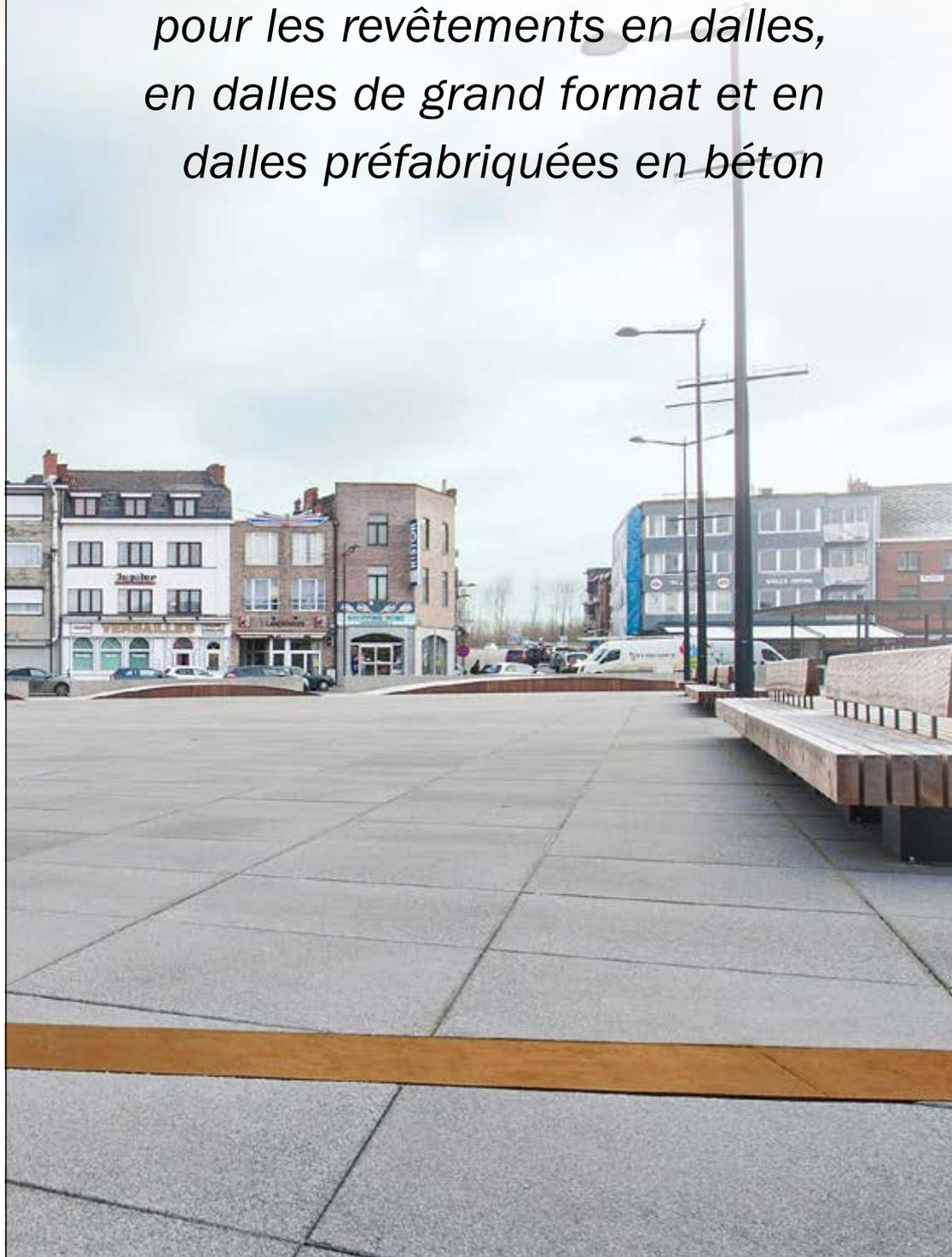




Centre de recherches routières
Bruxelles

Code de bonne pratique

*pour les revêtements en dalles,
en dalles de grand format et en
dalles préfabriquées en béton*



