

## Travail de fin d'études / Projet de fin d'études : Traitement des granulats de béton recyclés pour atténuer la réaction alcali-granulat

**Auteur :** Delaforge, Pierre

**Promoteur(s) :** Courard, Luc

**Faculté :** Faculté des Sciences appliquées

**Diplôme :** Master : ingénieur civil architecte, à finalité spécialisée en "urban and environmental engineering"

**Année académique :** 2021-2022

**URI/URL :** <http://hdl.handle.net/2268.2/14566>

---

### Avertissement à l'attention des usagers :

*Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.*

*Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.*

---

---

# Traitement des granulats de béton recyclés pour atténuer la réaction alcali-granulat

Pierre Louis Delaforge

---

Traitement par carbonatation des granulats : essais de réactivité sur mortier

Travail de fin d'études réalisé en vue de l'obtention du grade de master ingénieur Civil Architecte  
par Pierre Louis Delaforge

Promoteur : Luc Courard

Jury : Sophie Grigoletto, Boyan Mihaylov, Shady Attia, Benoît Bissonnette.

Année Académique 2021-2022

Présenté en juin 2022

Université de Liège - Faculté des Sciences Appliquées

Master Ingénieur Civil Architecte, à finalité



# Annexes

## Annexe 1 : Ciment CEM I 52,5 N CBR Lixhe

Parametre	Result	Unit
Analyseur	1	
Demande en eau	30.0	%
Début de prise	190	min
Fin de prise	235	min
Le Chatelier	2.0	mm
Date prép. Rilem	26-07-2021 1...	
RC 2j	34.5	N/mm <sup>2</sup>
RC 28j	66.2	N/mm <sup>2</sup>
Perte au feu	1.92	%
SiO <sub>2</sub>	20.34	%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.79	%
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.35	%
CaO	64.13	%
Na <sub>2</sub> O	0.22	%
K <sub>2</sub> O	0.61	%
MgO	2.31	%
SO <sub>3</sub>	3.16	%
Cl	0.059	%
Somme des elements	99.27	%
Equivalent alcalis	0.62	%

## Fiche Produit

Selon le Référentiel de Certification NF002 - Liants hydrauliques



Usine de Lixhe

CEM I

CEM I 52,5 N CE NF

Février 2022

Ciment Portland

### Normes et certificats

Désignation	Certificat N°	Marque	Norme
CEM I 52,5 N CE	0965-CPR-C0019	CE	NBN EN 197-1
CEM I 52,5 N CE BENOR	22/02/019	BENOR	NBN B12, PTV 603
CEM I 52,5 N CE	1118-1020-21.1	KOMO	BRL 2601
CEM I 52,5 N CE NF	11.25	NF	NF 002

### Composition déclarée

#### Constituants en % de la somme des constituants principaux et secondaires

	Unité	Méthode d'essai	Valeurs moyennes	Exigences		Origine
				Min	Max	
Clinker (K)	%	-	K97	95	100	Lixhe
Laitier (S)	%	-	-	-	-	-
Cendres volantes (V)	%	-	-	-	-	-
Calcaire (L.L.L)	%	-	-	-	-	-
Filler	%	-	3	0	5	-

#### Ajouts en % du ciment fini

	Unité	Méthode d'essai	Valeurs moyennes	Exigences		Origine
				Min	Max	
Régulateur de prise 1	%	-	5	-	-	-
Régulateur de prise 2	%	-	-	-	-	-
Régulateur de prise 3	%	-	-	-	-	-
Régulateur de prise	%	-	5	-	-	-
Agent de mouture	%	-	0,06	-	-	BASF - GA1122
Agent réducteur *	%	-	0,5	-	-	Sulfate de fer

\* Conformément au Règlement CE 1907/2006 (Reach), un agent réducteur est ajouté à certains ciments afin de limiter la teneur en chrome (VI) soluble à 0,0002% maximum.

### Caractéristiques chimiques et minéralogiques

#### Ciment

	Unité	Méthode d'essai	Valeurs moyennes	Exigences	
				Min	Max
Résidu insoluble	%	EN 196-2	0,8	-	≤ 5,0
Perte au feu	%	EN 196-2	1,9	-	≤ 5,0
Chlorures	%	EN 196-2	0,07	-	≤ 0,10
SO <sub>3</sub>	%	EN 196-2	2,9	-	≤ 4,0
Na <sub>2</sub> Oeq	%	EN 196-2	0,71	-	≤ 0,83
Chrome (VI) *	%	EN 196-10	< 0,0002	-	≤ 0,0002
Sulfures	%	EN 196-2	-	-	-

\* Conformément au Règlement CE 1907/2006 (Reach), la teneur en chrome (VI) soluble est limitée à 0,0002 % maximum.

#### Clinker

	Unité	Méthode d'essai	Valeurs moyennes	Exigences	
				Min	Max
SiO <sub>2</sub>	%	EN 196-2	20,7	-	-
CaO	%	EN 196-2	64,8	-	-
MgO	%	EN 196-2	1,9	-	≤ 5,0
C <sub>3</sub> A	%	Bogue	7,4	-	-
C <sub>3</sub> S	%	Bogue	67,3	-	-
C <sub>2</sub> S	%	Bogue	8,6	-	-
C <sub>4</sub> AF	%	Bogue	10,5	-	-

CBR  
Assistance Technique  
Parc de l'Alliance  
Boulevard de France 3-5  
B-1420 Braine-l'Alleud - Belgique  
Tel : + 32 2 678 35 10  
Fax : + 32 2 675 23 91  
ta@cbri.be  
www.cbr.be

### Caractéristiques physiques

	Unité	Méthode d'essai	Valeurs moyennes	Exigences	
				Min	Max
Clarté L	%	CIE Lab	61,0	-	-
Début de prise	min	EN 196-3	171	≥ 60	-
Stabilité	mm	EN 196-3	0,6	-	≤ 10
Surface spécifique (Blaine)	cm <sup>2</sup> /g	EN 196-6	4225	-	-
Masse volumique - Absolue	kg/m <sup>3</sup>	EN 196-6	3110	-	-
Chaleur d'hydratation à Q41	J/g	EN 196-9	-	-	-
Chaleur d'hydratation à Q120	J/g	EN 196-9	-	-	-

La clarté est mesurée au spectrophotomètre avec source lumineuse D65 et exprimée en % par rapport à l'étalon de blancheur sulfate de baryum.

### Caractéristiques mécaniques

#### Résistance à la compression

	Unité	Méthode d'essai	Valeurs moyennes	Exigences	
				Min	Max
A 2 jours	MPa	EN 196-1	35,2	≥ 20	-
A 7 jours	MPa	EN 196-1	-	-	-
A 28 jours	MPa	EN 196-1	64,6	≥ 52,5	-

### Production et conditionnement

Ce ciment est disponible dans les conditionnements suivants :

	Vrac bateau	Vrac camion	Sac
Usine de Lixhe	V	V	V
-	-	-	-

### Installation de broyage

f,g,h,i

### Stockage

Cf Plan Silos

### Système de management certifié de l'usine.

ISO 9001	ISO 14001	ISO 45001
V	V	V

### Déclaration de performance

Déclaration de performance CPR(EU) Nr. 305/2011


Identification :	0965-CPR-C0019
Site internet :	www.cbr.be

Les valeurs reprises ci-dessus sont des valeurs moyennes données à titre indicatif.

Les limites garanties figurent dans la colonne exigences.

