



Le béton maigre en fondation d'éléments linéaires

Introduction

Contexte et objectif de l'étude

Les difficultés fréquemment rencontrées pour atteindre la résistance minimale de 15 MPa sur carottes individuelles exigée par le cahier des charges type Qualiroutes (CCT Qualiroutes) (Service Public de Wallonie (SPW), Infrastructures, 2021a) pour les fondations en béton maigre sous des éléments linéaires soulèvent des interrogations quant aux paramètres déterminants pour la performance de ce matériau en conditions de chantier. Afin d'apporter des éléments de réponse à cette problématique, le CRR a entrepris dès mai 2023 une étude expérimentale fondée sur la réalisation de deux planches d'essais, visant à évaluer l'influence des différents paramètres de mise en œuvre et de contrôle sur les performances du béton maigre de fondation.

Propriétés et cadre normatif du béton maigre de fondation

Propriétés et applications

Le béton maigre est un matériau de fondation rigide composé de ciment, d'eau, de sable et de granulats. Comparable à un béton classique mais avec des teneurs en ciment et en eau plus faibles, il présente une consistance ferme de type S1 (« terre humide ») qui nécessite une mise en œuvre par compactage (Fédération Belge du Ciment [FEBELCEM], 2004).

Grâce à sa rigidité, il assure une répartition des charges sur une surface plus importante du sol support et réduit ainsi les contraintes transmises au fond de coffre. Il est particulièrement adapté aux sols peu portants, hétérogènes ou argileux et contribue à améliorer la durabilité des infrastructures face aux sollicitations mécaniques, à l'eau et au gel. Le béton maigre est couramment utilisé comme couche de fondation sous les chaussées en béton ou en asphalte et les pistes cyclables. Il sert également de fondation pour les trottoirs et éléments linéaires tels que les bordures, filets d'eau et caniveaux, qui constituent le sujet principal du présent article.

Dans cette dernière application, son rôle est d'assurer le support, le calage et la stabilité des ouvrages tout en répartissant les charges vers le sol de fondation. Ses performances sont connues pour dépendre fortement des conditions de mise en œuvre, notamment de la teneur en eau, du compactage et de la cure, qui influencent directement la densité et les résistances mécaniques obtenues.

Selon la norme NBN B 15-001 (Bureau de Normalisation [NBN], 2026a), un béton maigre doit au minimum présenter une classe de résistance C12/15, une consistance S1 et un diamètre maximal des granulats de 20 mm.

Le cadre réglementaire wallon

Pour les fondations de trottoirs et éléments linéaires, en Wallonie, si le béton maigre est à performances spécifiées, le cahier des charges type Qualiroutes (Service Public de Wallonie (SPW), Infrastructures, 2021b) prescrit, pour les fondations de trottoirs et d'éléments linéaires, un béton maigre de classe C16/20 selon la NBN EN 206 (NBN, 2026b) et la NBN B 15-001 (NBN, 2026a). Selon ces normes, le béton maigre est considéré comme un béton de ciment classique prêt à l'emploi. Le CCT Qualiroutes impose alors qu'il contienne au minimum 100 kg de ciment par mètre cube et une teneur en eau efficace inférieure à 8 % (Chapitre F.4.5.2.2.2) (Service Public de Wallonie (SPW), Infrastructures, 2021b).

Le béton doit être mis en œuvre (F.4.5.2.2.5), compacté et protégé dans un délai maximal de deux heures après sa fabrication. La pose est interdite si la température de l'air à 8h est $\leq 1^\circ\text{C}$ ou s'il a gelé à $\leq -3^\circ\text{C}$ durant la nuit. La conformité est évaluée à partir de carottes prélevées sur l'ouvrage, avec une résistance individuelle minimale de 15 MPa à 90 jours (F.4.5.3.1). Le contrôle (F.4.5.4.2.1.) prévoit au minimum une carotte tous les 200 m d'éléments linéaires ou une carotte par 500 m² de trottoir, avec un minimum de trois prélèvements par chantier (Service Public de Wallonie (SPW), Infrastructures, 2021b).

Le cadre réglementaire flamand

En Flandre, le cahier des charges Standaardbestek 250 (Vlaamse Overheid, Agentschap Wegen en Verkeer [AWV], 2025) adopte une approche différente basée à la fois sur une résistance moyenne minimale de 12 MPa et une résistance individuelle minimale de 9 MPa. Le matériau est spécifié comme un béton maigre de classe C9/12 conformément à la NBN EN 14227-1 (NBN, 2013), laquelle considère ce type de matériau comme une fondation routière traitée aux liants hydrauliques. Cette approche impose systématiquement une étude préalable de formulation permettant de définir la composition du mélange et un contrôle de conformité sur carottes prélevées.

Le SB 250 impose donc une étude préalable systématique et des contrôles sur carottes sont réalisés par sections et sous-sections, une carotte étant généralement prélevée de manière aléatoire dans chaque sous-section afin de déterminer les résistances et épaisseurs individuelles, tandis que les valeurs moyennes sont calculées à l'échelle de la section.