Recommandations

Centre de compétence impartial depuis 1952, le Centre de recherches routières (CRR) est au service de l'ensemble du secteur routier. Le développement durable par l'innovation est le fil conducteur de toutes ses activités. Le CRR partage ses connaissances avec les professionnels du secteur notamment par la voie de ses publications (codes de bonne pratique, synthèses, comptes rendus de recherche, méthodes de mesure, fiches d'information CRR, Bulletins CRR et Dossiers, rapports d'activité). Nos publications sont largement diffusées en Belgique et à l'étranger auprès de centres de recherche scientifique, d'universités, d'institutions publiques et d'instituts internationaux. Pour plus d'informations sur nos publications et activités, visitez notre site web: www.crr.be

Code de bonne pratique pour les revêtements en dalles, en
dalles de grand format et en dalles préfabriquées en béton

Centre de recherches routières

Etablissement reconnu par application de l'Arrêté-loi du 30 janvier 1947
Boulevard de la Woluwe 42 - 1200 Bruxelles

2019

Le présent code de bonne pratique a été rédigé par le groupe de travail «Revêtements en dalles, en dalles de grand format et en dalles préfabriquées en béton»

Composition du groupe de travail

Président(e)

Lieve Vijverman (FEBE - partiellement)/Frank Gendera (Ebema)

Secrétaire

Elia Boonen (CRR)

Membres

Anne Beeldens (AB-Roads), Patrick Bijmens (Eurodal bvba), Anne Cleiren (FEBE - partiellement), Stef Maas (FEBE), Raf Pillaert (FEBE - partiellement), Luc Rens (FEBELCEM), Sylvie Smets (CRR), Dirk Stove (Storiocon), Sven Tilkin (CRH: Stradus en Zoontjens), Jef Martens (CRH: Stradus - partiellement)

Avertissement

Bien que les recommandations de ce Code de bonne pratique aient été rédigées avec le plus grand soin possible, des imperfections ne sont pas exclues. Ni le CRR, ni ceux qui ont collaboré à la présente publication, ne peuvent être tenus pour responsables des informations fournies qui le sont à titre purement documentaire et non contractuel.

Code de bonne pratique pour les revêtements en dalles, en dalles de grand format et en dalles préfabriquées en béton/Centre de recherches routières. Bruxelles: CRR, 2019.96 p. (Recommandations, 1376-9340); R97)

Dépôt légal: D/2019/0690/1

Editeur responsable: A. De Swaef, Boulevard de la Woluwe 42 - 1200 Bruxelles

Table des matières

1	Avant-propos	1
2	Domaine d'utilisation et terminologie	3
2.1	Domaine d'utilisation	3
2.2	Catégories de produit	6
2.2.1	Pavés de béton classiques	6
2.2.2	Grands pavés de ton	6
2.2.3	Dalles classiques	6
2.2.4	Dalles de grand format	7
2.2.5	Dalles préfabriquées en béton	7
3.	Structure	7
3.1	Dimensionnement	7
3.2	Structure	10
3.2.1	Fond de coffre	10
3.2.1.1	Portance	10
3.2.1.2	Evacuation des eaux	11
3.2.2	Sous-fondation	11
3.2.2.1	Sous-fondation en sable	12
3.2.2.2	Sous-fondation en empièchement	12
3.2.2.3	Sous-fondation en sol stabilisé ou en matériaux similaires	13
3.2.3	Fondation	13
3.2.4	Couche de pose	14
3.2.4.1	Exigences	14
3.2.4.2	Matériaux	15
3.2.5	Scellement des joints	17
4	Pose	21
4.1	Livraison et contrôle des matériaux	21
4.2	Structure et pose	22
4.2.1	Pose sur la fondation	22
4.2.2	Pose sur plots pour dalles	27
5	Production et finition de surface	35
5.1.	Production	35
5.1.1	Production par compression	35
5.1.2	Production par coulage et compactage du béton	36
5.2	Finition surface	37
5.2.1	Finition non traitée	37
5.2.2	Dénudage	38
5.2.3	Grenailage	38
5.2.4	Bouchardage	39
5.2.5	Polissage	39
5.2.6	Vieillessement «in-line»	40
5.2.7	Structure ouverte	40
5.2.8	Impression	41
5.2.9	Brossage rotatif	41
5.2.10	Protection de la surface	42
5.2.11	Association avec d'autres matériaux	42
5.2.12	Dalles à symboles	42