Plant Manager :	Benoît Gastout
-----------------	----------------

# Annexe 2 : Fiches techniques des granulats naturels : calcaires du Tournaisis



**SAGREX**  
HEIDELBERGCEMENT Group

**SAGREX - Centre de Lemay**  
Rue du Gros Lot,4  
7536 Vaulx  
Tel:069/22.91.25 Fax:069/22.91.28

**Fiche Technique de Produit**  
23 Derniers résultats Engagement du 02/10/2020 au 08/04/2021

Page 1/1, imprimé le Thursday 1 October 2020

---

**Granulats : 0/4 NF**  
**Péetrographie : Calcaire**

**Utilisateur : autocontrôle**

---

**Classe granulaire**

0	4
---	---

**Partie normative**  
*Valeurs spécifiées sur lesquelles le producteur s'engage*

**Norme**

Norme NFP 18-545 Article 10

**Catégorie**

A sauf code B

---

	0.063	0.125	0.25	0.5	1	2	D	1.4D	2D	EN_f	EN_FM	EN_MB
V.S.S.+U	17.5		49		64		100	100	100	17.5	3.45	2.00
V.S.S.	15.5		45		60		99	100	100	15.5	3.30	1.50
V.S.I.	9.5		5		20		89	95	100	9.5	2.70	
V.S.I.-U	7.5		1		16		87	94	100	7.5	2.55	
Ecart-type max			6.06		12.12						0.18	

---

**Partie informative**  
*Résultats de production*

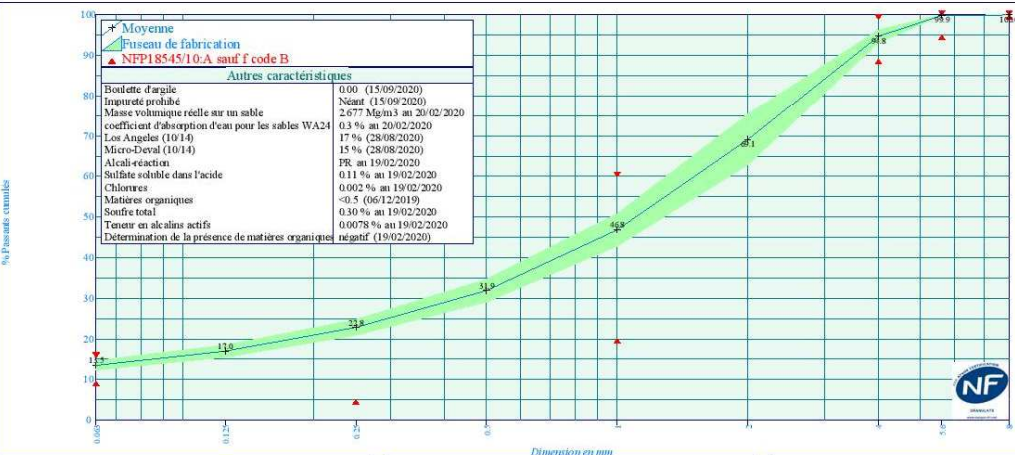
du 22/07/20 au 01/10/20

	0.063	0.125	0.25	0.5	1	2	4	5.6	8	EN_f	EN_FM	EN_MB
Maximum	14.5	19	25	36	54	81	97	100	100	14.5	3.29	1.50
Xf+1.25xEcart-types	14.6	18	25	35	51	75	96	100	100	14.6	3.31	1.42
Moyenne Xf	13.5	17	23	32	47	69	95	100	100	13.5	3.18	1.20
Xf-1.25xEcart-types	12.4	16	21	29	43	63	93	100	100	12.4	3.04	0.97
Minimum	11.7	15	20	27	43	62	92	100	100	11.7	2.91	0.99
Ecart-type	0.90	1.2	1.5	2.2	3.1	5.0	1.2	0.0	0.0	0.90	0.110	0.177
Nombre de résultats	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
Unité	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%		g/kg
Norme							EN 933-1			EN 933-1		EN 933-9

---

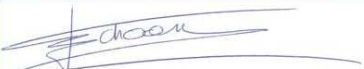
**Autres caractéristiques**

Boulette d'argile: 0.00 (15/09/2020)  
 Ingrédient prohibé: Néant (15/09/2020)  
 Masse volumique réelle sur un sable: 2.677 Mg/m<sup>3</sup> au 20/02/2020  
 coefficient d'absorption d'eau pour les sables WA24: 0.3 % au 20/02/2020  
 Los Angeles (10/14): 17 % (28/08/2020)  
 Micro-Deval (10/14): 15 % (28/08/2020)  
 Alkali-réaction: FR au 19/02/2020  
 Sulfate soluble dans l'acide: 0.11 % au 19/02/2020  
 Chlorures: 0.002 % au 19/02/2020  
 Matières organiques: <0.5 (06/12/2019)  
 Sulfate total: 0.30 % au 19/02/2020  
 Teneur en alcalins actifs: 0.0078 % au 19/02/2020  
 Détermination de la présence de matières organiques: négatif (19/02/2020)



---

**Responsable Qualité - Schoon Joris**



**Code produit : 130283**

**Code d'identification : 404.10**



# Kalksteen Breekzand Sable de Concassage Calcaire

0/4 NF



Productcode Code produit	Identificatiecode Code d'identification		CE 2+ - certificaatnummer Numéro du certificat CE 2+
130283	404.10		0333-CPR-041075
Norm van toepassing / Norme applicable			
EN 12620 + A1 (2008) : Toeslagstoffen voor beton / Granulats pour bétons			
EN 13242:2002 + A1 (2007) : Toeslagstoffen voor ongebonden en hydraulisch gebonden materialen / Granulats pour matériaux traités aux liants hydrauliques et matériaux non traités utilisés pour les travaux de génie civil et pour la construction des chaussées.			
EN 13043 (2002) + AC (2004) : Toeslagstoffen voor asfalt / Granulats pour mélanges hydrocarbonés			
	EN 12620	EN 13242	EN 13043
Korrelverdeling Granularité	G <sub>F</sub> 85	G <sub>F</sub> 85	G <sub>A</sub> 85
Tolerantie van de korrelverdeling Tolérance de granularité	Gereduceerd Réduites	GT <sub>F</sub> 10	GT <sub>C</sub> 10
Fijnheidsmodulus Module de finesse	CF (2,4-4,0)	CF (2,4-4,0)	CF (2,4-4,0)
Gehalte aan fijne delen (%) Teneur en fines (%)	f <sub>16</sub>	f <sub>16</sub>	f <sub>16</sub>
Kwaliteit van de fijne delen	MB ≤ 1,5	MB ≤ 1,5	NPD
Qualité des fines	NPD	NPD	MBF ≤ 10
Hoekigheid van het zand Angularité des sables	E <sub>cs</sub> 35	E <sub>cs</sub> 35	E <sub>cs</sub> 35
Weerstand tegen verbrijzelings Résistance à la fragmentation	LA <sub>20</sub> ( critère NG)	LA <sub>20</sub> ( critère NG)	LA <sub>20</sub> ( critère NG)
Weerstand tegen polijsting Résistance au polissage	PSV <sub>44</sub>	PSV <sub>44</sub>	PSV <sub>44</sub>
Weerstand tegen afschuren Résistance à l'usure	M <sub>DE</sub> 20	M <sub>DE</sub> 20	M <sub>DE</sub> 20
Reële Volumieke Massa (10/14) Masse volumique réelle (10/14)	2,66 T/m³	2,66 T/m³	2,66 T/m³
Waterabsorptie (10/14) Absorption d'eau (10/14)	0,5%	0,5%	0,5%
Volumieke massa in bulk Masse volumique en vrac	NPD	NPD	NPD
Organische stoffen Substances organiques	Voldoet Conforme	Voldoet Conforme	Voldoet Conforme
Bestandheid tegen vorst-dooiweerstand Sensibilité au gel-dégel	F <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>
Andere eigenschappen MB ; SC ; AAV ; AN ; C Autres caractéristiques	NPD	NPD	NPD

\* : Gemiddelde indicatieven "betekent dat deze waarden ter indicatie worden gegeven en vormt geen garantie van de fabrikant / Moyennes indicatives" signifie que ces valeurs sont données à titre indicatif et ne constituent en aucun cas une garantie de la part du fabricant.

