



# Zoom sur le ciment et le béton dans le CCT Qualiroutes

Ing. Thierry LOPPE

- Ciment, liant, béton, dans quels chapitres du CCT ?
- Zoom sur chapitres F, G et H
  - Les matériaux constitutifs : Sable, Gravillon, liant
  - Vérification et contrôles
- Constatations et réflexions

- Ciment / liant, béton : pratiquement présents dans tous les chapitres:

Chap C	MATERIAUX ET PRODUITS DE CONSTRUCTION
Chap E	E. 3.4. TRAITEMENT DE CERTAINS SOLS DE REMBLAI
Chap F	F. 2.3. TRAITEMENT DU FOND DE COFFRE AU MOYEN D'UN ADDITIF F. 3.1.2. SOUS-FONDATEMENTS OBTENUES PAR TRAITEMENT DU SOL EN PLACE F. 4.2. FONDATION EN EMPIERREMENT F. 4.3. FONDATION EN SABLE-CIMENT F. 4.5. FONDATION EN BETON MAIGRE F. 4.6. FONDATION EN BETON MAIGRE POREUX F. 4.7. FONDATION EN BETON SEC COMPACTE (BSC) F. 4.8. RETRAITEMENT DE CHAUSSEES EXISTANTES AU MOYEN DE CIMENT F. 4.9. FONDATIONS EN PRODUITS DE SCALPAGE TRAITÉS
Chap G	G. 1. REVÊTEMENTS EN BÉTON DE CIMENT G. 4.3. PAVAGES EN BÉTON DE CIMENT G. 4.5. REVÊTEMENTS DRAINANTS EN PAVES DE BETON G. 5.3. DALLAGES EN CARREAUX DE BÉTON G. 5.4. DALLES-GAZON EN BÉTON G. 7.1. DISPOSITIFS DE SECURITE EN BETON PREFABRIQUE G. 7.2. DISPOSITIFS DE SÉCURITE EN BÉTON COULÉ EN PLACE
Chap H	H. 1.2. ÉLÉMENTS LINÉAIRES EN BÉTON PRÉFABRIQUÉS H. 1.3. ÉLÉMENTS LINÉAIRES EN BÉTON COULÉ EN PLACE H. 2.1. DISPOSITIFS DE RETENUE EN BETON PREFABRIQUE H. 2.2. DISPOSITIFS DE RETENUE EN BÉTON COULÉ EN PLACE
Chap I	EGOUTTAGE : TUYAU, CHAMBRE ET ACCESSOIRE EN BETON
Chap J	J. 3. PETITS OUVRAGES EN BETON ET BETON ARME J. 4. PETITS OUVRAGES EN ELEMENTS PREFABRIQUES EN BETON ARME
Chap K	NOUVEAUX OUVRAGES D'ART
Chap M	M. 2.9. REMPLACEMENT D'UNE PARTIE DU REVETEMENT EN BETON ARME CONTINU M. 2.10. REMPLACEMENT DE DALLES DEFECTUEUSES OU PARTIES DE DALLES PAR UNE NOUVELLE DALLE EN BÉTON DE CIMENT M. 2.11. RELEVEMENT ET/OU STABILISATION DE REVETEMENT EN BETON PAR INJECTION
Chap N	ENTRETIEN ET RÉPARATION DES OUVRAGES D'ART

- Zoom sur les chapitres couramment utilisés au sein de la structure routière (hors éléments préfabriqués) :

Chap C	MATERIAUX ET PRODUITS DE CONSTRUCTION
Chap F	F. 4.2. FONDATION EN EMPIERREMENT F. 4.3. FONDATION EN SABLE-CIMENT F. 4.5. FONDATION EN BETON MAIGRE F. 4.7. FONDATION EN BETON SEC COMPACTE (BSC)
Chap G	G. 1. REVÊTEMENTS EN BÉTON DE CIMENT
Chap H	H. 1.3. ELÉMENTS LINÉAIRES EN BÉTON COULÉ EN PLACE

- **Préambule sur la réception des matériaux**
- La certification volontaire : gain de temps et d'argent
- *Le certificat CE2+ de l'unité de production établi par un organisme notifié attestant la commercialisation du produit pour les applications couvertes par la norme harmonisée de référence*
- *La déclaration de performance couvrant les spécifications de l'annexe ZA de de la norme de référence*
- *Une fiche technique (type PTV411) signée par le producteur mentionnant :*
  - *Une partie normative reprenant les performances complémentaires **requis par le CCT ou le CSCh** sur lesquelles le fournisseur s'engage ;*
  - *Une partie informative mentionnant les statistiques de production (FPC)*

## Matériaux constitutifs : le sable

### Fondation en empierrement lié

- C. 3.4.2.1. NATURE ET ORIGINE
- Sont admis:
  - – les sables naturels (C.3.2.)
  - – pour autant qu'ils répondent aux exigences spécifiques les concernant, les laitiers granulés (C. 3.3.1.), les sables de concassage de granulats recyclés (C. 3.3.3.), et les sables à vert (C.3.3.5.)
- conformes à la NBN EN 13242.
- C. 3.4.3.2. SPECIFICATIONS
- C. 3.4.3.2.1. CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DE GRANULARITÉ (CATÉGORIE GF85) sur fractions 0/6,3 – 0/4 – 0/2
- C. 3.4.3.2.2. TOLÉRANCES SUR LA GRANULARITÉ DÉCLARÉE PAR LE FOURNISSEUR (CATÉGORIE GTF25) sur fractions 0/6,3 – 0/4 – 0/2

### Fondation en sable-ciment

- C. 3.4.3.1. NATURE ET ORIGINE
- Sont admis:
  - – les sables naturels (C.3.2.)
  - – pour autant qu'ils répondent aux exigences spécifiques les concernant, les laitiers granulés (C.3.3.1.), les sables de concassage de granulats recyclés (C. 3.3.3.), les sables de mâchefers traités (C. 3.3.4.), les sables à vert (C. 3.3.5) et les sables de scories d'aciéries inox traitées (C. 3.3.7)
- conformes à la NBN EN 13242.
- C. 3.4.3.2. SPECIFICATIONS
- C. 3.4.3.2.1. CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DE GRANULARITÉ (CATÉGORIE GF85) sur fractions 0/6,3 – 0/4 – 0/2 – 0/1
- C. 3.4.3.2.2. TOLÉRANCES SUR LA GRANULARITÉ DÉCLARÉE PAR LE FOURNISSEUR (CATÉGORIE GTF25) sur fractions 0/6,3 – 0/4 – 0/2 – 0/1