Applications	CCT Qualiroutes	SB 250
Routes et zones d'immobilisation	Individuelle ≥ 12 MPa (épandage manuel interdit)	Individuelle ≥ 9 MPa Moyenne ≥ 12 MPa (labo 28J ≥ 15 MPa)
Parkings et zones de stationnement	Individuelle ≥ 12 MPa	
Éléments linéaires coulés en place	Individuelle ≥ 15 MPa (même machine que l'élément linéaire)	
Trottoirs et éléments linéaires préfabriqués	Individuelle ≥ 15 MPa (si réalisé avec la route, Individuelle $\geq 12,0$ MPa)	

Tableau 1 – Exigences du CCT Qualiroutes et du SB 250 (v5.0) –
Résistances en compression à 90 jours des carottes de béton maigre de fondation

Première planche : influence de la portance du support

Objectif et hypothèse

Cette première planche d'essais a été conçue afin de vérifier l'hypothèse selon laquelle la qualité de compactage du béton maigre est influencée par la portance de la sous-fondation sur laquelle il est mis en œuvre. Pour évaluer cet effet, le CRR a réalisé une planche expérimentale composée d'une couche de fondation en béton maigre présentant une formulation identique sur toute sa longueur, mais reposant sur plusieurs sections de sous-fondation caractérisées par des niveaux de portance différents.

Mise en œuvre

La première planche d'essais de fondation en béton maigre a été réalisée sur le site du CRR à Sterrebeek en mai 2023. Dans le cadre d'une reconnaissance préliminaire du terrain, un pénétromètre dynamique PANDA a été utilisé afin d'identifier l'emplacement le plus approprié pour la réalisation de l'essai. Une excavation a ensuite été effectuée pour permettre la mise en œuvre d'une fondation en béton maigre de 20 cm d'épaisseur, 50 cm de largeur et 24 m de longueur, subdivisée en quatre sections de 6 m.

La portance de la sous-fondation, mesurée à la plaque statique belge, différait volontairement entre ces quatre sections, avec des modules de portance respectifs de 10,4 ; 15,7 ; 40,7 et 44,0 MPa. Afin d'atteindre les niveaux de portance les plus élevés, le CRR a procédé à des substitutions du sol par un empierrement de béton. Une couche de substitution de 35 cm a ainsi été mise en œuvre dans la zone 3, tandis qu'elle atteignait 45 cm dans la zone 4. Les valeurs finales de portance obtenues, comprises entre 10,4 et 44,0 MPa, ont été vérifiées au moyen d'essais à la plaque statique.

Un béton maigre de classe C16/20 a été utilisé. Le compactage a été réalisé à l'aide d'une plaque vibrante V400 Combi conforme à cette application, d'une masse de 85 kg, équipée d'une plaque de 40 × 40 cm, avec une fréquence de vibration de 95 Hz, une amplitude de 0,89 mm et une force centrifuge de 14 kN. Des éprouvettes Proctor réalisées avec ce même béton en laboratoire ont affiché une résistance à la compression moyenne à 28 jours (Rc28j) de 21,6 MPa pour une densité de 2 380 kg/m³.



Figure 1 – Étapes de réalisation de la fondation en béton maigre sur le site de Sterrebeek. © CRR

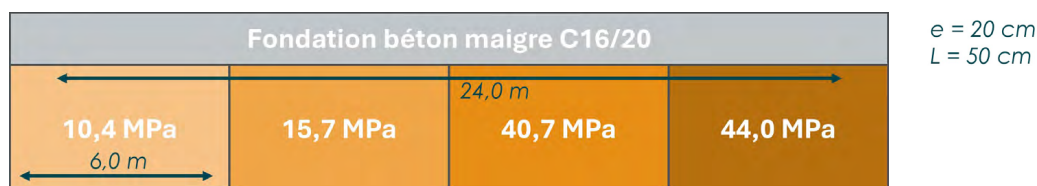


Figure 2 – Représentation schématique de la planche d'essais destinée à évaluer l'influence de la portance. © CRR

Après la mise en œuvre, un programme de carottage a été suivi dans chaque zone, sur des carottes de 113 mm de diamètre :

- Compression : 3 carottes par zone testées à 28 jours et 3 carottes à 100 jours.
- Traction par fendage : 3 carottes par zone pour des essais de traction à 100 jours.

Résultats

Le béton utilisé (C16/20) affichait une résistance à la compression moyenne de 21,6 MPa en laboratoire (échantillons Proctor).

	Portance (M1) [MPa]	28J				100J					
		Mv [kg/m³]		Rc [MPa]		Mv [kg/m³]		Rc [MPa]		Rit [MPa]	
		Ind.	Moy.	Ind.	Moy.	Ind.	Moy.	Ind.	Moy.	Ind.	Moy.
Z1	10,4	2420	2390	23,1	21,0	2330	2330	26,3	26,6	2,30	2,43
		2370		20,1		2340		28,0		2,5	
		2380		19,7		2320		25,4		2,6	
Z2	15,7	2410	2397	19,8	20,9	2350	2360	27,8	26,0	2,80	2,33
		2400		19,6		2370		28,5		2,20	
		2380		23,2		2360		21,8		2,00	
Z3	40,7	2360	2337	21,4	21,2	2350	2340	28,4	25,0	2,70	2,68
		2340		21,9		2330		20,1		2,85	
		2310		20,4		2340		26,6		2,50	
Z4	44,0	2350	2330	22,1	21,4	2330	2333	26,0	27,6	2,60	2,42
		2320		20,9		2330		28,2		2,35	
		2320		21,3		2340		28,5		2,30	

Tableau 2 – Résultats des essais réalisés sur les carottes prélevées

Les résistances à la compression mesurées à 28 jours sont relativement proches, variant de 19,6 à 23,2 MPa, malgré une multiplication par plus de quatre de la portance du support entre les zones Z1 et Z4. Cette tendance se confirme à 100 jours, avec des résistances comprises entre 25,0 et 27,6 MPa, indiquant une influence limitée de la portance de la sous-fondation sur la résistance mécanique du béton maigre.