De aangemelde instantie (Notified Body) AFNOR met nr. 0333 heeft op 24/05/05 in de fabriek met nr. 0333-CPR-041075 een productieconformiteitsattest afgeleverd volgens systeem 2+. Hiervoor baseert zij zich op het initieel type-onderzoek van de productieplaats en de interne fabrieksproductiecontrole (FPC), alsook op het toezicht en de permanente evaluatie van deze fabrieksproductiecontrole.

Ik ondergetekende, Joris Schoon, kwaliteitsverantwoordelijke Sagrex, verklaar dat de prestaties van het product met Code 404.10 conform zijn aan de eisen van de Bouwproductenverordening 305/2011/CE en aan de EN normen hierboven beschreven.

Deze prestatieverklaring werd opgesteld onder de verantwoordelijkheid van de fabrikant.

L'organisme notifié AFNOR n° 0333 a délivré le 24/05/05 un certificat de conformité de la production en usine n° 0333-CPR-041075 selon le système 2+.

Il s'appuie sur l'inspection initiale du site de production, le contrôle de la production en usine, la surveillance et l'appréciation permanente de ce contrôle de production en usine.

Je soussigné, Joris Schoon, responsable qualité SAGREX, déclare que les performances du produit Code 404.10, sont conformes aux exigences du Règlement Produits de Construction 305/2011/CE et aux normes EN reprises en référence.

La présente déclaration des performances est établie sous la seule responsabilité du fabricant.

Lemay, 1 octobre 2020

Dr. Joris Schoon  
Responsable qualité / Quality Manager

Publicatiedatum  
Date de publication

01-10-2020

Sagrex Lemay  
Rue du Gros Lot, 4  
B - 7536 Vaulx  
www.sagrex.be

**SAGREX**  
HEIDELBERGCEMENT Group

Grof Kalksteengranulaat  
Gravillons Calcaire  
2/6,3 Ca4a / f2 NG

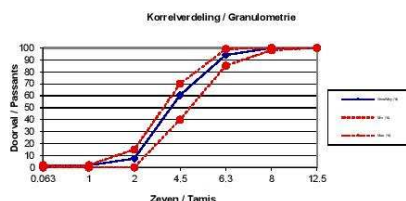


Productcode Code produit	Identificatiecode Code d'identification	CE 2+ - certificaatnummer Numéro du certificat CE 2+
130348	417.18	0333-CPR-041075

Norm van toepassing / Norme applicable

EN 12620 + A1 (2008) : Toeslagstoffen voor beton / Granulats pour bétons  
EN 13043 (2002) + AC (2004) : Toeslagstoffen voor asfalt / Granulats pour mélanges hydrocarbonés

Korrelverdeling / Granulometrie



		CE	
Indicatif gemiddelde *	Zeef	Grenzen waar de producent zich toe engageert	
Moyenne indicative *	Tamises utilisées	Valeurs sur lesquels le producteur s'engage	
Gem/Moy (%)	mm	Min. (%)	Max. (%)
100	12,5	100	100
100	8	98	100
94	6,3	85	99
60	4,5	40	70
7	2	0	15
2	1	0	2
1,4	0,063	0	2

	EN 12620	EN 13242	EN 13043	EN 13139	PTV 411
Korrelverdeling Granularité	G <sub>C</sub> 85/20		G <sub>C</sub> 85/15		
Tolerantie van de korrelverdeling Tolérance de granularité	G <sub>T</sub> 15		G <sub>T</sub> 2915		
Gehalte aan fijne delen (%) Teneur en fines (%)	f <sub>4</sub>		f <sub>2</sub>		f <sub>2</sub>
Vorm van het granulaat Forme des grains	FI <sub>25</sub>		FI <sub>25</sub>		I
Percentage gebroken materiaal % des grains concassés	C <sub>1000</sub>		C <sub>1000</sub>		
Weerstand tegen verbrijzeling Résistance à la fragmentation	LA <sub>20</sub> (critère NG)		LA <sub>20</sub> (critère NG)		Ca4a
Weerstand tegen polijsting Résistance au polissage	PSV <sub>44</sub>		PSV <sub>44</sub>		Ca4a
Weerstand tegen afschuren Résistance à l'usure	M <sub>0,2</sub> 20		M <sub>0,2</sub> 20		Ca4a
Reële Volumieke Massa (10/14) Masse volumique réelle (10/14)	2,66 T/m³		2,66 T/m³		Tolérance : 2,66 +/- 0,07 T/m³
Waterabsorptie (10/14) Absorption d'eau (10/14)	0,5%		0,5%		Tolérance : 0,5 +/- 0,3 %
Volumieke massa in bulk Masse volumique en vrac	NPD		NPD		
Organische stoffen Matières organiques	Negatief		Negatief		
Gehalte aan conventioneel organisch materiaal volgens NBN 11-256					
Teneur conventionnelle en matières organiques selon NBN 11-256				0,2	≤ 0,5 %
Bestandheid tegen vorst-dooivorst Sensibilité au gel-dégel	NPD		NPD		NG
Andere eigenschappen MB : SC, AAV, AN, C Autres caractéristiques	NPD		NPD		

\* : Gemiddelde indicatievallen minder dan 6 maanden oud "betekent dat deze waarden ter indicatie worden gegeven en vormt geen garantie van de fabrikant / Moyennes indicatives datant de moins de 6 mois "signifie que ces valeurs sont données à titre indicatif et ne constituent en aucun cas une garantie de la part du fabricant.

De aangemelde instantie (Notified Body) AFNOR met nr. 0333 heeft op 24/05/05 in de fabriek met nr. 0333-CPR-041075 een productieconformiteitsattest afgeleverd volgens systeem 2+. Hiervoor baseert zij zich op het initieel type-onderzoek van de productieplaats en de interne fabrieksproductiecontrole (FPC), alsook op het toezicht en de permanente evaluatie van deze fabrieksproductiecontrole.

Ik, ondergetekende, Joris Schoon, kwaliteitsverantwoordelijke Sagrex, verklaar dat de prestaties van het product met Code 417.18 conform zijn aan de eisen van de Bouwproductenverordening 305/2011/CE en aan de EN-normen hierboven beschreven.

Deze prestatieverklaring werd opgesteld onder de verantwoordelijkheid van de fabrikant.

L'organisme notifié AFNOR n° 0333 a délivré le 24/05/05 un certificat de conformité de la production en usine n° 0333-CPR-041075 selon le système 2+.

Il s'appuie sur l'inspection initiale du site de production, le contrôle de la production en usine, la surveillance et l'appréciation permanente de ce contrôle de production en usine.

Je soussigné, Joris Schoon, responsable qualité SAGREX, déclare que les performances du produit Code 417.18, sont conformes aux exigences du Règlement Produits de Construction 305/2011/CE et aux normes EN reprises en référence.

La présente déclaration des performances est établie sous la seule responsabilité du fabricant.