## Matériaux constitutifs : le sable

### Fondation en empierrement lié

- C. 3.4.2.2.3. AUTRES SPECIFICATIONS

Caractéristique	Prescription	Catégorie minimale	Commentaires
Teneur en fines (%)	≤ 16	f <sub>16</sub>	—
Qualité des fines (MB) (g/kg)	≤ 2,5	—	—
Autres caractéristiques mentionnées à la NBN EN 13242 <sup>(1)</sup>	—	NR	—

### Fondation en sable-ciment

- C. 3.4.3.2.3. AUTRES SPECIFICATIONS

Caractéristique	Prescription	Catégorie minimale	Commentaires
Teneur en fines (%)	≤ 22	f <sub>22</sub>	—
Qualité des fines (MB) (g/kg)	≤ 2,5	—	—
Sulfate soluble dans l'eau (%)	≤ 0,7	SS <sub>0,7</sub>	Sables artificiels et recyclés
Sulfate soluble dans l'acide (%)	Valeur déclarée	AS <sub>déclarée</sub>	Laitier granulé
Soufre total (%)	≤ 1	S <sub>1</sub>	Sables artificiels et recyclés
Autres caractéristiques mentionnées à la NBN EN 13242 <sup>(1)</sup>	—	NR	—

## Matériaux constitutifs : le sable

### Béton maigre et béton sec compacté

- C. 3.4.4.1. NATURE ET ORIGINE
- Sont admis:
  - les sables naturels (C. 3.2)
  - pour autant qu'ils répondent aux exigences spécifiques les concernant, le laitier granulé (C. 3.3.1), les sables de mâchefers traités (C. 3.3.4) et les sables de scories d'aciéries inox traitées (C. 3.3.7), les sables à vert (C. 3.3.5), les sables de concassage de granulats recyclés (C. 3.3.3)
- conformes à la NBN EN 12620.
- C. 3.4.4.2. SPECIFICATIONS
- C. 3.4.4.2.1. CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DE GRANULARITÉ (CATÉGORIE GF85) sur fractions 0/6,3 - 0/4 - 0/2 - 0/1
- C. 3.4.4.2.2. TOLÉRANCES SUR LA GRANULARITÉ DÉCLARÉE PAR LE FOURNISSEUR sur fractions 0/6,3 - 0/4 - 0/2 - 0/1

Dimensions de tamis	Pourcentage en masse de passant		
	0/4	0/2	0/1
mm			
4	± 5 <sup>(1)</sup>	-	-
2	-	± 5 <sup>(1)</sup>	-
1	± 20	± 20	± 5 <sup>(1)</sup>
0,250	± 20	± 25	± 25
0,063 <sup>(2)</sup>	± 3	± 5	± 5

### Revêtement en béton et éléments linéaires coulés en place

- C. 3.4.5.1. NATURE ET ORIGINE
- Sont admis les sables naturels (C. 3.2.) conformes à la NBN EN 12620.
- Seuls les sables ronds sont autorisés.
- C. 3.4.5.2. SPECIFICATIONS
- C. 3.4.5.2.1. CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DE GRANULARITÉ (CATÉGORIE GF85) sur fractions 0/6,3 - 0/4 - 0/2 - 0/1
- C. 3.4.5.2.2. TOLÉRANCES SUR LA GRANULARITÉ DÉCLARÉE PAR LE FOURNISSEUR

Dimensions de tamis	Pourcentage en masse de passant		
	0/4	0/2	0/1
mm			
4	± 5	—	—
2	—	± 5	—
1	± 10	± 10	± 5
0,250	± 10	± 15	± 15



## Matériaux constitutifs : le sable

### Béton maigre et béton sec compacté

- C. 3.4.4.2.3. AUTRES SPECIFICATIONS

Caractéristique	Prescription	Catégorie minimale	Commentaires
Teneur en fines (%)	≤ 10	f <sub>10</sub>	—
Qualité des fines (MB) (g/kg)	≤ 1,5	—	—
Chlorures (%)	≤ 0,10	Valeur déclarée	Pour (mélanges de) sables d'origine marine
Teneur en éléments coquilliers (%)	≤ 30	Valeur déclarée	Pour (mélanges de) sables d'origine marine.
Sulfate soluble dans l'eau (%)	≤ 0,2	SS <sub>0,2</sub>	Laitier granulé
Sulfate soluble dans l'acide (%)	≤ 0,8	AS <sub>0,8</sub>	Sables artificiels et recyclés (C. 3.3.)
	Valeur déclarée	AS <sub>déclarée</sub>	Laitier granulé
Soufre total (%)	≤ 1	S <sub>1</sub>	Sables artificiels et recyclés (C. 3.3.)
Constituants augmentant le temps de prise (min.) et réduisant la résistance du béton (%)	≤ 120	Valeur de seuil	—
	≤ 20		—
Autres caractéristiques mentionnées à la NBN EN 12620 <sup>(1)</sup>	—	NR	—

### Revêtement en béton et éléments linéaires coulés en place

- C. 3.4.5.2.3. AUTRES SPECIFICATIONS

Caractéristique	Prescription	Catégorie minimale	Précisions complémentaires
Pourcentage en masse du passant au tamis de 0,063 mm	≤ 3	f <sub>3</sub>	— <sup>(2)</sup>
Constituants augmentant le temps de prise (min.) et réduisant la résistance du béton (%)	≤ 120 ≤ 20	Valeur de seuil	Ce critère est satisfait si la présence de matières organiques est négative
Soufre total (% en masse)	≤ 1	Valeur de seuil	—
Chlorures (%)	≤ 0,06	Valeur déclarée	Pour (mélanges de) sables d'origine marine
Teneur en éléments coquilliers	≤ 20	SC <sub>20</sub>	Pour (mélanges de) sables d'origine marine
Réaction alcali-silice	—	Valeur déclarée	—
Autres caractéristiques mentionnées à la NBN EN 12620 <sup>(1)</sup>	—	NR	—

