

Version Française

Programme d'essai de validation des méthodes d'essai
normalisées relatives à la pénétration des chlorures et à la
carbonatation

Validierungs-Prüfprogramm für genormte
Prüfverfahren der Chlorideindringung und der
Karbonatisierung

Validation testing program on chloride penetration and
carbonation standardized test methods

Le présent Rapport Technique (TR) a été adopté par le CEN le 1 janvier 2018. Il a été établi par le Comité Technique CEN/TC 104.

Les membres du CEN sont les organismes nationaux de normalisation des pays suivants: Allemagne, Ancienne République yougoslave de Macédoine, Autriche, Belgique, Bulgarie, Chypre, Croatie, Danemark, Espagne, Estonie, Finlande, France, Grèce, Hongrie, Irlande, Islande, Italie, Lettonie, Lituanie, Luxembourg, Malte, Norvège, Pays-Bas, Pologne, Portugal, République de Serbie, République Tchèque, Roumanie, Royaume-Uni, Slovaquie, Slovénie, Suède, Suisse et Turquie.



COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION
EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION

CEN-CENELEC Management Centre: Rue de la Science 23, B-1040 Bruxelles

Sommaire

	Page
Avant-propos européen	3
Introduction	4
1 Domaine d'application	5
2 Bétons et éprouvettes.....	5
3 Laboratoires participants	6
4 Programme d'essai.....	6
5 Analyse.....	7
6 Résultats	8
6.1 Essai de carbonatation accélérée prEN 12390-12.....	8
6.2 Remarques des laboratoires ayant participé au mode opératoire d'essai CEN/TS 12390-12 (ACA)	9
7 Carbonatation naturelle CEN/TS 12390-10 (NCA).....	9
7.1 Carbonatation naturelle	9
7.2 Profondeur de pénétration dk	9
7.3 Récapitulatif des paramètres de fidélité de dk (mm)	13
7.4 Vitesse de carbonatation	14
7.5 Récapitulatif des paramètres de fidélité de vitesse de carbonatation k_{CO_2} (mm/an ^{0,5})	17
8 Essai de diffusion des chlorures EN 12390-11	18
8.1 Généralités.....	18
8.2 Paramètres de fidélité de la concentration de surface C_s	22
8.3 Récapitulatif des données de fidélité de D_{nss} (m ² /s) et de C_s (% de la masse de béton).....	24
9 Coefficients de régression de la procédure d'ajustement du profil.....	24
9.1 Généralités.....	24
9.2 Coefficients de régression R^2 de l'ajustement de la fonction erreur dans les profils de chlorures	25
Annexe A (informative) Bétons et éprouvettes préparées	27
A.1 Généralités.....	27
A.2 Étiquetage et programme de travail	30
Annexe B (informative) Profils de chlorures et leurs paramètres d'ajustement de la diffusion.....	32
Annexe C (informative) Climats dans les lieux ou à proximité des lieux où la carbonatation naturelle a été réalisée.....	43

Avant-propos européen

Le présent document (CEN/TR 17172:2018) a été élaboré par le Comité Technique CEN/TC 104 « Béton et produits relatifs au béton », dont le secrétariat est tenu par DIN.

L'attention est appelée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. Le CEN ne saurait être tenu pour responsable] de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence.

Le présent document rapporte les données obtenues dans le cadre du Programme d'essai de validation (VTP) relatif à la pénétration des chlorures et à la carbonatation, organisé par le GT 12, qui a commencé en 2009 avec le document CEN/TC 51/GT 12 – Doc. N 229/2009, pour lequel la préparation des éprouvettes, la collecte des résultats et l'analyse statistique ont été réalisées par l'Institut des sciences de la construction Eduardo Torroja du Conseil supérieur de la recherche scientifique (CSIC) d'Espagne, IETcc-CSIC, les activités étant menées sous la direction du professeur Carmen Andrade.

Introduction

Le mode opératoire pour la détermination de la pénétration des chlorures est décrit dans l'EN 12390-11:2015, « *Essais pour béton durci — Partie 11 : Détermination de la résistance du béton à la pénétration des chlorures, diffusion unidirectionnelle* » et il a été publié par le CEN. La méthode est basée sur la diffusion naturelle ; un profil de concentration après 90 jours de contact avec la solution de chlorure est utilisé pour s'ajuster à la loi de Fick afin de calculer la concentration de surface des chlorures, C_s , et le coefficient de diffusion en régime non stationnaire des chlorures, D_{nss} . La méthode spécifie trois modes différents de contact de la solution saline avec l'une des faces de l'éprouvette : l'immersion (DCL1), la trempe (DCL2) et l'inversion (DCL3).

Le CEN/TC 51/GT 12 a également produit deux méthodes pour la détermination de la résistance à la carbonatation du béton : la première fait référence aux conditions naturelles et a été publiée en tant que CEN/TS 12390-10, « *Essai pour béton durci — Partie 10 : Détermination de la résistance relative à la carbonatation du béton* », la deuxième, qui fait référence aux conditions accélérées, a été élaborée par le CEN/TC 51/GT 12/TG 5, mais elle a été désapprouvée par les membres nationaux lors du Vote Formel CEN TCA¹⁾.