Lemay, 26 février 2021

Dr. Joris Schoon  
Responsable qualité / Quality Manager

Publicatiedatum  
Date de publication

26-02-2021

Geldig tot  
Valable jusqu'au

26-08-2021

Sagrex Lemay  
Rue du Gros Lot, 4  
B - 7536 Vaulx  
www.sagrex.be

**SAGREX**  
HEIDELBERGCEMENT Group



**Grof Kalksteengranulaat**  
**Gravillons Calcaire**  
**6,3/14 Ca4a I f2 NG**

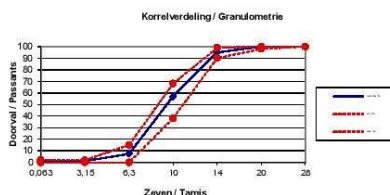


Productcode Code produit	Identificatiecode Code d'identification	CE 2+ - certificaatnummer Numéro du certificat CE 2+
130349 / 130351	418.19	0333-CPR-041075

**Norm van toepassing / Norme applicable**

EN 12620 + A1 (2008) : Toeslagstoffen voor beton / Granulats pour bétons  
 EN 13242:2002 + A1 (2007) : Toeslagstoffen voor ongebonden en hydraulisch gebonden materialen / Granulats pour matériaux traités aux liants hydrauliques et matériaux non traités utilisés pour les travaux de génie civil et pour la construction des chaussées.  
 EN 13043 (2002) + AC (2004) : Toeslagstoffen voor asfalt / Granulats pour mélanges hydrocarbonés

**Korrelverdeling / Granulometrie**



**BENOR**

Indiceleff gemiddelde *	Zeef	Grenzen waar de producent zich toe engageert	
Moyenne indicative *	Tamis utilisés	Valeurs sur lesquels le producteur s'engage	
Gem.Moy (%)	mm	Min. (%)	Max. (%)
100	28	100	100
100	20	98	100
95	14	90	99
57	10	38	68
8	6,3	0	15
1	3,15	0	2
0,9	0,063	0	2

	EN 12620	EN 13242	EN 13043	EN 13139	PTV 411
Korrelverdeling Granularité	G <sub>C</sub> 90/15	G <sub>C</sub> 80/20	G <sub>C</sub> 85/15		
Tolerantie van de korrelverdeling Tolérance de granularité	G <sub>T</sub> 15	GT <sub>2</sub> 25/15	G <sub>25/15</sub>		
Gehalte aan fijne delen (%) Teneur en fines (%)	f <sub>4</sub>	f <sub>4</sub>	f <sub>2</sub>	0,9	f <sub>2</sub>
Vorm van het granulaat Forme des grains	R <sub>10</sub>	R <sub>10</sub>	R <sub>10</sub>	14	I
Percentage gebroken materiaal % des grains concassés	C <sub>1000</sub>	C <sub>1000</sub>	C <sub>1000</sub>		
Weerstand tegen verfracturing Résistance à la fragmentation	LA <sub>30</sub> (ordre N G)	LA <sub>30</sub> (ordre N G)	LA <sub>30</sub> (ordre N G)	19	Ca4a
Weerstand tegen polijding Résistance au polissage	PSV <sub>44</sub>	PSV <sub>44</sub>	PSV <sub>44</sub>	48	Ca4a
Weerstand tegen afsluiten Résistance à l'usure	M <sub>CE20</sub>	M <sub>CE20</sub>	M <sub>CE20</sub>	17	Ca4a
Reële Volumieke Massa (10/14) Masse volumique réelle (10/14)	2,66 T/m³	2,66 T/m³	2,66 T/m³		Tolerantie : Tolérance : Tolérance : Tolérance : 2,66 +/- 0,07 T/m³
Waterabsorptie (10/14) Absorption d'eau (10/14)	0,5%	0,5%	0,5%		0,5 +/- 0,3 %
Volumieke massa in bulk Masse volumique en vrac	NPD	NPD	NPD		
Organische stoffen Matériaux organiques	Negatief Négatif	Negatief Négatif	Negatief Négatif		
Gehalte aan conventioneel organisch materiaal volgens NBN 11-256				0,2	≤ 0,5 %
Teneur conventionnelle en matériaux organiques selon NBN 11-256					
Bestandheid tegen vorst-dooiweerstand Sensibilité au gel-dégel	NPD	NPD	NPD		NG
Andere eigenschappen MB : SC ; AAV : AN ; C Autres caractéristiques	NPD	NPD	NPD		

\* : Gemiddelde indicatieën minder dan 6 maanden oud \*betekent dat deze waarden ter indicatie worden gegeven en vormt geen garantie van de fabrikant / Moyennes indicatives datant de moins de 6 mois \*signifie que ces valeurs sont données à titre indicatif et ne constituent en aucun cas une garantie de la part du fabricant.

De BENOR-certificatie van het product geeft aan dat op basis van een periodieke externe controle een voldoende mate van vertrouwen bestaat dat de leverancier in staat is om doellopend de overeenstemming van het product, zoals vastgelegd in technische referentiespecificaties, te waarborgen. Voorliggende BENOR-fiche bevat de prestaties van kenmerken die door de fabrikant verklaard worden en wordt door de certificatie-instelling geverifieerd.

De aangemelde instantie (Notified Body) AFNOR met nr. 0333 heeft op 24/05/05 in de fabriek met nr. 0333-CPR-041075 een productieconformiteitsattest afgeleverd volgens systeem 2+. Hiervoor baseert zij zich op het initieel type-onderzoek van de productieplaats en de interne fabrieksproductiecontrole (FPC), alsook op het toezicht en de permanente evaluatie van deze fabrieksproductiecontrole.

Ik ondergetekende, Joris Schoon, kwaliteitsverantwoordelijke Sagrex, verklaar dat de prestaties van het product met Code 418.19 conform zijn aan de eisen van de Bouwproductienormering 305/2011/CE en aan de EN normen hierboven beschreven.

Deze prestatieverklaring werd opgesteld onder de verantwoordelijkheid van de fabrikant.

La certification BENOR du produit indique que, sur base d'un contrôle externe périodique, il existe une confiance suffisante dans la capacité du producteur à garantir la conformité du produit de façon permanente, comme définie dans les spécifications de référence technique. La présente fiche BENOR contient les performances des caractéristiques déclarées par le producteur et est vérifiée par l'organisme de certification.

L'organisme notifié AFNOR n° 0333 a délivré le 24/05/05 un certificat de conformité de la production en usine n° 0333-CPR-041075 selon le système 2+.

Il s'appuie sur l'inspection initiale du site de production, le contrôle de la production en usine, la surveillance et l'appréciation permanente de ce contrôle de production en usine.

Je soussigné, Joris Schoon, responsable qualité SAGREX, déclare que les performances du produit Code 418.19, sont conformes aux exigences du Règlement Produits de Construction 305/2011/CE et aux normes EN reprises en référence.

La présente déclaration des performances est établie sous la seule responsabilité du fabricant.

Lemay, 13 janvier 2021

Dr. Joris Schoon  
Responsable qualité / Quality Manager

Publicatiedatum  
Date de publication

13-01-2021

Geldig tot  
Valable jusqu'à

13-07-2021

Grof Kalksteengranulaat  
Gravillons Calcaire  
14/20 Ca4a / f2 NG

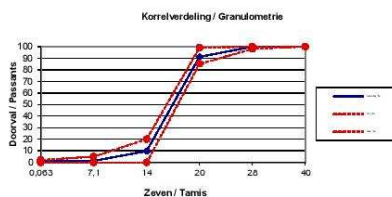


Productcode Code produit	Identificatiecode Code d'identification	CE 2+ - certificaatnummer Numéro du certificat CE 2+
130284 / 130286	405.18	0333-CPR-041075

Norm van toepassing / Norme applicable

EN 12620 + A1 (2008) : Toeslagstoffen voor beton / Granulats pour bétons  
EN 13242:2002 + A1 (2007) : Toeslagstoffen voor ongebonden en hydraulisch gebonden materialen / Granulats pour matériaux traités aux liants hydrauliques et matériaux non traités utilisés pour les travaux de génie civil et pour la construction des chaussées.  
EN 13043 (2002) + AC (2004) : Toeslagstoffen voor asfalt / Granulats pour mélanges hydrocarbonés

Korrelverdeling / Granulometrie



BENOR

Indicatef gemiddelde *	Zeef	Grenzen waar de producent zich toe engageert	
Moyenne indicative *	Tamis utilisés	Valeurs sur lesquels le producteur s'engage	
Gem.Moy(%)	mm	Min. (%)	Max. (%)
100	40	100	100
100	28	98	100
91	20	85	99
10	14	0	20
2	7,1	0	5
0,9	0,063	0	2