## Matériaux constitutifs : les gravillons

### Fondation en empierrement lié

- Les gravillons sont conformes à la NBN EN 13242.
- C. 4.4.2.1. NATURE ET ORIGINE
- Sont admis:
- les gravillons naturels (C. 4.2.)
- les gravillons artificiels : laitier cristallisé (C. 4.3.1) , scorie BOF et EAF (C. 4.3.4), gravillon de mâchefers traités (C. 4.3.13), les scories d'aciéries inox traitées (C. 4.3.15) et les gravillons de granulats recyclés de béton (C. 4.3.5.) et d'enrobés hydrocarbonés (C. 4.3.8.).
- Les scories d'aciéries inox traitées (C. 4.3.15.) sont admises uniquement dans les fondations de type IA et IIA.
- C. 4.4.2.2. SPECIFICATIONS
- C. 4.4.2.2.1. CARACTERISTIQUES GENERALES DE GRANULARITE
- La granularité des différentes fractions répond aux prescriptions du tableau C. 4.4.2.2.1.a (2/4 - 4/6,3 - 6,3/10 - 6,3/14 - 6,3/20 - 10/14 - 14/20 - 20/31,5 - 31,5/63 - 20/63)
- Catégorie Gc 80/20 et Catégorie de tolérance GTc 20/15
- ou du tableau C.4.4.2.2.1.b.(2/4 - 2/8 - 4/8 - 8/ 14 - 8/20 - 14/20 - 20/31,5 - 31,5/63 - 20/63)
- Catégorie Gc 80/20 et Catégorie de tolérance GTc 20/15 ou GTc 20/17,5
- Le mélange de fractions provenant des deux tableaux est interdit.

- C. 4.4.2.2.2. AUTRES SPECIFICATIONS

Caractéristique	Prescription	Catégorie minimale	Commentaires
Teneur en fines (%)	≤ 4	f <sub>4</sub>	—
Coefficient d'aplatissement	≤ 50	FI <sub>50</sub>	D ≤ 8
	≤ 35	FI <sub>35</sub>	D > 8
Pourcentage en masse de grains semi-concassés ou entièrement concassés	90-100	C <sub>90/3</sub>	—
Pourcentage en masse de grains entièrement roulés	0 à 3		
Résistance à l'usure (Micro-Deval)	≤ 25	M <sub>DE</sub> 25	—
Résistance à la fragmentation (Los Angeles)	≤ 30	LA <sub>30</sub>	—
Stabilité volumique (%)	≤ 3	—	Pour C. 4.3.4 et C. 4.3.15

## Matériaux constitutifs : les gravillons

### Fondation en empierrement lié

Sensibilité au gel-dégel	≤ 2	F <sub>2</sub>	Les granulats ayant une absorption d'eau ≤ 1,0% ou un coefficient Los Angeles ≤ 25 sont réputés conformes
	≤ 4	F <sub>4</sub>	Application du critère F <sub>10</sub> : voir commentaire (2)  Pour granulats naturels et recyclés. (3)
	ou	ou	
	≤ 10	F <sub>10</sub>	
ou	ou		
	≤ 35	MS <sub>35</sub>	
Soufre total (%)	≤ 1	S <sub>1</sub>	Gravillons artificiels et recyclés
Autres caractéristiques mentionnées à la NBN EN 13242 <sup>(1)</sup>	—	NR	—

- (2) La catégorie F10 est acceptée selon la NBN EN 1367-1 pour autant qu'un essai complémentaire gel-dégel selon CME 01.25 démontre qu'il y a moins de 2 % de fines (fraction < 0,063 mm) produites au cours de cet essai ET que la somme de fines (fraction < 0,063 mm) produites au cours de cet essai et des fines présentes dans le granulat avant cycles de gel-dégel est inférieure à 5%.
- (3) Les granulats artificiels peuvent également être acceptés pour les fondations non liées (voir Annexe II AGW du 28/02/2019 modifiant l'AGW du 14/06/2001)

## Matériaux constitutifs : les gravillons

### Béton maigre et béton sec compacté

- Les gravillons sont conformes à la NBN EN 12620.
- C. 4.4.3.1. NATURE ET ORIGINE
- Sont admis:
- les gravillons naturels (C. 4.2)
- les gravillons artificiels laitier cristallisé (C. 4.3.1, gravillon de mâchefers traités C. 4.3.13 et scories d'aciéries inox traitées C. 4.3.15)
- les gravillons recyclés de béton (C. 4.3.5 et d'enrobés hydrocarbonés (C. 4.3.8).
- ~~scorie BOF et EAF (C. 4.3.4),~~
- C. 4.4.3.2. SPECIFICATIONS
- C. 4.4.3.2.1. CARACTERISTIQUES GENERALES DE GRANULARITE
- Le diamètre maximum D est  $\leq 32$  mm.
- La granularité des différentes fractions répond aux prescriptions du tableau C. 4.4.3.2.1.a (2/4 - 4/6,3 - 6,3/10 - 6,3/14 - 6,3/20 - 10/14 - 14/20 - 20/31,5) ou du tableau C. 4.4.3.2.1.b. (2/4 - 2/8 - 4/8 - 8/14 - 8/20 - 14/20 - 20/31,5)
- Catégorie Gc 85/20 et Gc90/15 pour les fractions 6,3/14 - 6,3/20, 8/20  
Catégorie de tolérance GT15
- Le mélange de fractions provenant des deux tableaux est interdit.