Les densités mesurées sur les carottes à 28 jours, comprises entre 2 310 et 2 420 kg/m³, présentent une certaine dispersion autour de la densité Proctor de référence de 2 380 kg/m³. À 100 jours, cette dispersion apparaît plus réduite, les densités moyennes se situant entre 2 320 et 2 370 kg/m³.

Par ailleurs, les résultats obtenus à 28 jours montrent des densités légèrement plus élevées dans les zones 1 et 2 que dans les zones 3 et 4, alors même que ces dernières présentent des valeurs de portance nettement supérieures. À 100 jours, aucune corrélation claire ne peut être établie entre la densité mesurée des carottes et la portance de la sous-fondation.

La première planche d'essais n'a pas permis de valider l'hypothèse de départ : aucune influence significative de la portance du support n'a été détectée sur la résistance en compression ou à la traction par fendage des carottes sur cette fondation en béton maigre, que le support de cette dernière soit meuble ou très rigide. Il convient toutefois de souligner que la géométrie de la planche expérimentale a pu favoriser les conditions de compactage du matériau. En effet, la présence de terrains de part et d'autre de la fondation a créé un effet de contrebutage latéral susceptible de limiter les déplacements du béton lors du compactage. Cette configuration a probablement contribué à l'obtention de densités élevées et relativement homogènes, tout en réduisant la dispersion des résistances mesurées.

Ceci a conduit le CRR à réorienter ses recherches en s'intéressant à des facteurs plus opérationnels concernant la mise en œuvre du béton maigre de fondation (délai de maniabilité, effet de bord, condition de prélèvements, etc.).

Seconde planche : influence des paramètres de chantier et de contrôle

Objectif et hypothèse

La seconde planche d'essais a été mise en œuvre entre mai et août 2025 sur le site de Tradecowall à Fernelmont. Cette planche faisait suite aux résultats de la première planche de Sterrebeek et visait à isoler les paramètres suivants :

- l'effet du délai entre le malaxage et la mise en œuvre ;
- l'influence du mode de carottage ;
- l'influence du matériel de carottage ;
- l'influence de l'âge du béton lors du prélèvement ;
- l'effet de la position du carottage dans la fondation.

Mise en œuvre

Le béton maigre utilisé était un béton strictement conforme au CCT Qualiroutes : classe C16/20, 160 kg/m³ de CEM III, EE1, S0, Dmax = 20 mm. Le compactage a été fait avec des plaques vibrantes conformes pour cette application.

Dans l'objectif de mieux représenter les conditions réelles de chantier, la planche a notamment été réalisée en l'absence de contrebutage. La fondation en béton maigre a été mise en œuvre manuellement sur une largeur de 1 mètre pour observer l'effet des bords, et sur 20 cm d'épaisseur. Une longueur totale de 14 mètres a été mise en place divisée en 7 zones. Une section a été réalisée avec du béton « frais » (posé 15 minutes après fabrication) et une autre avec du béton « +3h », où l'attente avant mise en œuvre était de 3 heures. Le but étant de reproduire certaines situations de chantier où une même livraison de béton maigre est utilisée pendant plusieurs heures pour mettre en place des éléments linéaires. La pose a été effectuée sans contrebutage latéral pour simuler les conditions réelles de chantier où les bords sont difficiles à compacter. Le compactage a été réalisé à l'aide d'une plaque vibrante réversible Wacker Neuson DPU 3760Hts d'une masse de 256 kg. La plaque présente des dimensions de 60×60 cm et fonctionne à une fréquence de vibration de 90 Hz avec une force centrifuge de 37 kN. Une sous-fondation fixe avec une portance de 35 MPa a été utilisée.



Figure 3 – Étapes de réalisation de la fondation en béton maigre sur le site de Fernelmont. © CRR

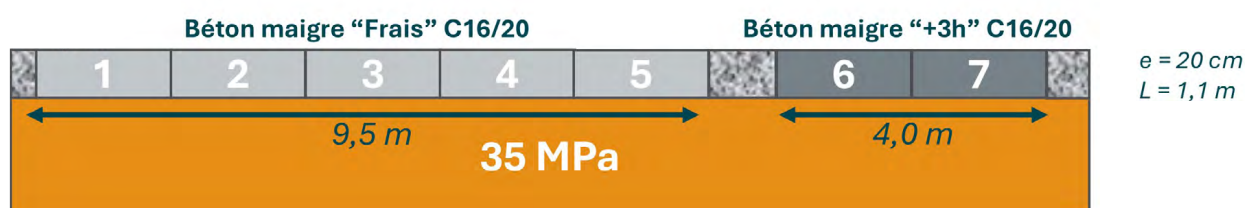


Figure 4 – Représentation schématique de la planche d'essais visant à évaluer des paramètres opérationnels complémentaires. © CRR

Programme de carottage et d'essais

Au total, 160 carottes ont été prélevées par sept laboratoires accrédités distincts, à l'aide de différentes machines de carottage. Afin de limiter la dispersion des résultats due aux essais de résistance, l'ensemble des essais de compression a été réalisé par un seul opérateur du CRR. Pour chaque carottage, les coordonnées GPS des points de prélèvements ont été enregistrées. Ces données ont permis d'établir une cartographie détaillée de la planche d'essais et d'analyser la variabilité spatiale des propriétés mesurées, en particulier la résistance à la compression et la densité.