	EN 12620	EN 13242	EN 13043	EN 13139	PTV 411
Korrelverdeling Granularité	G <sub>C</sub> 85/20	G <sub>C</sub> 80/20	G <sub>C</sub> 85/20		
Tolerantie van de korrelverdeling Tolérance de granularité	NPD	NPD	NPD		
Gehalte aan fijne delen (%) Teneur en fines (%)	f <sub>4</sub>	f <sub>4</sub>	f <sub>2</sub>	0,9	f <sub>2</sub>
Vorm van het granulaat Forme des grains	R <sub>15</sub>	R <sub>20</sub>	R <sub>15</sub>	10	I
Percentage gebroken materiaal % des grains concassés	C <sub>1000</sub>	C <sub>1000</sub>	C <sub>1000</sub>		
Weerstand tegen verfracturing Résistance à la fragmentation	LA <sub>30</sub> (ordre N G)	LA <sub>30</sub> (ordre N G)	LA <sub>30</sub> (ordre N G)	19	Ca4a
Weerstand tegen polijding Résistance au polissage	PSV <sub>44</sub>	PSV <sub>44</sub>	PSV <sub>44</sub>	48	Ca4a
Weerstand tegen afsluiten Résistance à l'usure	M <sub>CE20</sub>	M <sub>CE20</sub>	M <sub>CE20</sub>	17	Ca4a
Reële Volumieke Massa (10/14) Masse volumique réelle (10/14)	2,66 T/m³	2,66 T/m³	2,66 T/m³		Tolerantie : Tolérance : Tolérance : 2,66 +/- 0,07 T/m³
Waterabsorptie (10/14) Absorption d'eau (10/14)	0,5%	0,5%	0,5%		0,5 +/- 0,3 %
Volumieke massa in bulk Masse volumique en vrac	NPD	NPD	NPD		
Organische stoffen Substances organiques	Negatief Négatif	Negatief Négatif	Negatief Négatif		
Gehalte aan conventioneel organisch materiaal volgens NBN 11-256				0,2	≤ 0,5 %
Teneur conventionnelle en matières organiques selon NBN 11-256					
Bestandheid tegen vorst-dooi-stand Sensibilité au gel-dégel	NPD	NPD	NPD		NG
Andere eigenschappen MB : SC ; AAV : AN ; C Autres caractéristiques	NPD	NPD	NPD		

\* : Gemiddelde indicatie minder dan 6 maanden oud \* betekent dat deze waarden ter indicatie worden gegeven en vormt geen garantie van de fabrikant / Moyennes indicatives datant de moins de 6 mois signifie que ces valeurs sont données à titre indicatif et ne constituent en aucun cas une garantie de la part du fabricant.

De BENOR-certificatie van het product geeft aan dat op basis van een periodieke externe controle een voldoende mate van vertrouwen bestaat dat de leverancier in staat is om doellopend de overeenstemming van het product, zoals vastgelegd in technische referentiespecificaties, te waarborgen. Voorliggende BENOR-fiche bevat de prestaties van kenmerken die door de fabrikant verklaard worden en wordt door de certificatie-instelling geverifieerd.

De aangemelde instantie (Notified Body) AFNOR met nr. 0333 heeft op 24/05/05 in de fabriek met nr. 0333-CPR-041075 een productieconformiteitsattest afgeleverd volgens systeem 2+. Hiervoor baseert zij zich op het initieel type-onderzoek van de productieplaats en de interne fabrieksproductiecontrole (FPC), alsook op het toezicht en de permanente evaluatie van deze fabrieksproductiecontrole.

Ik ondergetekende, Joris Schoon, kwaliteitsverantwoordelijke Sagrex, verklaar dat de prestaties van het product met Code 405.18 conform zijn aan de eisen van de Bouwproductienormering 305/2011/CE en aan de EN normen hierboven beschreven.  
Deze prestatieverklaring werd opgesteld onder de verantwoordelijkheid van de fabrikant.

La certification BENOR du produit indique que, sur base d'un contrôle externe périodique, il existe une confiance suffisante dans la capacité du producteur à garantir la conformité du produit de façon permanente, comme définie dans les spécifications de référence technique. La présente fiche BENOR contient les performances des caractéristiques déclarées par le producteur et est vérifiée par l'organisme de certification.

L'organisme notifié AFNOR n° 0333 a délivré le 24/05/05 un certificat de conformité de la production en usine n° 0333-CPR-041075 selon le système 2+.  
Il s'appuie sur l'inspection initiale du site de production, le contrôle de la production en usine, la surveillance et l'appréciation permanente de ce contrôle de production en usine.  
Je soussigné, Joris Schoon, responsable qualité SAGREX, déclare que les performances du produit Code 405.18, sont conformes aux exigences du Règlement Produits de Construction 305/2011/CE et aux normes EN reprises en référence.

La présente déclaration des performances est établie sous la seule responsabilité du fabricant.

Lemay, 8 décembre 2020

Dr. Joris Schoon  
Responsable qualité / Quality Manager

Publicatiedatum  
Date de publication

08-12-2020

Geldig tot  
Valable jusqu'à

08-06-2021

# Annexe 3 : Fiche technique superplastifiant RHEOBUILD 1100

## con.30%



The Chemical Company

### RHEOBUILD® 1100 con.30%



0956-CPD-1502

Superplastifiant / Haut réducteur d'eau (EN 934-2 T.3.1/T.3.2)



#### Description

Le RHEOBUILD 1100 CON.30% - adjuvant benorisé RHEOBUILD 1100 dilué - est un fluidifiant hautement réducteur d'eau spécialement formulé pour conférer au béton des propriétés rhéoplastiques.

Un béton rhéoplastique est un béton fluide présentant à l'essai au cône d'Abrams un affaissement d'au moins 200 mm; il s'écoule facilement sans ségrégation et son rapport eau/ciment est le même que celui d'un béton sans adjuvant et présentant un affaissement de 25 mm au cône.

#### Fiche technique

État d'agrégation	: liquide
Couleur	: brun
Poids spécifique à 20 C	: 1,145 kg/l
pH à 20 C	: 6 - 9
Teneur en halogénures	: max. 0,1 m/m %
Teneur en matière solide	: 30 %
Viscosité à 20 C	: < 70 mPa.s
Na <sub>2</sub> O équivalent	: max. 5 %
Point de congélation	: -2 °C
Toxicité	: n.a.
Code couleur	: gris

#### Conditionnement, stockage et conservation

Le RHEOBUILD 1100 CON.30% est livré en vrac ou en fûts de 210 litres.

Stocker dans des récipients fermés, à l'abri du gel, mais en dessous de 35 C. Si le RHEOBUILD 1100 CON.30% a gelé, le faire dégeler à une température entre +2 °C et +30 °C et le reconstituer en agitant lentement.

Ne jamais utiliser d'air comprimé à cet effet.

Le RHEOBUILD 1100 CON.30% se conserve pendant 12 mois dans son emballage d'origine.

#### Dosage

Le RHEOBUILD 1100 CON.30% est dosé de 500 à 1200 cc par 100 kg ciment. Pour des applications spécifiques, d'autres dosages peuvent être appliqués.

Prière de consulter notre Service Technique, qui vous aidera à déterminer le dosage optimal.

Le RHEOBUILD 1100 CON.30% et l'eau de gâchage peuvent être dosés en même temps. L'effet plastifiant ou la réduction d'eau est maximum si l'adjuvant est dosé après l'eau de gâchage.

L'addition de RHEOBUILD 1100 CON.30% aux additifs secs ou au ciment est à déconseiller. Ressuage peut être causée par l'utilisation de vieux ciment, du sable cassé, temps de malaxage insuffisant, trop d'eau et ou si on emploie un dosage trop élevé d'adjuvant.