### Revêtement en béton et éléments linéaires coulés en place

- C. 4.4.4.1. NATURE ET ORIGINE
- Sont admis: les gravillons naturels concassés (C. 4.2.) conformes à la NBN EN 12620.
- Sont interdits: les gravillons artificiels et les gravillons naturels non concassés.
- C. 4.4.4.2. SPECIFICATIONS
- Les gravillons répondent aux prescriptions suivantes:
- C. 4.4.4.2.1. CARACTERISTIQUES GENERALES DE GRANULARITE
- La granularité des différentes fractions est identique aux prescriptions des gravillons pour béton maigre et béton sec compacté

## Matériaux constitutifs : les gravillons

### Béton maigre et béton sec compacté

- C. 4.4.3.2.2. AUTRES SPECIFICATIONS

Caractéristique	Prescription	Catégorie minimale	Commentaires
Résistance à l'usure (Micro-Deval)	≤ 25	M <sub>DE</sub> 25	—
Résistance à la fragmentation (Los Angeles)	≤ 30	LA <sub>30</sub>	—
Coefficient d'aplatissement	≤ 50	Fl <sub>50</sub>	D ≤ 8
	≤ 35	Fl <sub>35</sub>	D > 8
Teneur en fines	≤ 4	f <sub>4</sub>	—

### Revêtement en béton et éléments linéaires coulés en place

- C. 4.4.4.2.2. AUTRES SPECIFICATIONS

Caractéristique	Prescription	Catégorie minimale	Commentaires
Coefficient d'aplatissement	≤ 20	Fl <sub>20</sub>	D > 16
	≤ 25	Fl <sub>25</sub>	8 < D ≤ 16
	≤ 30	Fl <sub>30</sub>	D ≤ 8
Teneur en fines (% en masse)	≤ 1,5	f <sub>1,5</sub>	D > 8 mm
	≤ 4	f <sub>4</sub>	D ≤ 8 mm
Résistance à la fragmentation (Los Angeles)	≤ 25	LA <sub>25</sub>	Couches de roulement
	≤ 30	LA <sub>30</sub>	Couches inférieures, béton d'un revêtement composite et éléments linéaires
	≤ 30	LA <sub>30</sub>	Couches de roulement en réseau III <sup>(1)</sup>
Résistance à l'usure (Micro-Deval)	≤ 20	MDE <sub>20</sub>	Couches de roulement
	≤ 25	MDE <sub>25</sub>	Couches inférieures, béton d'un revêtement composite et éléments linéaires
	≤ 25	MDE <sub>25</sub>	Couches de roulement en réseau III <sup>(1)</sup>

## Matériaux constitutifs : les gravillons

### Béton maigre et béton sec compacté

- C. 4.4.3.2.2. AUTRES SPECIFICATIONS

Masse volumique réelle (Mg/m <sup>3</sup> )	≥ 2,00	—	—
Sensibilité au gel-dégel	≤ 2	F <sub>2</sub>	Les granulats ayant une absorption d'eau ≤ 1,0% ou un coefficient Los Angeles ≤ 25 sont réputés conformes
Constituants augmentant le temps de prise (min.) et réduisant la résistance du béton (%)	≤ 120 ≤ 20	Valeur de seuil	—
Sulfates solubles dans l'acide (%)	≤ 0,8	AS <sub>0,8</sub>	Gravillons recyclés

### Revêtement en béton et éléments linéaires coulés en place

- C. 4.4.4.2.2. AUTRES SPECIFICATIONS

Masse volumique réelle	—	Valeur déclarée	—
Constituants augmentant le temps de prise (min.) et réduisant la résistance du béton (%)	≤ 120 ≤ 20	Valeur de seuil	Ce critère est satisfait si le résultat de l'essai relatif à la teneur en matières organiques est négatif.
Soufre total (%)	≤ 1	Valeur de seuil	—
Chlorures (%)	≤ 0,03	Valeur déclarée	—
Teneur en éléments coquilliers (%)	≤ 10	SC <sub>10</sub>	Pour gravillons d'origine marine
Sensibilité des gravillons au gel-dégel	≤ 2	F <sub>2</sub>	Les granulats ayant une absorption d'eau ≤ 1,0% ou un coefficient Los Angeles ≤ 25 sont réputés conformes

## Matériaux constitutifs : les gravillons

### Béton maigre et béton sec compacté

- C. 4.4.3.2.2. AUTRES SPECIFICATIONS

Soufre total (%)	≤ 1	S <sub>1</sub>	Gravillons artificiels et recyclés
Stabilité volumique (%)	≤ 3	—	Pour C. 4.3.15.
Autres caractéristiques mentionnées à la NBN EN 12620 <sup>(1)</sup>	—	NR	—

- La stabilité volumique est ≤ 5 % pour les gravillons recyclés (C. 4.3.5. et C. 4.3.8.) et pour les gravillons de mâchefers traités (C. 4.3.13.).

### Revêtement en béton et éléments linéaires coulés en place

- C. 4.4.4.2.2. AUTRES SPECIFICATIONS

Réaction alcali-silice	—	Valeur déclarée	—
Résistance au polissage (PSV)	≥ 50	PSV <sub>50</sub>	Couches de roulement
	≥ 40	PSV <sub>décl.</sub>	Couches de roulement – réseau III <sup>(1)</sup>
	—	PSV <sub>NR</sub>	Couches inférieures, béton d'un revêtement composite et éléments linéaires
Autres caractéristiques mentionnées à la NBN EN 12620 <sup>(2)</sup>	—	NR	—

- (1) Si les documents du marché l'autorisent.
- La somme MDE + LA est ≤ 30 pour les couches de roulement. Elle est ≤ 45 pour les couches de roulement en réseau III (si les documents du marché l'autorisent) ainsi que pour les couches inférieures et les éléments linéaires.

## Matériaux constitutifs : le liant

### Fondation en empierrement lié

- Suivant la nature de l'additif utilisé, on distingue les types d'empierrements suivants:
- - type I A ou II A: contenant 50 à 80 kg/m<sup>3</sup> de ciment ou de LHR de classe N4, E4 ou E4-RS; pour les LHR de classe N1, N2, N3, E2 ou E3, une étude préliminaire doit être effectuée conformément au F. 4.2.2.1.1.  
(d'application à partir du 01/01/2023)
- (supprimé à partir du 01/01/2025)
  - type I A ou II A: contenant minimum 50 kg/m<sup>3</sup> de ciment ou des liants hydrauliques routiers (LHR)  
(d'application à partir du 01/01/2025)
  - type I C ou II C: contenant 17 % à 25 % de laitier granulé et 1 % à 2 % de chaux.