Résultats

Dispersion des résultats

Dispersion globale

Le Tableau 3 synthétise les données statistiques issue des 160 carottages de la planche.

	Paramètres statistiques				
	Moyenne [MPa]	Écart-type [MPa]	CV [%]	Valeur minimale [MPa]	Valeur maximale [MPa]
28 jours	28,0	7,6	27,0	11,2	42,3
90 jours	32,1	9,7	30,2	6,1	55,2

Tableau 3 – Synthèse statistique des résultats en compression obtenus sur les carottes prélevées dans la deuxième planche d'essais.

CV = Coefficient de variation

Ce tableau met tout d'abord en évidence une forte dispersion des résistances mesurées sur les carottes, tant à 28 qu'à 90 jours, cette variabilité étant toutefois plus prononcée à 90 jours.

À 28 jours, l'écart-type des valeurs en compression est de 7,6 MPa avec un coefficient de variation CV de 27 % sur toute la planche. Les résistances ont une amplitude de 31,1 MPa entre les valeurs extrêmes. À 90 jours, la dispersion est plus marquée, avec un écart-type atteignant les 9,7 MPa (CV = 30,2 %) et des résistances d'une amplitude de 49,1 MPa entre les valeurs extrêmes.

La Figure 5 illustre cette augmentation de variabilité, la corrélation entre la densité et la résistance en compression étant plus nette à 28 jours qu'à 90 jours, comme observé dans le Tableau 3.

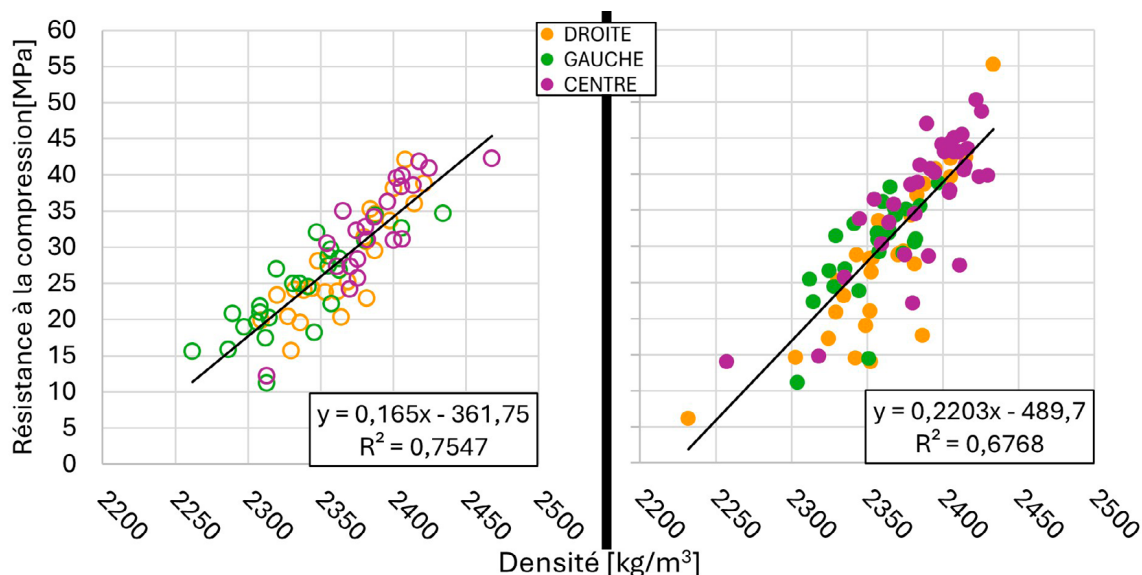


Figure 5 – Relation entre la masse volumique et la résistance à la compression des carottes à 28 jours (à gauche) et à 90 jours (à droite).

Les résultats indiquent une augmentation de la dispersion au cours du temps. Cette observation est importante à considérer, car le contrôle de conformité du CCT Qualiroutes (F.4.5.3.1) repose sur un seuil fixe appliqué à 90 jours (Service Public de Wallonie (SPW), Infrastructures, 2021b).

Influence du délai de mise en œuvre

Au-delà de l'augmentation de la dispersion observée avec l'âge du béton, les résultats montrent également qu'à âge de contrôle identique, le coefficient de variation (CV) varie fortement en fonction du délai de mise en œuvre.

Section	Moyenne [MPa]	Écart-type [MPa]	CV [%]	Valeur minimale [MPa]	Valeur maximale [MPa]
"FRAIS"	36,3	7,7	21,3	14,5	55,2
" +3h"	24,1	7,5	31,3	6,1	34,5

Tableau 4 - Synthèse statistique des résistances à la compression à 90 jours selon le délai de mise en œuvre.