Pour la production d'un béton auto nivelant on recommande l'utilisation de silica fume ou de fraisil. Dans ce cas les fraisils ou silica fume sont dosés en même temps que le ciment.

Lors du dosage au chantier en cas de béton prêt à l'emploi, ajouter RHEOBUILD 1100 CON.30% directement dans le mixer et malaxer à grande vitesse pendant 1 à 2 minutes par m<sup>3</sup> de béton jusqu'à ce que le mélange soit homogène.

#### Compatibilité

Le RHEOBUILD 1100 CON.30% est compatible avec tous les ciments répondant aux normes CEM.





The Chemical Company

Si un béton à haute teneur en air est requis, le RHEOBUILD 1100 CON.30% peut être utilisé, conjointement aux entraîneurs d'air fabriqués par BASF-CC, comme le MICRO-AIR. Dans ce cas, le MICRO-AIR doit être introduit dans le mélange séparément.

Le RHEOBUILD 1100 CON.30% conserve une efficacité optimale pour autant qu'il soit utilisé comme composant d'un système "adjuvant" BASF-CC.

Lors de l'utilisation d'autres adjuvants BASF-CC, il faut ajouter chaque adjuvant séparément au mélange.

#### Durée d'ouvrabilité

La durée exacte du maintien de la maniabilité dépend non seulement de la température, mais aussi du type de ciment utilisé, de la nature des granulats et de la méthode de transport.

Il est recommandé d'établir des essais réels afin de déterminer le dosage optimal en relation avec les spécifications exigées de temps de prise et de résistance. Pour ce qui concerne la cure du béton, il est recommandé de prévoir des méthodes appropriées: le MASTERKURE.

#### Domaine d'application

Le RHEOBUILD 1100 CON.30% est recommandé pour toutes applications: béton non armé, béton armé et béton précontraint, béton projeté ou mortier; c'est à dire pour béton nécessitant une fluidité augmentée, facteur eau/ciment faible, résistance et durabilité élevées.

- les bétons de masse
- les bétons pompés

- les bétons sur l'acier galvanisé
- béton fluide
- béton hautes résistances (H.S.C.)

#### Avantages

Le RHEOBUILD 1100 améliore considérablement les caractéristiques du béton frais et du béton durci:

##### Le béton frais:

- un béton fluide présentant un affaissement au cône de plus de 200 mm;
- une ouvrabilité prolongée;
- temps de prise contrôlé;
- cohésif et sans ségrégation;
- sans ressuage.

##### Le béton durci:

- résistances initiales et finales augmentées;
- module d'élasticité plus élevé;
- augmentation de l'adhérence béton/acier;
- béton étanche;
- durabilité augmentée;
- diminution du retrait et du fluage;
- sûreté élevée.

#### Précautions

Le RHEOBUILD 1100 CON.30% n'est pas toxique; ni pour la santé, ni pour l'environnement. Éviter tout contact avec les yeux et contact prolongé avec la peau. En cas de contact avec les yeux, rincer abondamment à l'eau claire et consulter un médecin. Porter des gants et des lunettes de sécurité. Garder le produit hors de la portée des enfants. Consultez les données de sécurité pour des renseignements complémentaires.

**BASF Construction Chemicals Belgium NV**  
Industrieterrein 'Ravenshout' 3711  
Nijverheidsweg 89, B-3945 Ham  
Tel. +32 11 34 04 34. Fax +32 11 40 13 92  
[basf-cc-be@basf.com](mailto:basf-cc-be@basf.com) - [www.basf-cc.be](http://www.basf-cc.be)  
B.T.W./T.V.A. BE 0417.791.569  
RPR/RPM Hasselt

**BASF Nederland B.V., Construction Chemicals**  
Karolusstraat 2  
Postbus 132, NL-4900 AC Oosterhout N.B.  
Tel. +31 162 47 66 60. Fax +31 162 42 96 94  
[basf-cc-nl@basf.com](mailto:basf-cc-nl@basf.com) - [www.basf-cc.nl](http://www.basf-cc.nl)  
B.T.W. NL 001829117B01  
HR Arnhem 09022883



Cette information est basée sur notre meilleure connaissance du produit. L'acheteur/appliqueur effectuera, en fonction du support et du chantier d'une part, de la mise en œuvre et conditions de travail d'autre part, sur lesquels BASF Construction Chemicals n'a aucune influence, sous sa responsabilité un essai d'adéquation du produit et ce avant de commencer la réalisation. Des conseils écrits et oraux, conforme à nos conditions générales de vente sont sans engagement de notre part. La dernière édition des fiches techniques annule et remplace les précédentes.

## Annexe 4 : Teneurs en pâte de ciment

Granulats : GBR-T-ND-RN, Courbe granulaire recomposée

	M1 (g)	M2 (g)	T <sub>pdc</sub> (%)
Essai 1	0,5008	0,4506	10,02 %
Essai 2	0,5003	0,4471	10,63 %

Moyenne : 10,33 % déviation standard : 0,43 %

Granulats : GBR-T-ND-RN, Fraction 2,36-5

	M1 (g)	M2 (g)	T <sub>pdc</sub> (%)
Essai 1	0,5008	0,4556	9,03 %
Essai 2	0,5001	0,4549	9,04 %

Moyenne : 9,03 % déviation standard : 0,01 %

Granulats : GBR-T-D-RN, Fraction 2,36-5

	M1 (g)	M2 (g)	T <sub>pdc</sub> (%)
Essai 1	0,5000	0,4578	8,44 %
Essai 2	0,4996	0,4540	9,13 %

Moyenne : 8,78 % déviation standard : 0,49 %

Granulats : GBR-T-D-RA, Courbe granulaire recomposée

	M1 (g)	M2 (g)	T <sub>pdc</sub> (%)
Essai 1	0,4995	0,4200	15,92 %
Essai 2	0,5008	0,4172	16,69 %

Moyenne : 16,30 % déviation standard : 0,55 %



Granulats : GBR-T-D-RA, Fraction 2,36-5

	M1 (g)	M2 (g)	T <sub>pd</sub> (%)
Essai 1	0,5001	0,4325	13,52 %
Essai 2	0,5011	0,4315	13,89 %

Moyenne : 13,70 % déviation standard : 0,26 %

Granulats : GBR-T-ND-RN-L, Fraction 2,36-5

	M1 (g)	M2 (g)	T <sub>pd</sub> (%)
Essai 1	0,5015	0,4546	9,35 %
Essai 2	0,5013	0,4338	13,46 %

Moyenne : 11,41 % déviation standard : 2,91 %

Granulats : GBR-T-ND-RN-C, Fraction 2,36-5

	M1 (g)	M2 (g)	T <sub>pd</sub> (%)
Essai 1	0,5059	0,4572	9,63 %
Essai 2	0,5070	0,4638	8,52 %
Essai 3	0,4993	0,4579	8,29 %

Moyenne : 8,81 % déviation standard : 0,71 %

Granulats : GBR-T-D-RN-C, Courbe granulaire recomposée

	M1 (g)	M2 (g)	T <sub>pd</sub> (%)
Essai 1	0,5001	0,4587	8,28 %
Essai 2	0,5011	0,4668	6,84 %

Moyenne : 7,56 % déviation standard : 1,01 %

Granulats : GBR-T-D-RN-C, Fraction 2,36-5

	M1 (g)	M2 (g)	T <sub>pd</sub> (%)
Essai 1	0,4995	0,4725	5,41 %
Essai 2	0,5003	0,4738	5,3 %

Moyenne : 5,35 % déviation standard : 0,08 %

Granulats : GBR-T-D-RA-C, Fraction 2,36-5

	M1 (g)	M2 (g)	T <sub>pd</sub> (%)
Essai 1	0,5005	0,4644	7,21 %
Essai 2	0,5000	0,4662	6,76 %