Il convient que la conversion en Norme européenne des documents mentionnés ci-dessus exige d'abord l'évaluation des données de robustesse et de fidélité.

En gardant ces besoins à l'esprit, le CEN/TC 51/GT 12 a organisé un « Programme d'essai de validation (VTP) relatif à la pénétration des chlorures et à la carbonatation » pour l'évaluation préliminaire des données de robustesse et de fidélité des méthodes d'essai.

Dans le cadre de ces travaux, la robustesse est comprise comme la sensibilité de la méthode d'essai à une modification de composition du béton qui est censée produire une modification appréciable des performances associées.

¹⁾ FprCEN/TS 12390-12:2010, *Essais pour béton durci — Partie 12 : Détermination de la résistance potentielle à la carbonatation du béton : méthode de carbonatation accélérée*.

1 Domaine d'application

Le présent document a pour objectif de tester les formules conformes à l'EN 206 pour les environnements particulièrement agressifs avec les méthodes d'essai normalisées par le TC 51/GT 12 sur la pénétration des chlorures et la carbonatation afin de vérifier leur robustesse et leur cohérence.

2 Bétons et éprouvettes

Pour le VTP, quatre formules ont été mises au point en tenant compte des valeurs limites indiquées dans le Tableau F.1 de l'EN 206 et du domaine d'application de l'évaluation de la robustesse des méthodes.

Trois paramètres de composition (type de ciment, rapport eau/ciment et teneur en ciment) ont été convenablement choisis.

Le type et la classe de ciment suivants ont été choisis : CEM II/A-LL 42.5 R et CEM II/B-V 32.5 R.

Le rapport eau/ciment a été modifié intentionnellement pour avoir une incidence importante sur les performances du béton.

Deux teneurs en ciment ont été utilisées : la première (300 kg/m³) pour la carbonatation et la deuxième (350 kg/m³) pour la pénétration des chlorures.

Des granulats « de forme arrondie » de nature siliceuse et d'un diamètre maximal de 14 mm ont été utilisés. Le Tableau 1 indique la composition des formules.

L'utilisation d'un adjuvant superplastifiant a été modulée, lorsque ceci était nécessaire, pour obtenir une classe d'affaissement S3 (100 mm à 150 mm). Le Tableau 1 donne les proportions nominales des formules utilisées.

Tableau 1 — Proportions et types de ciment des formules préparées

	CARBONATATION				CHLORURES			
	FORMULE 1	FORMULE 2	FORMULE 3	FORMULE 4	FORMULE 5	FORMULE 6	FORMULE 7	FORMULE 8
Type de ciment	CEM II/A-LL 42.5R		CEM II/B-V 32.5R		CEM II/A-LL 42.5R		CEM II/B-V 32.5R	
Quantité de ciment (kg/m ³)	295	296	296	300	345	351	349	357
Eau (l/m ³)	144	173	144	175	137	173	138	176
Rapport eau/ciment	0,49	0,58	0,49	0,58	0,4	0,49	0,4	0,49
Gravier (kg/m ³)	1 049	1 011	1 054	1 025	1 005	977	1 019	993
Sable (kg/m ³)	857	827	861	838	816	793	827	806
Superplastifiant (% du poids du ciment)	0,60	0,20	0,50	0,15	0,79	0,23	0,57	0,10
Masse volumique (kg/dm ³)	2 260	2 265	2 294	2 285	2 273	2 313	2 330	2 330
Teneur en air (%)	5,75	4,9	5,15	3,75	5,7	3,8	4,4	2,3
Affaissement (cm)	11	10	12	10	10	10	13,5	10

Pour chaque laboratoire et méthode d'essai, 2 cubes (150 mm) ont été produits.

L'Annexe A récapitule les données expérimentales utilisées pour la préparation des éprouvettes et leur soumission. Il est important de noter que la préparation des éprouvettes a été centralisée dans un seul laboratoire (IETcc) afin d'avoir une meilleure homogénéité.

3 Laboratoires participants

14 laboratoires provenant de différents pays d'Europe ont participé au VTP. Ils sont répertoriés dans le Tableau 2, avec les méthodes d'essai qu'ils ont utilisées.

Tableau 2 — Liste des laboratoires participants et types d'essais réalisés

PAYS	LABORATOIRE	CARBONATATION NATURELLE		CARBONATATION ACCÉLÉRÉE	PÉNÉTRATION DES CHLORURES PAR DIFFUSION		
		NCA1	NCA2	ACA	DCL1	DCL2	DCL3
France	Lafarge	X			X		
France	LRPC						X
Espagne	Université d'Alicante				X	X	
Espagne	IETcc	X	X	X	X	X	X
Belgique	CRIC			X	X		
Pays-Bas	KEMA				X	X	X
Pays-Bas	TNO	X	X	X			
Pays-Bas	SGS INTRON	X	X	X	X		
Royaume-Uni	Université de Dundee			X	X	X	X
Suède	CBI			X	X		
Allemagne	FIZ/VDZ			X	X	X	X
Italie	École polytechnique de Milan	X		X	X	X	X
Pologne	ISCMOIB/OMMB	X	X				

4 Programme d'essai

Les essais effectués sont récapitulés dans le Tableau 3.