À 90 jours, le Tableau 4 nous montre que la dispersion augmente de 10 % (de 21.3 % à 31.3 %) pour un délai de mise en œuvre retardé de trois heures. La résistance moyenne chute drastiquement de 12.2 MPa (de 36.3 MPa à 24.1 MPa), démontrant l'impact significatif d'un délai de mise en œuvre du béton maigre.

Ce délai de maniabilité est critique, car il correspond à une phase où les premières réactions d'hydratation du ciment sont déjà engagées. Au cours de cette période, les premiers produits d'hydratation se forment et créent les premières liaisons dans le béton. Lorsque le compactage intervient tardivement, ces liaisons naissantes sont rompues sous l'effet mécanique du compactage. Cette rupture étant irréversible, même si l'hydratation se poursuit ensuite, les liaisons détruites ne sont pas entièrement reconstituées. De plus, la perte de maniabilité rend le matériau plus difficile à compacter. La combinaison de ces deux phénomènes peut expliquer la diminution des densités mesurées ainsi que la baisse significative des résistances à la compression observées sur les sections mises en œuvre après trois heures.

La Figure 6, qui cartographie les résistances et densités à 90 jours, permet de visualiser clairement cet effet : les zones compactées tardivement y apparaissent nettement moins performantes.

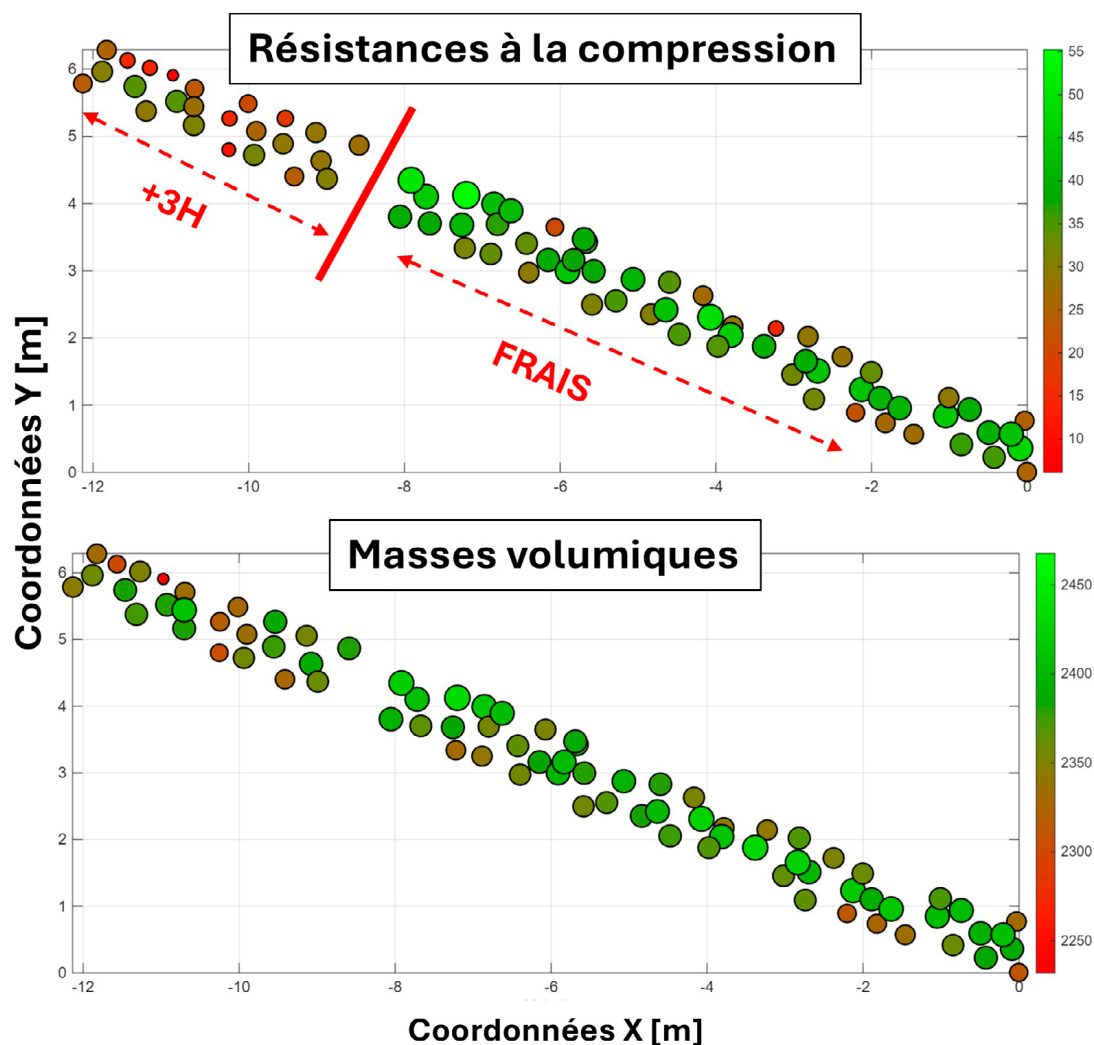


Figure 6 – Cartographie GPS des résultats obtenus sur les carottes prélevées dans seconde planche d'essais. © CRR

Influence du confinement latéral et effet de bord

Au-delà de cet effet lié au délai de mise en place, la cartographie GPS nous permet de distinguer une seconde tendance. Les valeurs de densité et de résistance à la compression sont généralement plus élevées au centre de la planche qu'aux bords de celle-ci. Le Tableau 5 synthétise les données statistiques des carottes prélevés à 90 jours, en faisant la distinction avec la zone centrale et les zones latérales.