Moyenne : 6,99 % déviation standard : 0,32 %

Granulats : GBR-ELOY, Courbe granulaire recomposée

	M1 (g)	M2 (g)	T <sub>pd</sub> (%)
Essai 1	0,50020	0,4553	8,98 %
Essai 2	0,5009	0,4542	9,32 %

Moyenne : 9,15 % déviation standard : 0,25 %

Granulats : GBR-ELOY, Fraction 2,36-5

	M1 (g)	M2 (g)	T <sub>pd</sub> (%)
Essai 1	0,5000	0,4653	6,94 %
Essai 2	0,5003	0,4652	7,02 %

Moyenne : 6,98 % déviation standard : 0,05 %

Granulats : GBR-ELOY-C, Courbe granulaire recomposée

	M1 (g)	M2 (g)	T <sub>pdc</sub> (%)
Essai 1	0,5000	0,4730	5,40 %
Essai 2	0,5000	0,4734	5,32 %

Moyenne : 5,36 % déviation standard : 0,06 %

Granulats : GBR-ELOY-C, Fraction 2,36-5

	M1 (g)	M2 (g)	T <sub>pdc</sub> (%)
Essai 1	0,5045	0,4744	5,97 %
Essai 2	0,5006	0,4695	6,21 %

Moyenne : 6,09 % déviation standard : 0,17 %

## Annexe 5 : Essais de Carbonatation

GBR-ELOY 3% CO<sub>2</sub> et 22° C

Temps (h)	Granulats (g)	Solution (g)	Prise de masse %
0	5846	1356	-
1	5845	1355	-0.03 %
4	5844	1355	-0.05 %
72	5850	1358	0.10 %
118,5	5846	1355	-0.02 %
242	5845	1337	-0.34 %

GBR-T 3% CO<sub>2</sub> et 22° C

Temps (h)	Granulats (g)	Solution (g)	Prise de masse %
0	2687	1329	-
7	2688	1327	-0,04 %
51	2693	1323	0,00 %
143	2696	1313	-0,26 %

GBR-T 3% CO<sub>2</sub> et 39° C

Temps (h)	Granulats (g)	Solution (g)	Prise de masse %
0	2939	1297	-
1	2938	1293	-0,17 %
3	2939	1289	-0,27 %
23	2955	1285	0,14 %
47	2955	1262	-0,65 %
71	2957	1246	-1,12 %

## Annexe 6 : Absorptions d'eau et masses volumiques des GBR

### GRB-ELOY

	M1 (g)	M2 (g)	M3 (g)	M4 (g)	$\rho_{rd}$ (kg/m <sup>3</sup> )	WA <sub>24</sub>
Essai 1	980	2190	1603	933	2376	5,04 %
Essai 2	976	2157	1575	928	2360	5,17 %
				Moyenne	2368	5,11 %
				Std dev	11	0,1 %

### GRB-ELOY-C

	M1 (g)	M2 (g)	M3 (g)	M4 (g)	$\rho_{rd}$ (kg/m <sup>3</sup> )	WA <sub>24</sub>
Essai 1	1061	2237	1603	1011	2368	4,95 %

### GRB-T-ND-RN

	M1 (g)	M2 (g)	M3 (g)	M4 (g)	$\rho_{rd}$ (kg/m <sup>3</sup> )	WA <sub>24</sub>
Essai 1	997	2201	1603	947	2374	5,28 %

### GRB-T-D-RN

	M1 (g)	M2 (g)	M3 (g)	M4 (g)	$\rho_{rd}$ (kg/m <sup>3</sup> )	WA <sub>24</sub>
Essai 1	1000	2171	1575	947	2348	5,60 %
Essai 2	965	5877	5304	916	2337	5,35 %
				Moyenne	2343	5,47 %
				Std dev	7	0,17 %



## GRB-T-D-RA

	M1 (g)	M2 (g)	M3 (g)	M4 (g)	$\rho_{rd}$ (kg/m <sup>3</sup> )	WA <sub>24</sub>
Essai 1	1222	2319	1603	1143	2259	6,91 %

## GRB-T-ND-RN-C

	M1 (g)	M2 (g)	M3 (g)	M4 (g)	$\rho_{rd}$ (kg/m <sup>3</sup> )	WA <sub>24</sub>
Essai 1	1132	5971	5304	1072	2306	5,60 %
Essai 2	1126	2281	1610	1066	2343	5,63 %
				Moyenne	2325	5,61 %
				Std dev	27	0,02 %

## GRB-T-D-RN-C

	M1 (g)	M2 (g)	M3 (g)	M4 (g)	$\rho_{rd}$ (kg/m <sup>3</sup> )	WA <sub>24</sub>
Essai 1	1086	2255	1603	103	2380	5,13 %
Essai 2	1073	2219	1575	1022	2384	4,99 %
				Moyenne	2325	5,61 %
				Std dev	3	0,1 %

## GRB-T-D-RA-C

	M1 (g)	M2 (g)	M3 (g)	M4 (g)	$\rho_{rd}$ (kg/m <sup>3</sup> )	WA <sub>24</sub>
Essai 1	1251	2321	1575	1189	2356	5,21 %

## Annexe 7 : Absorptions d'eau et masses volumiques des granulats naturels

Calcaires du Tournaisis 0/4 mm

	M1 (g)	M2 (g)	M3 (g)	M4 (g)	$\rho_{rd}$ (kg/m <sup>3</sup> )	WA <sub>24</sub>
Essai 1	1084	5586	4902	1078	2689	0,56 %
Essai 2	1065	5946	5304	1057	2499	0,76 %
				Moyenne	2594	0,66 %
				Std dev	134	0,14 %

Calcaires du Tournaisis 2/6,3 mm fraction inférieur à 4mm

	M1 (g)	M2 (g)	M3 (g)	M4 (g)	$\rho_{rd}$ (kg/m <sup>3</sup> )	WA <sub>24</sub>
Essai 1	1042	3888	3247	1032	2574	0,97 %
Essai 2	1059	3932	3271	1049	2637	0,95 %
				Moyenne	2605	0,96 %
				Std dev	44	0,01 %

Calcaires du Tournaisis 2/6,3 mm fraction supérieure à 4mm

	M1 (g)	M2 (g)	M3 (g)	M4 (g)	$\rho_{rd}$ (kg/m <sup>3</sup> )	WA <sub>24</sub>
Essai 1	951	2173	1575	944	2677	0,74 %
Essai 2	1068	2272	1603	1061	2659	0,66 %
				Moyenne	2668	0,70 %
				Std dev	13	0,06 %

#### Calcaires du Tournaisis 6,3/14 mm

	M1 (g)	M2 (g)	M3 (g)	M4 (g)	$\rho_{rd}$ (kg/m <sup>3</sup> )	WA <sub>24</sub>
Essai 1	2556	4780	3178	2539	2662	0,68 %
Essai 2	2706	8634	6939	2686	2657	0,75 %
				Moyenne	2659	0,71 %
				Stdr dev	4	0,05 %

#### Calcaires du Tournaisis 14/20 mm

	M1 (g)	M2 (g)	M3 (g)	M4 (g)	$\rho_{rd}$ (kg/m <sup>3</sup> )	WA <sub>24</sub>
Essai 1	3726	10820	8481	3703	2668	0,63 %
Essai 2	2811	7032	5304	2797	2582	0,5 %
				Moyenne	2626	0,57 %
				Stdr dev	60	0,09 %

## Annexe 8 : Essais de gonflement sur mortiers

T ; C/G = 0,5

Eprouvette	Allongement (mm)	Allongement (%)
1	0,726	0,52 %
2	0,712	0,51 %
3	0,726	0,52 %
	Moyenne	0,52 %
	Stdr dev	0,01 %

T ; C/G = 1,25 Essai 1

Eprouvette	Allongement (mm)	Allongement (%)
1	0,635	0,45 %
2	0,662	0,47%
3	0,660	0,47%
	Moyenne	0,47%
	Stdr dev	0,01 %