### Fondation en sable-ciment

- Les fondations en sable-ciment sont du type I ou du type II:
- la fondation de type I est un mélange homogène de sable, de ciment ou LHR, d'eau et éventuellement de cendres volantes
- la fondation de type II est exclusivement une fondation de voirie et est un mélange homogène de sable de concassage, de gravillons, de ciment ou LHR, d'eau et éventuellement de cendres volantes. La quantité de sable est de minimum 65 % de la masse totale sable + gravillons.  
(d'application à partir du 01/01/2023)
- La quantité de ciment ou de LHR de classe N4, E4 ou E4-RS est de 100 kg/m<sup>3</sup> minimum.



## Matériaux constitutifs : le liant

### Béton maigre

- Type I : Ciment ou LHR
- Type II : Ciment + laitier granulé

### Béton sec compacté

- Ciment uniquement
- **Remarque pour les empièvements liés, les sable-ciment, les bétons maigres et les bétons sec compactés dont le liant est du ciment**
- **Tous les ciments sont conformes à la NBN EN 197-1, NBN EN 197-5 ou NBN-EN 197-6.**
- La NBN EN 197-5 définit le ciment Portland composé CEM II/C-M et le ciment composé CEM VI, qui ne sont pas couverts par la NBN EN 197-1.
- La NBN EN 197-6 définit le ciment à base de matériaux de construction recyclés, qui n'est pas couvert par la NBN EN 197-1.
- (d'application à partir du 01/01/2024).
- **C. 8.3. RÉCEPTION TECHNIQUE PRÉALABLE**
- Pour les ciments courants de la NBN EN 197-1, le marquage CE (niveau 1+) couvre tous les aspects de la NBN EN 197-1. Dès lors, ces caractéristiques sont vérifiées sur base des documents accompagnant le marquage CE.
- Pour les ciments de la NBN EN 197-5 et NBN EN 197-6, les caractéristiques sont vérifiées sur base des essais de réception complémentaires.

### Revêtement en béton et éléments linéaires coulés en place

- C. 8.4. SPECIFICATIONS RELATIVES A L'UTILISATION
- pour les revêtements en béton de ciment (G. 1.), éléments linéaires (H), réparations de revêtements en béton de ciment (M. 2) le ciment est du type **CEM I LA ou CEM III/A LA** et de classe de résistance minimum 42,5

## Etude préliminaire

### Fondation en empierrement lié

Quand le liant est un LHR de classe N1, N2, N3, E2 ou E3, l'entrepreneur fournit, au moins quinze jours avant le début de la mise en œuvre des produits, une étude préliminaire dressée par un laboratoire reprenant:

- La granularité des matériaux selon la norme NBN EN 933-1
- La détermination du moule Proctor et de la méthode de compactage selon la norme NBN EN 13286-2
- La teneur en eau optimale, la masse volumique sèche et la résistance à la compression pour une teneur en liant constante, suivant les normes NBN EN 13286-1 et -2.
- La détermination de la teneur en liant. La résistance à la compression moyenne minimale à 7 jours est 3 MPa.
- La période de maniabilité suivant la norme NBN EN 13286-45.  
(supprimé à partir du 01/01/2025)

- Pour les empierrements de type IA, IIA (le liant est un ciment ou un LHR), IC ou IIC, l'entrepreneur fournit, au moins quinze jours avant le début de la mise en œuvre des produits, une étude préliminaire dressée par un laboratoire reprenant:
- - La granularité des matériaux selon la norme NBN EN 933-1
- - La détermination de la courbe Proctor modifié pour déterminer la teneur en eau optimale et la masse volumique sèche optimale (NBN EN 13286-1 et NBN EN 13286-2)
- - La déclaration de la teneur en liant.
- - La classe de résistance  $R_c$  est C3/4 à 7 jours suivant la norme NBN EN 14227-1
- La  $R_c$  est mesurée sur des éprouvettes à teneur en eau optimale (WOPM), compactées à la densité OPM dans un moule Proctor
- - La période de maniabilité suivant la norme NBN EN 13286-45.
- (d'application à partir du 01/01/2025)

### Fondation en sable-ciment

- Pour les LHR de classe N1, N2, N3, E2 ou E3, une étude préliminaire est effectuée conformément au F. 4.3.2.1.2. reprenant :
  - La granularité des matériaux selon la norme NBN EN 933-1
  - La détermination du moule Proctor et de la méthode de compactage selon la norme NBN EN 13286-2
  - La teneur en eau optimale, la masse volumique sèche et la résistance à la compression pour une teneur en liant constante, suivant les normes NBN EN 13286-1 et 2.
  - La détermination de la teneur en liant. La résistance à la compression moyenne minimale à 28 jours est
    - 3 MPa pour les fondations de type I dans le cas de remplissage de fouilles et enrobage de tuyaux,
    - 4,5 MPa pour les fondations de type I dans le cas de fondation de route.
    - 12 MPa pour les fondations de type II.
  - La période de maniabilité suivant la norme NBN EN 13286-45

## Etude préliminaire

### Béton maigre et béton sec compacté

- une étude de la composition du béton, certifiée par un laboratoire, reprenant:
- la composition en masse des gravillons, graves et sables
- la teneur en ciment ou LHR et en eau
- la consistance du béton frais
- la masse volumique du béton à l'état sec
- le type, les caractéristiques et le dosage des adjuvants et additifs éventuels
- **Etude préliminaire (Béton maigre uniquement)**
- Quand le liant est un LHR de classe N1, N2, N3, E2 ou E3, l'entrepreneur fournit, au moins quinze jours avant le début de la mise en œuvre des produits, une étude préliminaire dressée par un laboratoire reprenant:
  - - La granularité des matériaux selon la norme NBN EN 933-1
  - - La détermination du moule Proctor et de la méthode de compactage selon la norme NBN EN 13286-2
  - - La teneur en eau optimale, la masse volumique sèche et la résistance à la compression pour une teneur en liant constante, suivant les normes NBN EN 13286-1 et 2.
  - - La détermination de la teneur en liant. La résistance à la compression moyenne minimale à 28 jours est 15 MPa
  - - La période de maniabilité suivant la norme NBN EN 13286-45.