6	Exigences relatives au produit et contrôle	45
6.1	Normes produit	45
6.2.	Etiquette du produit	46
6.3.	Exigences relatives au produit	46
6.3.1	Caractéristiques de forme - Ecart admissible	46
6.3.2	Caractéristiques physiques et mécaniques	48
6.3.2.1	Résistance aux intempéries	49
6.3.3.	Résistance à la flexion et charge de rupture	50
6.3.4.	Résistance à l'abrasion	51
6.3.5	Résistance à la glissance ou au dérapage	52
6.3.6	Aspects visuels	54
6.3.7	Durabilité	55
7	Applications spéciales	57
7.1	Applications perméables	57
7.2	Revêtements sur toiture	60
7.2.1	Généralités	60
7.2.2	Réalisation sur plots pour dalles	60
7.2.3	Réalisation sur couche de pose	62
7.3	Formes spéciales	63
7.4	Applications non horizontales	65
8	Entretien	67
8.1	Généralités	67
8.2	Gestion des mauvaises herbes	67
8.2.1	Influence du format sur le développement des mauvaises herbes	67
8.2.2	Points importants lors de la conception	68
8.2.3	Choix des joints et de la couche de pose	69
9	Dégradations et cas pratiques	73
9.1	Contrebutage et dilatation thermique	73
9.2	Format, épaisseur et charge de trafic	76
	Bibliographie	83
	Autres sources	86
	Sources des photos/figures	88

Liste des figures

Figure 2.1	Illustration de différents domaines d'utilisation possibles pour les dalles de grand format et les dalles préfabriquées en béton	5
Figure 2.2	Répartition en types de produit: pavés de béton classiques et grands pavés de béton (en haut à gauche) – dalle classique (en haut à droite) – dalle de grand format (en bas à gauche) – dalle préfabriquée en béton (en bas à droite)	7
Figure 3.1	Exemple de structure d'un revêtement en dalles, en dalles de grand format ou en dalles préfabriquées en béton	7
Figure 3.2	Premier modèle destiné à déterminer la contrainte qui sera subie au niveau des bords de la dalle en cas de support complet par une assise souple	7
Figure 3.3	Essai pour déterminer la résistance à la flexion des dalles, comme deuxième modèle destiné à définir la contrainte au centre d'une dalle, posée à ses deux extrémités	8
Figure 3.4	Épaisseurs minimales recommandées des éléments de pavage sur la base de la charge de trafic selon le tableau 2.1 et du rapport longueur/largeur de l'élément. Celles-ci doivent également être confrontées à l'épaisseur minimale nécessaire pour la production	9
Figure 3.5	Recommandations pour la réalisation de revêtements en dalles, en dalles de grand format et en dalles préfabriquées en béton en fonction de la catégorie de circulation	10
Figure 3.6	Essai de chargement à la plaque	11
Figure 3.7	Effet de pompage dû à l'eau stagnante et dégradations correspondantes	15
Figure 3.8	Exemple de contrôle de la stabilité du filtre entre la couche de pose et la fondation	18
Figure 4.1	Précautions lors du déchargement et de l'empilage des dalles préfabriquées et des dalles de grand format en béton	21
Figure 4.2	Exemple de lessivage de la couche de pose dû à l'absence d'un contrebutage	22
Figure 4.3	Contrebutage et/ou épaulement correct en béton maigre	22
Figure 4.4	Appareil ultrasonique à rouleaux pour le compactage de la couche de pose pour dalles classiques (de plus petite taille)	23
Figure 4.5	Pose et mise en œuvre d'une couche de pose (nivelage avec une règle) pour des dalles de grand format	23
Figure 4.6	Précompactage pour dalles préfabriquées en béton par le passage régulier de machines pendant l'épandage (en avant) et le profilage (en arrière) de la couche de pose	24
Figure 4.7	Élimination des inégalités à l'aide d'un marteau en matière synthétique et d'une planche en bois	24
Figure 4.8	Différents modes de pose des dalles de grand format et des dalles préfabriquées en béton: pince mécanique, système de succion ou clés de levage	25
Figure 4.9	Risque de glissement de la couche de pose et de basculement des dalles lors de la pose à l'aide des pinces mécaniques	26
Figure 4.10	Protection de dalles de grand format avec un géotextile pour éviter toute salissure pendant la pose	26
Figure 4.11	Pose avec joint minimum en utilisant des écarteurs intégrés (en haut), ou pose de dalles avec une face conique (en bas) pour qu'un joint se crée automatiquement au-dessus	27
Figure 4.12	Jointolement avec le matériau approprié pour obtenir un remplissage complet des joints	27
Figure 4.13	Pose sur plots pour dalles: un système flexible et modulable	28
Figure 4.14	Différents types de plots en plastique pour la pose de dalles de grand format	28
Figure 4.15	Pose sur plots pour dalles et utilisation éventuelle de pièces supplémentaires	28