T ; C/G = 1,25 Essai 2

Eprouvette	Allongement (mm)	Allongement (%)
1	0,671	0,48 %
2	0,675	0,48%
3	0,676	0,48 %
	Moyenne	0,48 %
	Stdr dev	0,00 %

T ; C/G = 2,5

Eprouvette	Allongement (mm)	Allongement (%)
1	0,471	0,34 %
2	0,482	0,34 %
3	0,467	0,33 %
	Moyenne	0,34 %
	Stdr dev	0,01 %

T\* ; C/G = 0,5

Eprouvette	Allongement (mm)	Allongement (%)
1	0,714	0,51 %
2	0,680	0,49 %
3	0,715	0,51 %
	Moyenne	0,50 %
	Stdr dev	0,01 %

T\*\* ; C/G = 0,5

Eprouvette	Allongement (mm)	Allongement (%)
1	0,723	0,52 %
2	0,726	0,52 %
3	0,735	0,53 %
	Moyenne	0,52 %
	Stdr dev	0,00 %



T\*\* ; C/G = 0,875

Eprouvette	Allongement (mm)	Allongement (%)
1	0,679	0,49 %
2	0,711	0,51 %
3	0,677	0,48 %
	Moyenne	0,49 %
	Stdr dev	0,01 %

T\*\* ; C/G = 1,25

Eprouvette	Allongement (mm)	Allongement (%)
1	0,680	0,49 %
2	0,657	0,47 %
3	0,643	0,46 %
	Moyenne	0,47%
	Stdr dev	0,01 %

GBR-ELOY ; C/G = 0,5

Eprouvette	Allongement (mm)	Allongement (%)
1	0,204	0,15 %
2	0,208	0,15 %
3	0,206	0,15 %
	Moyenne	0,15%
	Stdr dev	0,00 %

GBR-ELOY ; C/G = 1,25

Eprouvette	Allongement (mm)	Allongement (%)
1	0,236	0,17 %
2	0,233	0,17 %
3	0,222	0,16 %
	Moyenne	0,16 %
	Stdr dev	0,01 %

GBR-ELOY ; C/G = 2,5

Eprouvette	Allongement (mm)	Allongement (%)
1	0,187	0,13 %
2	0,175	0,13 %
3	0,184	0,13 %
	Moyenne	0,13 %
	Stdr dev	0,00 %

GBR-ELOY-C ; C/G = 0,5

Eprouvette	Allongement (mm)	Allongement (%)
1	0,133	0,10 %
2	0,136	0,10 %
3	0,14	0,10 %
	Moyenne	0,10%
	Stdr dev	0,00 %

GBR-ELOY-C ; C/G = 1,25

Eprouvette	Allongement (mm)	Allongement (%)
1	0,212	0,15 %
2	0,218	0,16 %
3	0,222	0,16 %
	Moyenne	0,16 %
	Std dev	0,00 %

GBR-ELOY-C ; C/G = 2,5

Eprouvette	Allongement (mm)	Allongement (%)
1	0,182	0,13 %
2	0,169	0,12 %
3	0,179	0,13 %
	Moyenne	0,13 %
	Std dev	0,00 %

GBR-T-ND-RN ; C/G = 0,5

Eprouvette	Allongement (mm)	Allongement (%)
1	0,454	0,32 %
2	0,446	0,32 %
3	0,453	0,32 %
	Moyenne	0,32 %
	Std dev	0,00 %

GBR-T-ND-RN ; C/G = 1,25

Eprouvette	Allongement (mm)	Allongement (%)
1	0,525	0,38 %
2	0,538	0,38 %
3	0,533	0,38 %
	Moyenne	0,38 %
	Std dev	0,00 %

GBR-T-D-RN ; C/G = 0,5

Eprouvette	Allongement (mm)	Allongement (%)
1	0,371	0,27 %
2	0,409	0,29 %
3	0,411	0,29 %
	Moyenne	0,28 %
	Std dev	0,02 %

GBR-T-D-RN ; C/G = 1,25

Eprouvette	Allongement (mm)	Allongement (%)
1	0,503	0,36 %
2	0,515	0,37 %
3	0,513	0,37%
	Moyenne	0,36 %
	Std dev	0,00 %

GBR-T-D-RA ; C/G = 0,5

Eprouvette	Allongement (mm)	Allongement (%)
1	0,331	0,24 %
2	0,332	0,24 %
3	0,343	0,25 %
	Moyenne	0,24 %
	Std dev	0,00 %

GBR-T-D-RA ; C/G = 1,25

Eprouvette	Allongement (mm)	Allongement (%)
1	0,416	0,30 %
2	0,424	0,30 %
3	0,424	0,30 %
	Moyenne	0,30 %
	Std dev	0,00 %

GBR-T-ND-RN-L ; C/G = 0,5

Eprouvette	Allongement (mm)	Allongement (%)
1	0,457	0,33 %
2	0,421	0,30 %
	Moyenne	0,31 %
	Std dev	0,02 %

GBR-T-ND-RN-L ; C/G = 1,25

Eprouvette	Allongement (mm)	Allongement (%)
1	0,470	0,34 %
2	0,475	0,34 %
	Moyenne	0,34 %
	Std dev	0,00 %

GBR-T-ND-RN-C ; C/G = 0,5

Eprouvette	Allongement (mm)	Allongement (%)
1	0,307	0,22%
2	0,321	0,23%
3	0,300	0,21%
	Moyenne	0,22%
	Std dev	0,01 %

GBR-T-ND-RN-C ; C/G = 1,25

Eprouvette	Allongement (mm)	Allongement (%)
1	0,388	0,28 %
2	0,384	0,27 %
3	0,409	0,29 %
	Moyenne	0,28 %
	Std dev	0,01 %

GBR-T-ND-RN-C\* ; C/G = 0,5

Eprouvette	Allongement (mm)	Allongement (%)
1	0,326	0,23 %
2	0,323	0,23 %
	Moyenne	0,23 %
	Stdr dev	0,00 %

GBR-T-ND-RN-C\* ; C/G = 1,25

Eprouvette	Allongement (mm)	Allongement (%)
1	0,399	0,28 %
2	0,397	0,28 %
	Moyenne	0,28 %
	Stdr dev	0,00 %

GBR-T-D-RN-C ; C/G = 0,5

Eprouvette	Allongement (mm)	Allongement (%)
1	0,186	0,13 %
2	0,193	0,14 %
3	0,202	0,14 %
	Moyenne	0,14 %
	Stdr dev	0,01 %

GBR-T-D-RN-C ; C/G = 1,25

Eprouvette	Allongement (mm)	Allongement (%)
1	0,377	0,27 %
2	0,388	0,28 %
3	0,392	0,28 %
	Moyenne	0,28 %
	Std dev	0,01 %

GBR-T-D-RN-C\* ; C/G = 0,5

Eprouvette	Allongement (mm)	Allongement (%)
1	0,204	0,15 %
2	0,207	0,15 %
	Moyenne	0,15 %
	Std dev	0,00 %

GBR-T-D-RN-C\* ; C/G = 1,25

Eprouvette	Allongement (mm)	Allongement (%)
1	0,389	0,28 %
2	0,396	0,28 %
	Moyenne	0,28 %
	Std dev	0,00 %



GBR-T-D-RA-C ; C/G = 0,5

Eprouvette	Allongement (mm)	Allongement (%)
1	0,215	0,15 %
2	0,205	0,15 %
3	0,193	0,14 %
	Moyenne	0,15 %
	Std dev	0,01 %

GBR-T-D-RA-C ; C/G = 1,25

Eprouvette	Allongement (mm)	Allongement (%)
1	0,301	0,22 %
2	0,361	0,26 %
3	0,360	0,26 %
	Moyenne	0,24 %
	Std dev	0,02 %