### Revêtement en béton et éléments linéaires coulés en place

- une étude de la composition du béton, validée par un laboratoire accrédité pour les essais correspondants ou reconnu par le pouvoir adjudicateur, reprenant:
  - - la composition en masse des gravillons et du sable
  - - la quantité de ciment et d'eau par m<sup>3</sup> de béton
  - - la consistance et l'ouvrabilité mesurées au cône d'Abrams et au consistomètre VB
  - - la nature et les courbes granulométriques des composants inertes (sable, fractions granulométriques des gravillons)
  - - le type, les caractéristiques et le dosage des adjuvants
  - - la teneur en air occlus du béton frais
  - - la masse volumique apparente du béton frais compacté
  - - la résistance à la compression, à 7 et 28 jours d'âge, sur deux séries de trois carottes de 100 cm<sup>2</sup>
    - l'emplacement de la centrale à béton
    - le bilan des alcalis déterminé selon la NBN EN 206 et son complément national NBN B 15-001. Il est conforme à l'annexe I (mesure 3). Le niveau d'exigence correspond à une catégorie d'exposition AR 3 et à un niveau de prévention PREV 3 pour le réseau I et PREV 2 pour les réseaux II et III
    - pour le béton armé, le bilan en chlorures, Le résultat de ce bilan est inférieur ou égal à 0,40% de chlorures par rapport à la teneur en masse du ciment. La méthode de calcul de ce bilan est décrite dans le document de référence QUALIROUTES-C-2 §5.2.8.
    - dans le cas d'un béton coloré, une ou plusieurs épreuves de convenance sont réalisées. Les planches d'essais de 0,5 m x 0,5 m sont réalisées en laboratoire et éventuellement dénudées ou imprimées pour attester de la teinte.

## Spécifications

### Fondation en empierrement lié

- **Spécifications**

- Granulométrie

Tamis (mm)	Passant (%)	
	Type IA	Type IIA
63	-	100
40	100	98 - 100
31,5	-	80 à 99
28	99 à 100	-
20	80 à 99	60 à 90
6,3	40 à 70	40 à 70
2	20 à 45	20 à 45
0,500	5 à 25	5 à 25
0,063	0 à 9	0 à 9

Le coefficient de compressibilité M1 est égal ou supérieur à 110 Mpa voir CME 50.01

Résultat d'essai à la Plaque statique

Si M1 est inférieur à 110 MPa mais égal ou supérieur à 90 MPa, le rapport  $m=M2/M1$  doit être  $\leq 2,5$ .

### Fondation en sable-ciment

- **Spécifications**

- Pour les fondations routières et dans le cas du sable-ciment de type I, le coefficient de compressibilité M1 est supérieur ou égal à 110 MPa (droite OD, voir figures E. 3.3.3.1.a ou 1.b). Cette portance est mesurée avant la prise du liant spécifiée sur la fiche technique de ce dernier.
- F. 4.3.3.2.1. RÉSISTANCE À LA COMPRESSION POUR LES FONDATIONS DE TYPE I
- la résistance à la compression simple est contrôlée sur des éprouvettes d'essai Proctor standard. Six éprouvettes sont fabriquées et conservées en laboratoire dans une chambre humide.
- La résistance moyenne à la compression  $R'_{bm}$  à 7 jours d'âge sur trois éprouvettes est:
  - $R'_{bm} \geq 2$  MPa dans le cas de remplissage de fouilles et enrobage de tuyaux,
  - $R'_{bm} \geq 3$  MPa dans le cas de fondation de route.
- Si la résistance à 7 jours d'âge n'est pas atteinte, la résistance moyenne à la compression à 28 jours d'âge, contrôlée sur les trois éprouvettes restantes, est:
  - $R'_{bm} \geq 3$  MPa dans le cas de remplissage de fouilles et enrobage de tuyaux,
  - $R'_{bm} \geq 4,5$  MPa dans le cas de fondation de route.
- Une réfaction peut être acceptée si la valeur à 28 jours est d'au moins 60 % de la valeur prescrite

## Spécifications

### Fondation en empierrement lié

- **Spécifications**
- Dans le cas où  $m > 2,5$ , une carotte extraite à minimum 14 jours dans un rayon de 5 m autour de l'emplacement de l'essai à la plaque géolocalisé non conforme et un essai de résistance à la compression sont réalisés à charge de l'adjudicataire.
- La résistance en compression de cette carotte de 100 cm<sup>2</sup> est mesurée à minimum 60 jours d'âge suivant la norme d'essai NBN-EN 13286-41. L'exigence de résistance à la compression individuelle est: **R<sub>ci,min</sub>=6 MPa**.
- Entre la prise d'échantillon et la réalisation de l'essai, celui-ci est conservé, emballé dans un film plastique à une température de 20 °C et un taux d'humidité relative de 95 %.
- Un seul carottage est permis, si la carotte ne peut être extraite ou si l'essai suivant la norme d'essai NBN EN 13286-41 ne peut être valablement conduit à l'expression d'une valeur de résistance, l'empierrement est refusé.
- Le contrôle a posteriori de la résistance est compris comme un essai de rattrapage et détermine l'acceptation ou le refus de la fondation. Il n'existe donc pas de possibilité de contre-essai supplémentaire.
- Si  $M1 < 90$  MPa, l'empierrement est refusé
- (d'application à partir du 01/01/2025).

### Fondation en sable-ciment

- **Spécifications**
- F. 4.3.3.2.2. RÉSISTANCE À LA COMPRESSION POUR LES FONDATIONS DE TYPE II
- Les résistances sont mesurées sur carottes de 100 cm<sup>2</sup> extraite par forage à au moins 90 jours d'âge.
- Le prélèvement des carottes a lieu au minimum 8 jours après la pose de la fondation en sable-ciment.
- Les prescriptions concernant, par fraction de lot (ou section), les résistances individuelles  $R'_{bi} \geq 12,0$  Mpa
- Une réfaction peut-être acceptée jusqu'à un manque de résistance de maximum 20 % de la valeur prescrite au-delà la fondation est refusée.