Section		Moyenne [MPa]	Écart-type [MPa]	CV [%]	Min [MPa]	Max [MPa]
"FRAIS"	Centrale	41,7	4,2	10,1	33,3	50,3
	Latérales	32,1	7,9	24,6	14,5	55,2
"+3h"	Centrale	28,1	6,2	22,1	14,8	34,5
	Latérales	22,2	7,5	33,9	6,1	31,8

Tableau 5 – Synthèse statistique des résistances à la compression à 90 jours selon le délai de mise en œuvre et les conditions de confinement latéral

Même pour la portion mise en place à l'état frais, la planche en béton maigre présente une forte dispersion. En la subdivisant, l'origine de cette variabilité apparaît plus clairement : au centre, la résistance moyenne atteint 41,7 MPa avec une dispersion relativement limitée à 4,2 MPa, tandis que sur les côtés, la résistance chute de 9,6 MPa pour atteindre 32,1 MPa et l'écart-type grimpe à 7,9 MPa, soit presque le double.

Ceci suggère un effet de confinement lors du compactage. Au centre de la planche, le matériau bénéficie d'un contrebutage assuré par le béton présent de part et d'autre de la zone compactée, ce qui favorise sa densification. En revanche, aux extrémités latérales, l'absence de matériau adjacent limite cet effet de confinement. Une partie de l'énergie de compactage est alors dissipée par le déplacement latéral du matériau, ce qui réduit l'efficacité de la densification et conduit à des densités ainsi qu'à des résistances mécaniques plus faibles.

L'influence des opérations de carottage

Le CRR a fait appel à 12 laboratoires accrédités ISO 17025-BELAC (Organisation Internationale de Normalisation [ISO], 2017) en plus de ses propres équipes pour réaliser les 160 carottages de cette étude. Les intervenants ont utilisé 3 types de foreuses différentes : sur véhicules, portatives et sur remorques avec stabilisateurs. Dix laboratoires ont participé à la campagne initiale de carottage, leurs prélèvements étant destinés aux essais à 28 et à 90 jours. Afin d'augmenter le nombre de résultats à 90 jours, deux laboratoires supplémentaires se sont ensuite ajoutés pour réaliser des carottages destinés à cette échéance. Ainsi, les analyses à 28 jours reposent sur les résultats de 10 laboratoires, tandis que celles à 90 jours reposent sur les résultats de 12 laboratoires.

Bien que les moyennes par laboratoire soient globalement cohérentes entre elles, une forte dispersion interne a été observée pour chaque intervenant comme le montre la Figure 7. Chaque laboratoire a enregistré un écart-type important sur ses propres prélèvements, même lorsque les carottages étaient réalisés à proximité immédiate les uns des autres (moins d'un mètre de distance).

Toutes les moyennes à 28 jours se situent dans l'intervalle des résultats obtenus sur les éprouvettes Proctor et demeurent compatibles avec les performances attendues pour le béton livré sous certification BENOR. Parmi les dix laboratoires initiaux, six ont une moyenne comprise dans l'intervalle $\pm 1\sigma$ de la moyenne BENOR et les quatre autres sont un peu plus éloignés mais restent dans $\pm 2\sigma$.

Ces observations montrent que la dispersion observée ne résulte pas d'un biais systématique lié aux laboratoires, mais qu'elle est principalement liée à la variabilité intrinsèque du béton maigre.

