	2	CONSERVATION 24h00 après gâchage en salle de gâchage								
Premières opérations à effectuer après gâchage	21/08/2021 à 00:00		à To+24h00 Démouler puis placer les cylindres dans l'eau (limiter la quantité d'eau en recouvrant les cylindres) ou en salle humide à 20°C +/- 2°C et 98% Hr								
	Avant to+90j		Sciage des 6 carottes pour obtenir 12 éprouvettes cylindriques 10*10 cm				Date sciage	11/10/2021			
	17/11/2021	A to + 89 j sortir les cylindres de l'eau, les immerger sous vide 24h	pesées (g) - Bala 179						Perte après séchage (%)	Perte après conservation (%)	Total
			réf	avant imp	après imp	après séchage 45°C	après 7j 20°C 65% Hr				
			C2 A1a	1759,26	1773,51	1725,17	1725,02	-2,75%			
			C2 A1b	1914,86	1928,99	1877,17	1876,87	-2,71%			
			C2 A2a	1929,41	1943,40	1887,67	1887,84	-2,89%			
			C2 A2b	1881,09	1895,48	1847,34	1847,06	-2,56%			
	18/11/2021	A to + 90 j sortir les cylindres de l'eau, les peser, les imperméabiliser (les faces supérieures et inférieures), les peser après imperméabilisation et les placer 14 j en étuve à 45+/-5°C et les peser en fin de séchage.	C2 A3a	1902,71	1917,23	1874,98	1874,58	-2,22%			
			C2 A3b	1883,23	1897,26	1836,96	1837,17	-3,20%			
C2 A4a			1999,26	2013,30	1964,20	1964,04	-2,46%				
C2 A4b			1880,13	1893,88	1844,58	1843,82	-2,62%				
C2 A5a			1908,43	1922,94	1847,51	1848,09	-3,95%				
C2 A5b			1889,39	1903,60	1856,23	1855,78	-2,51%				
01/12/2021	Après 14j de séchage (Si perte de masse sur prismes 4*4*16cm de mortier > 5,5%) placer les cylindres 11*10,5 cm en enceinte climatique à 20+/-3°C et 65+/-5% Hr pendant 7+/-0,5j	C2 A6b	1905,47	1919,42	1846,87	1846,97	-3,81%	-0,75%	Total		
09/12/2021	A to+111 j, placer les cylindres dans l'enceinte de carbonatation régulée à : 3% +/- 0,5% de CO2, 20°C +/- 3°C et à 65% +/-5% Hr. On gardera un espace autour descylindres de 30mm. Démarrer rapidement l'essai. Principe de la mesure de la profondeur de carbonatation : Découper perpendiculairement dans la longueur des cylindres à l'aide d'un coupe-pavé. Humidifier les deux surfaces fracturées de la tranche avec une éponge. Asperger les deux surfaces fracturées d'une solution de phénolphtaleine 0,5%. 60 +/- 5 min après l'aspersion, prendre une photo des surfaces colorées et mesurer Sur les 4 faces moulées, en 5 points équidistants par face, à 1/4 mm près, la profondeur de carbonatation (total 10 points de mesure par surface). Ne pas faire de mesures à moins de 10 mm des angles. Si la mesure tombe au droit d'un granulat, extrapoler à partir des mesures faites de part et d'autre de ce granulat. Dans le tableau de mesures reporter les profondeurs mini et maxi, la moyenne et l'écart-type par face, en précisant bien la nature des faces, calculer et reporter la moyenne et l'écart-type sur les 4 faces.						-2,86%	-0,77%	-3,64%		
Mesures	Effectuer la mesure à to à partir d'une éprouvette 10*10 cm. Renouveler la mesure sur 3 éprouvettes 10*10 cm à 28, 42 et 70 jours de conservation dans l'enceinte, couper la ventilation, l'arrivée de CO2, sortir doucement les cylindres et mesurer sa profondeur de carbonatation comme décrit au-dessus. Peser les éprouvettes avant chaque mesure et donc avant fracturation.										