## Spécifications

### Béton maigre et béton sec compacté

- **Spécification Béton maigre**
- Les résistances sont mesurées sur carottes de 100 cm<sup>2</sup> à au moins 90 jours d'âge.
- Le prélèvement des carottes a lieu au minimum 8 jours après la pose de la fondation en béton maigre / Béton sec compacté.
- Les prescriptions concernent, par fraction de lot (ou section), les résistances individuelles R'bi :
- **Béton maigre**  
Fondation de chaussées et/ou zone d'immobilisation ≥ 12,0 Mpa  
Fondation de trottoirs, él.linéaires et localisés ≥ 15 Mpa
- **Béton sec compacté**
- BSC 20 ≥ 20,0 Mpa
- BSC 30 ≥ 30,0 MPa
- Si la résistance à la compression prescrite n'est pas atteinte une formule de réfaction peut être appliquée jusqu'à un manque de résistance de maximum 20 % au-delà la fondation est refusée

### Revêtement en béton

- Composition : l'entrepreneur choisit la composition du béton en respectant les prescriptions suivantes:

	D <sub>max</sub> du granulat (mm)	Quantité de ciment (kg/m <sup>3</sup> )	Rapport eau/ciment E/C	Teneur en air (% -v)
Réseau I				
Couche supérieure (mono ou bicouche)	≥ 32 6,3 < D <sub>max</sub> ≤ 20 ≤ 6,3	≥ 400 ≥ 400 ≥ 425	≤ 0,45 ≤ 0,45 ≤ 0,42	- 3 ≤ v ≤ 6 5 ≤ v ≤ 8
Couche inférieure (bicouche)	≥ 20	≥ 375	≤ 0,45	
Béton revêtement composite	32	≥ 375	≤ 0,45	
Réseau II et III				
Couche supérieure (mono ou bicouche)	≥ 32 6,3 < D <sub>max</sub> ≤ 20 ≤ 6,3	≥ 350 ≥ 375 ≥ 400	≤ 0,50 ≤ 0,50 ≤ 0,45	- 3 ≤ v ≤ 6 5 ≤ v ≤ 8
Couche inférieure (bicouche)	≥ 20	≥ 350	≤ 0,50	
Béton revêtement composite	≥ 20	≥ 350	≤ 0,50	

(d'application à partir du 01/01/2024)

- Moyennant accord du fonctionnaire dirigeant, un D<sub>max</sub> = 22 mm peut être utilisé. Dans ce cas, celui-ci est assimilé égal à 20 mm.

## Spécifications

### Éléments linéaires coulés en place

- Composition
- Les bétons sont obtenus par mélange de gravillons, sable, ciment, eau et adjuvants:
  - granularité: la dimension maximale des gravillons est  $\leq 32$  mm
  - type de ciment: CEM I 42,5 N LA ou CEM III/A 42,5 N LA
  - quantité de ciment:  $\geq 375$  kg par  $m^3$  de béton en place
  - eau: rapport E/C  $\leq 0,50$
  - la teneur en air est comprise entre 3 et 6 % (v/v).
- Lorsque le béton est fourni à performance spécifiée suivant la NBN EN 206 et son complément national NBN B 15-001, les exigences minimales sont:
  - classe de résistance: C 30/37
  - domaine d'utilisation: BNA (Béton non armé) ou BA (béton armé)
  - classe d'environnement: **EE4**
  - classe de consistance S1 avec exigence supplémentaire:
    - - slump  $< 30$  mm
    - - VÉBé compris entre 5 et 7 s
  - D max = 32 mm
  - teneur en ciment LA  $\geq 375$  kg par  $m^3$  de béton en place
  - béton à air entraîné
  - le bilan des alcalis. Celui-ci est déterminé selon la NBN EN 206 et son complément NBN B 15-001. Il doit être conforme à l'annexe I (mesure 3). Le niveau d'exigence correspond à une catégorie d'exposition AR 3 et à un niveau de prévention PREV 2.
- Lorsque le béton n'est pas fourni à performance spécifiée suivant la NBN B 15-001, l'entrepreneur fournit, au moins 15 jours avant le début du bétonnage:
  - les fiches techniques des composants
  - une étude de la composition du béton, validée par un laboratoire accrédité ou reconnu par le pouvoir adjudicateur, reprenant:
    - - la composition en masse des gravillons et du sable
    - - la quantité de ciment et d'eau par  $m^3$  de béton
    - - la consistance du béton frais et l'ouvrabilité mesurées au cône d'Abrams et au consistomètre VÉBé
    - - la teneur en air du béton frais
    - - la résistance à la compression à 7 jours et 28 jours d'âge sur deux séries de trois carottes de  $100\text{ cm}^2$
    - - la masse volumique apparente du béton frais compacté
    - - le type, les caractéristiques et le dosage des adjuvants
  - l'emplacement de la centrale à béton
  - le bilan des alcalis. Celui-ci est déterminé selon la NBN EN 206 et son complément national NBN B 15-001. Il est conforme à l'annexe I (mesure 3). Le niveau d'exigence correspond à une catégorie d'exposition AR 3 et à un niveau de prévention PREV 2.

## Spécifications

### Revêtement en béton et éléments linéaires coulés en place

- La résistance est mesurée conformément au tableau ci-dessous.
- Le prélèvement des carottes a lieu au minimum 10 jours après la pose du béton.
- Les prescriptions concernent, par fraction de lot (ou section), les résistances individuelles R'bi.

	Réseau I	Réseau II et III
Revêtements monocouches ou couche inférieure des revêtements bicouches Essais sur carottes (h = 10 cm, S = 100 cm <sup>2</sup> ) à minimum 90 jours		
Résistance à la compression individuelle minimum (N/mm <sup>2</sup> )	60* 50	50* 40
Couche supérieure des revêtements bicouches Essais sur cubes (15 cm de côté) à 28 jours		
Résistance à la compression individuelle minimum (N/mm <sup>2</sup> )	40	30

\* sans incorporation d'un entraîneur d'air.

La résistance est exprimée en N/mm<sup>2</sup> et la prescription par couche ou par section.