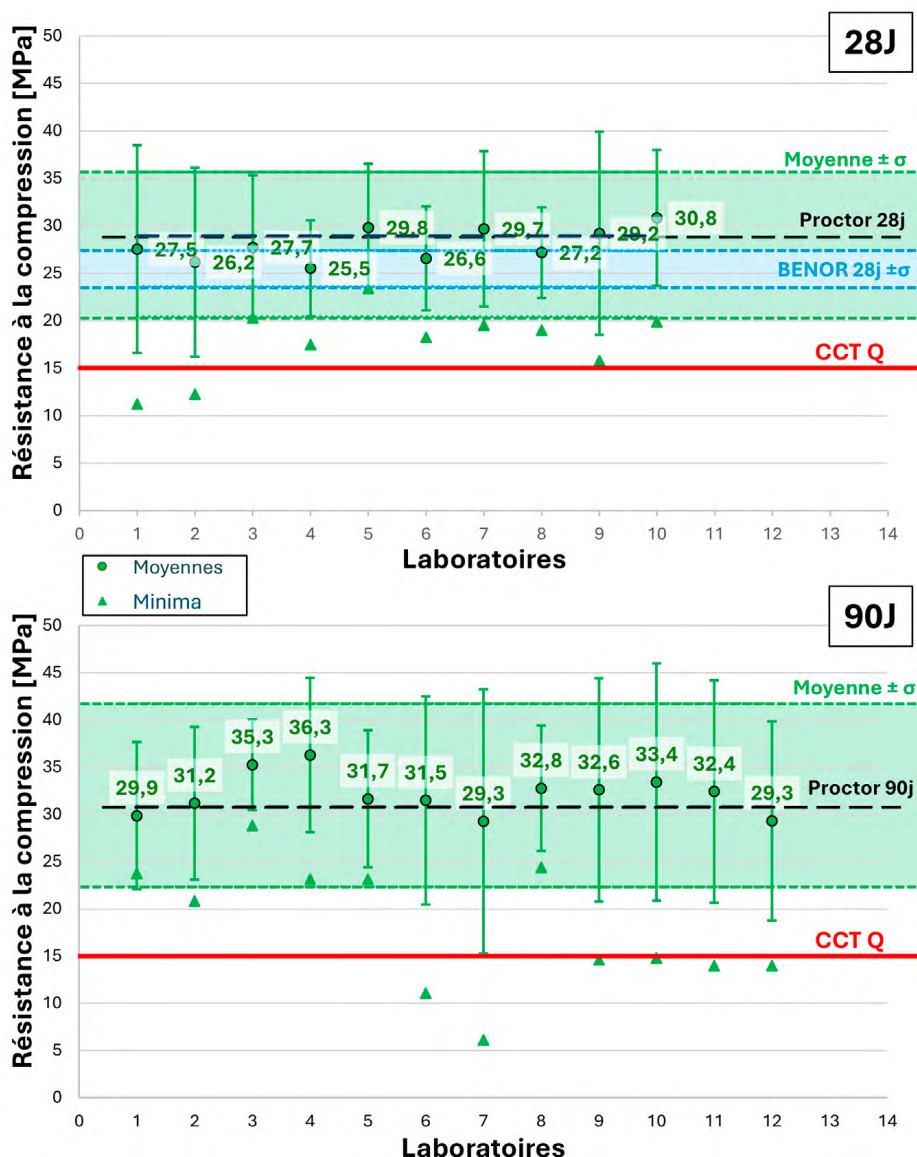


Figure 7 – Comparaison des résistances à la compression mesurées sur les carottes prélevées par les différents laboratoires (1 à 12) à 28 et 90 jours.
© CRR

Conséquences de la dispersion sur l'évaluation de la conformité au CCT Qualiroutes (F.4.5.3.1)

Le tableau ci-dessous présente, pour chaque zone de mise en œuvre, le nombre et le pourcentage de carottes dont la résistance est inférieure au seuil fixé par le CCT Qualiroutes (< 15 MPa) ou supérieure à deux fois cette valeur (> 30 MPa).

Section		N _{TOT}	N _{< 15 MPa}	% _{< 15 MPa}	N _{> 30 MPa}	% _{> 30 MPa}
"FRAIS"	Contrebutée	24	0	0,0 %	24	100,0 %
	Non contrebutée	36	2	5,6 %	22	61,1 %
"+3h"	Contrebutée	8	1	12,5 %	3	37,5 %
	Non contrebutée	17	4	23,5 %	3	17,6 %
Totale		85	7	8,2 %	52	61,2 %

Tableau 6 – Distribution des résultats de résistance à la compression à 90 jours des carottes, selon les conditions de mise en œuvre.

Comme ce tableau le montre, sur l'ensemble de la planche d'essais, 8,2 % des carottes testées à 90 jours présentent une résistance inférieure au seuil de 15 MPa imposé par le CCT Qualiroutes, tandis que 61,2 % dépassent le double de cette valeur.

La zone centrale, mise en œuvre à l'état frais et confinée latéralement, ne comporte aucune carotte sous le seuil de 15 MPa, tandis que 100 % des résultats dépassent 30 MPa. Mais une telle configuration est rarement rencontrée sur chantier. Les fondations destinées aux éléments linéaires sont généralement plus étroites que la largeur de 1 m adoptée dans cette étude et bénéficient donc moins de cet effet de contrebutage favorisant la compaction. Quand l'analyse traite des zones non confinées réalisées à l'état frais, 5,6 % des carottes sont inférieures à la limite individuelle de 15 MPa.

Le délai de mise en œuvre, combiné à l'absence de contrebutage, conduit à une proportion de carottes inférieures à 15 MPa pouvant atteindre 23,5 % dans les zones non confinées compactées trois heures après la fabrication. Malgré ces conditions défavorables, 17 % des carottes dépassent néanmoins 30 MPa.

Ces résultats montrent que, malgré une résistance moyenne largement supérieure à l'exigence du CCT Qualiroutes et un grand nombre de carottes dépassant le double de ce critère, la forte dispersion associée à la nature du béton maigre et à sa mise en place peut conduire à l'obtention ponctuelle de valeurs individuelles inférieures au seuil de 15 MPa.

Reproductibilité des résultats

L'analyse statistique menée selon l'ISO 5725-1 (NBN, 2023) met en évidence une faible précision du contrôle par carottage. À 90 jours, la valeur relative calculée pour la limite de reproductibilité atteint environ 84.9 %, soit près de huit fois la valeur de référence de 11 % indiquée pour l'essai de compression sur éprouvettes de béton dans la NBN EN 12390-3 (NBN, 2019). En d'autres termes, deux résultats de carottage obtenus sur une même fondation peuvent différer jusqu'à environ 84.9 % de la résistance moyenne. La NBN EN 12390-3 (NBN, 2019) fixe les 11 % comme limite pour des bétons riches réalisés en laboratoire, alors que la présente étude montre une dispersion nettement plus importante pour un béton maigre à faible teneur en ciment et de consistance S1, pour lequel l'obtention d'un compactage parfaitement uniforme est plus difficile.