Carbonatation Accélérée à 3% de CO2

C2

Timing	Echéances	Opérateur	Prismes	Faces	Mesure profondeur carbo (mm)	pesé (g)
0	09/12/2021	AC	ép1a	Face 1	0	1725,02
					0	
					0	
					0	
					0	
				Face 2	0	
					0	
					0	
					0	
					0	
28	06/01/2022	AC	ép1b	Face 1	9,5	1878,68
					10,5	
					10,5	
					8,5	
					8,5	
			Face 2			
ép2a	Face 1	10,5	1892,73			
		12				
		11,5				
		8,5				
		8,5				
Face 2						
42	20/01/2022	AC	ép2b	Face 1	7,5	1848,21
					8	
					9	
					10	
					9	
			Face 2			
70	17/02/2022	AC	ép3a	Face 1	11,5	1873,01
					9,5	
					8	
					8,5	
					10	
			Face 2			
42	20/01/2022	AC	ép3b	Face 1	13	1843,34
					15	
					13	
					11,5	
					11	
			Face 2			
70	17/02/2022	AC	ép4a	Face 1		1965,8
			Face 2			
70	17/02/2022	AC	ép4b	Face 1	10,5	1841,08
					12	
					12,5	
					13,5	
					12	
			Face 2			
70	17/02/2022	AC	ép5a	Face 1	15	1862,7
					15	
					16	
					16	
					15,5	
			Face 2			
70	17/02/2022	AC	ép5b	Face 1	14	1853,52
					14,5	
					16	
					15,5	
					15	
			Face 2			

Carbonatation et suivi de masse du béton C2

	WBS:		CURE HUMIDE
	ETUDE:	Fastcarb	
	CLIENT:	LCR	
	DEMANDEUR:	G. PHAM	
	REF. BETON:	NC	

ESSAI DE CARBONATATION ACCELEREE EN - Mode opératoire Version 5
Test effectué à partir de 5 cylindres 11*22 cm

Date de confection des éprouvettes : 20/08/2021 ?
Heure de gâchage :
Résultats :