- Résistances individuelles R'bi ≥ 40 pour éléments linéaires

- L'absorption d'eau est mesurée sur la tranche supérieure de carottes de 100 cm<sup>2</sup> à au moins 60 jours d'âge réel.
- Les prescriptions concernent, par lot, l'absorption d'eau moyenne W<sub>m</sub> et les absorptions d'eau individuelles W<sub>ai</sub>.
- Si l'addition d'un entraîneur d'air est imposée pour une couche supérieure caractérisée par un D<sub>max</sub> du granulat > 20 mm, les prescriptions correspondant à un D<sub>max</sub> du granulat ≤ 20 mm (G. 1.2.5.2) sont d'application.

	D <sub>max</sub> du granulat (mm)	Absorption d'eau individuelle maximum W <sub>ai, max</sub> (%)	Absorption d'eau moyenne maximum W <sub>m, max</sub> (%)
Réseau I			
Couche supérieure (mono ou bicouche)	> 32 (sans air entraîné) 6,3 < D <sub>max</sub> ≤ 20 ≤ 6,3	6,5 6,8 6,8	6,0 6,3 6,3
Couche inférieure (bicouche)	≥ 20	-	-
Réseau II et III avec sels de déverglaçage*			
Couche supérieure (mono ou bicouche)	> 32 (sans air entraîné) 6,3 < D <sub>max</sub> ≤ 20 ≤ 6,3	6,5 6,8 6,8	6,0 6,3 6,3
Couche inférieure (bicouche)	≥ 20	-	-

\* Pour le réseau III, l'absence de sels de déverglaçage est précisée par les documents du marché.

- W<sub>m</sub> ≤ 6,3 % et W<sub>ai</sub> ≤ 6,8 % pour éléments linéaires



## Spécifications

### Revêtement en béton et éléments linéaires coulés en place

- L'essai de résistance au gel est réalisé lorsque les résultats d'absorption d'eau sont insuffisants ou à la demande du fonctionnaire dirigeant.
- L'essai est réalisé suivant la CME 53.06 ayant comme référence de base le Projet de norme internationale ISO/DIS 4846.2 (1984): "Béton - détermination de la résistance à l'écaillage des surfaces soumises à des agents chimiques dégivrants
- La résistance au gel en présence de sels de déverglaçage est mesurée sur la tranche supérieure de carottes de section de 100 cm<sup>2</sup> d'au moins 90 jours d'âge. Les éprouvettes subissent 30 cycles de gel/dégel.

Caractéristique (g/dm <sup>3</sup> )	Réseau	
	I	II et III
Perte moyenne maximum après 30 cycles	5	10

- REFACTIONS
- Une réfraction peut-être acceptée jusqu'à un manque de résistance de maximum 25 % de la valeur prescrite au-delà le béton est refusé
- Une réfraction peut être acceptée jusqu'à une valeur d'absorption d'eau individuelle supérieure de 0,5 (1,5 pour éléments linéaires) à la valeur prescrite, au-delà la fraction de lot correspondant à la carotte est refusée
- Une réfraction peut être acceptée jusqu'à une valeur d'absorption d'eau moyenne supérieure de 0,5 (1,5 pour éléments linéaires) à la valeur prescrite, au-delà le lot est refusé.
- Au cas où les essais de résistance au gel sont satisfaisants, le béton est accepté et les réfections relatives à l'absorption d'eau ne sont pas appliquées.  
Dans le cas contraire, les réfections relatives à l'absorption d'eau sont d'application.

### Vérifications, contrôle

#### Fondation en empierrement lié

- **Vérification**
- Contrôle des fiches techniques des constituants portant sur l'attestation de conformité (système 2+)
- Pour les mélanges ne relevant pas d'un système d'attestation de conformité, les essais suivants seront réalisés à charge de l'adjudicataire sur le mélange lors de la réception technique préalable:
  - courbe granulométrique 1/1000 T avec au moins 1/chantier
  - teneur en fines 1/1000 T avec au moins 1/chantier
  - qualité des fines 1/1000 T avec au moins 1/chantier
  - matières organiques. 1/1000 T avec au moins 1/chantier

#### Fondation en sable-ciment

- **Vérification**
- Contrôle des fiches techniques des constituants portant sur l'attestation de conformité (système 2+)

## Vérification , contrôle

### Fondation en empièrrement lié

#### • CONTROLES EN COURS D'EXECUTION

Dans le cas des fondations traitées au ciment ou au LHR, les essais à la plaque sont effectués à la demande du fonctionnaire dirigeant au plus tard dans ~~les 2 heures qui suivent la mise en œuvre~~ le délai de maniabilité (selon la norme NBN EN 13286-45) (d'application à partir du 01/01/2025). Aux endroits où la portance imposée n'est pas atteinte, la fondation est rectifiée en accord avec le fonctionnaire dirigeant ou son délégué.

(d'application à partir du 01/01/2023)

Le nombre d'essais de contrôle à la plaque statique est de 1 essai par 1000 m<sup>2</sup> de matériau mis en œuvre; ces essais sont répartis uniformément sur l'ensemble de la surface du chantier. Ils sont réalisés par un laboratoire accrédité.

(d'application à partir du 01/01/2025)

NB : Si l'exigence de résistance à la compression individuelle à 60 jours de  $R_{ci,min}=6$  Mpa, n'est pas atteinte une formule de réfraction peut être appliquée jusqu'à un manque de résistance de maximum 20 % au-delà la fondation est refusée.

### Fondation en sable-ciment

#### • CONTROLES EN COURS D'EXECUTION

- Portance

- **Constatations et Réflexions:**

- Actuellement les possibilités de réutilisation de matériaux d'origine secondaires occupent déjà une large place au sein du CCT
- Les ouvertures existent pour l'emploi de nouveaux ciments/liants dans une majorité d'application
- Dans la quête actuelle de décarbonation, attention de bien évaluer la durabilité attendue des infrastructures au regard de l'investissement public consenti, de la diminution de la mobilité inhérente lors de leur remplacement et la génération de nouveaux déchets.
- Au regard des volumes mis en œuvre, visons à employer les matériaux à leur optimum suivant les contraintes auxquelles ils sont censés résister.