Cette différence doit être prise en considération lors de l'interprétation des résultats de carottage individuels, en particulier lorsque ceux-ci sont utilisés pour évaluer la conformité d'un ouvrage présentant des performances moyennes nettement supérieures aux exigences individuelles spécifiées.

Conclusions et perspectives

Évaluation de l'influence de la portance du support

Les résultats obtenus ont tout d'abord montré que la portance du support n'exerce pas d'influence déterminante dans les conditions de la première planche d'essais. Il convient toutefois de souligner que cette planche a été réalisée dans une tranchée, conférant au béton un confinement latéral de part et d'autre susceptible d'améliorer les conditions de compactage, ce qui n'est pas toujours représentatif des conditions de chantier.

Dispersion des résultats expérimentaux

La seconde planche d'essais a mis en évidence une forte variabilité des résistances mesurées sur carottes, malgré des conditions expérimentales maîtrisées. Les résultats suggèrent que cette variabilité est principalement liée à l'hétérogénéité intrinsèque du béton maigre ainsi qu'aux conditions de mise en œuvre. Parmi les paramètres étudiés, deux facteurs se révèlent particulièrement déterminants : le délai entre la fabrication et le compactage, et l'effet de bord associé à l'absence de confinement latéral. Pour ce type de matériau, il est essentiel de réduire autant que possible le délai entre la fabrication et le compactage, et d'appliquer immédiatement une protection contre la dessiccation afin de préserver les performances mécaniques du béton maigre.

Non-conformités ponctuelles au critère du CCT Qualiroutes (F.4.5.3.1)

Malgré une résistance moyenne largement supérieure aux 15 MPa imposés par le CCT Qualiroutes, certaines carottes présentent ponctuellement des valeurs inférieures à ce seuil, y compris dans les zones réalisées à l'état frais, sans confinement latéral et dans des conditions expérimentales contrôlées. Dans ces conditions, il apparaît statistiquement possible qu'une fondation présentant une résistance moyenne largement supérieure à l'exigence prescrite ne satisfasse pas au critère du CCT Qualiroutes en raison de quelques résultats individuels faibles.

Les résultats semblent indiquer qu'il est nécessaire de distinguer un défaut localisé d'une non-conformité de l'ouvrage dans son ensemble. Dans ce contexte, l'interprétation d'une résistance individuelle doit être réalisée avec prudence. Une approche intégrant davantage la variabilité intrinsèque du matériau apparaîtrait ainsi mieux adaptée au contrôle de conformité des fondations en béton maigre.

Références

- Bureau de Normalisation (NBN) (2013). *Mélanges traités aux liants hydrauliques : Spécifications. Partie 1 : Mélanges granulaires traités au ciment* (NBN EN 14227-1).
- Bureau de Normalisation (NBN) (2019). *Essais pour béton durci. Partie 3 : Résistance à la compression des éprouvettes* (NBN EN 12390-3).
- Bureau de Normalisation (NBN) (2023). *Exactitude (justesse et fidélité) des résultats et méthodes de mesure. Partie 1 : Principes généraux et définitions* (NBN ISO 5725-1).
- Bureau de Normalisation (NBN) (2026a). *Béton : Spécification, performances, production et conformité – Complément national à la NBN EN 206:2013+A2:2021* (NBN B 15-001).
- Bureau de Normalisation (NBN) (2026b). *Béton : Spécification, performances, production et conformité. Partie 1 : Performances, exigences, contrôle de la production en usine et critères d'évaluation des valeurs individuelles* (NBN EN 206-1).
- Fédération Belge du Ciment. (2004). *Les fondations routières liées au ciment : Qualités et applications* (Dossier Ciment No. 33).
- Organisation Internationale de Normalisation (ISO) (2017). *Exigences générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnage et d'essais* (ISO/IEC 17025).
- Service Public de Wallonie (SPW), Infrastructures. (2021a). *Cahier des charges type qualiroutes. Chapitre C : Matériaux et produits de construction*. (Version 2021 consolidée [et ses adaptations ultérieures]). <https://infrastructures.wallonie.be/files/PDF/POUVOIR%20LOCAL/1-ROUTES/1-2-Qualite-et-construction/1-2-1-Qualiroutes/CCT-2021/Chapitre%20C.pdf>
- Service Public de Wallonie (SPW), Infrastructures. (2021b). *Cahier des charges type qualiroutes. Chapitre F : Sous-fondations et fondations*. (Version 2021 consolidée [et ses adaptations ultérieures]). <https://infrastructures.wallonie.be/files/PDF/POUVOIR%20LOCAL/1-ROUTES/1-2-Qualite-et-construction/1-2-1-Qualiroutes/CCT-2021/Chapitre%20F.pdf>
- Vlaamse Overheid, Agentschap Wegen en Verkeer. (2025). *Standaardbestek 250 voor de wegenbouw. Hoofdstuk 15 : Onderfunderingen en funderingen*. (Version 5.0). https://assets.vlaanderen.be/image/upload/v1751965509/repositories-prd/SB250-Hoofdstuk15-versie5.0_kudnrh.pdf

Personnes de contact



Mehdi Bista

m.bista@brcc.be
+32 2 766 03 45



Alain Leuridan

a.leuridan@brcc.be
+32 10 23 65 36