Timing essais		1		CONSERVATION 24h00 après gâchage en salle de gâchage									
Premières opérations à effectuer après gâchage	21/08/2021 à 00:00	à To+24h00 Démouler puis placer les cylindres dans l'eau (limiter la quantité d'eau en recouvrant les cylindres) ou en salle humide à 20°C +/- 2°C et 98% Hr											
	Avant to+90j	Sciage des 6 carottes pour obtenir 12 éprouvettes cylindriques 10*10 cm		Date sciage		11/10/2021							
	17/11/2021	A to + 89 j sortir les cylindres de l'eau, les immerger sous vide 24h	pesées (g) - Bala 179					Perte après séchage (%)	Perte après conservation (%)				
			réf	avant imp	après imp	après séchage 45°C	après 7j 20°C 65% Hr						
			NC A1a	1929,27	1944,37	1885,22	1885,43			-3,07%	-0,79%		
			NC A1b	1863,53	1878,77	1830,00	1829,70			-2,62%	-0,85%		
			NC A2a	1932,14	1947,36	1900,81	1900,88			-2,41%	-0,80%		
			NC A2b	1861,27	1876,07	1828,92	1829,00			-2,53%	-0,80%		
	18/11/2021	A to + 90 j sortir les cylindres de l'eau, les peser, les imperméabiliser (les faces supérieures et inférieures), les peser après imperméabilisation et les placer 14 j en étuve à 45+/-5°C et les peser en fin de séchage.	NC A3a	1893,53	1908,45	1860,02	1859,94	-2,56%	-0,81%				
			NC A3b	1910,99	1925,79	1878,71	1878,69	-2,46%	-0,79%				
NC A4a			1912,65	1927,29	1881,19	1880,98	-2,41%	-0,79%					
NC A4b			1905,73	1920,65	1872,47	1872,39	-2,53%	-0,80%					
NC A5a			1877,14	1892,15	1841,19	1841,25	-2,71%	-0,81%					
NC A5b			1901,30	1916,06	1861,86	1861,93	-2,85%	-0,79%					
01/12/2021	Après 14j de séchage (Si perte de masse sur prismes 4*4*16cm de mortier > 5,5%) placer les cylindres 11*10,5 cm en enceinte climatique à 20+/-3°C et 65+/-5% Hr pendant 7+/-0,5j	NC A6b	1889,76	1904,62	1858,54	1858,44	-2,44%	-0,80%	Total				
09/12/2021	<p>A to+111 j, placer les cylindres dans l'enceinte de carbonatation régulée à : 3% +/- 0,5% de CO₂, 20°C +/- 3°C et à 65% +/-5% Hr. On gardera un espace autour descylindres de 30mm. Démarrer rapidement l'essai.</p> <p style="text-align: center;">Principe de la mesure de la profondeur de carbonatation :</p> <p>Découper perpendiculairement dans la longueur des cylindres à l'aide d'un coupe-pavé. Humidifier les deux surfaces fracturées de la tranche avec une éponge. Asperger les deux surfaces fracturées d'une solution de phénolphtaleine 0,5%. 60 +/- 5 min après l'aspersion, prendre une photo des surfaces colorées et mesurer Sur les 4 faces moulées, en 5 points équidistants par face, à 1/4 mm près, la profondeur de carbonatation (total 10 points de mesure par surface). Ne pas faire de mesures à moins de 10 mm des angles. Si la mesure tombe au droit d'un granulat, extrapoler à partir des mesures faites de part et d'autre de ce granulat. Dans le tableau de mesures reporter les profondeurs mini et maxi, la moyenne et l'écart-type par face, en précisant bien la nature des faces, calculer et reporter la moyenne et l'écart-type sur les 4 faces.</p>										-2,58%	-0,81%	-3,39%
Mesures	Effectuer la mesure à to à partir d'une éprouvette 10*10 cm. Renouveler la mesure sur 3 éprouvettes 10*10 cm à 28, 42 et 70 jours de conservation dans l'enceinte, couper la ventilation, l'arrivée de CO ₂ , sortir doucement les cylindres et mesurer sa profondeur de carbonatation comme décrit au-dessus. Peser les éprouvettes avant chaque mesure et donc avant fracturation.												

Carbonatation Accélérée à 3% de CO2

NC

Timing	Echéances	Opérateur	Prismes	Faces	Mesure profondeur carbo (mm)	pesée (g)
0	09/12/2021	AC	ép1a	Face 1	0	1885,43
					0	
					0	
					0	
					0	
			Face 2	0		
				0		
				0		
				0		
				0		
28	06/01/2022	AC	ép1b	Face 1	7	1832,07
					7	
					7	
					8	
					8	
			Face 2			
ép2a	Face 1	8	1903,69			
		8,5				
		8,5				
		7,5				
		8,5				
Face 2						
ép2b	Face 1	7,5	1831,2			
		8				
		8,5				
		7				
		6,5				
Face 2						
42	20/01/2022	AC	ép3a	Face 1	11	1862,09
					12	
					8	
					8	
					8	
			Face 2			
ép3b	Face 1	9	1880,06			
		11,5				
		11,5				
		11				
		11				
Face 2						
ép4a	Face 1	10	1881,19			
		13				
		12,5				
		12,5				
		11,5				
Face 2						
70	17/02/2022	AC	ép4b	Face 1	15,5	1873,66
					16	
					14,5	
					13,5	
					12,5	
			Face 2			
ép5a	Face 1	15	1843,15			
		16				
		15,5				
		12,5				
		12,5				
Face 2						
ép5b	Face 1	13	1865,19			
		12,5				
		12,5				
		12				
		12,5				
Face 2						

Carbonatation et suivi de masse du béton NC