Figure 4.16	Support suffisant de la dalle par les plots, en utilisant éventuellement un plot supplémentaire par sécurité	29
Figure 4.17	Réglage de la hauteur des plots à l'aide de vis et utilisation de pièces intercalaires	29
Figure 4.18	Systèmes de correction de la pente	30
Figure 4.19	Systèmes de pourtour pour les jonctions avec les murs ou tout autre montant vertical	30
Figure 4.20	Exemples de pose de dalles de grand format ou de dalles préfabriquées en béton sur des plots	30
Figure 4.21	Exemples de mauvaise exécution	31
Figure 4.22	Exemple de joint d'isolation et dégradation possible s'il n'y en a pas autour d'un point singulier	32
Figure 4.23	Exemple de joint de dilatation dans un revêtement réalisé en dalles de grand format	32
Figure 4.24	Soin particulier apporté à la finition des bords et autour des points singuliers, aux découpes au niveau des croisements et dans les courbes avec application d'un chanfrein, ainsi qu'à la finition des détails, avec utilisation éventuelle de formes spéciales	33-34
Figure 5.1	Production de dalles de grand format comprimées	35
Figure 5.2	Dalles coulées en une couche	36
Figure 5.3	Différents profils de surface possibles pour dalles coulées	36
Figure 5.4	Coloration avec le procédé de nuançage	37
Figure 5.5	Surface de béton dénudée	38
Figure 5.6	Exemple de surface en béton dénudée grossière (avec du quartz 2-4 mm) et fine (avec du granite 1-2 mm)	38
Figure 5.7	Comparaison entre une surface en béton non traitée (en bas) et dénudée (en haut)	38
Figure 5.8	Surface de béton grenillée	38
Figure 5.9	Différences entre une surface en béton grenillée (en haut) et dénudée (en bas)	38
Figure 5.10	Bouchardage de la surface	39
Figure 5.11	Surface de béton polie	39
Figure 5.12	Exemple de finition polie et grenillée: plus foncé = poli, plus clair = poli puis grenillé (il s'agit du même béton!)	40
Figure 5.13	Finition vieillie	40
Figure 5.14	Comparaison entre une surface en béton non traitée (en bas) et vieillie (en haut)	40
Figure 5.15	Couche de finition à structure ouverte	40
Figure 5.16	Exemple de dalles avec motif imprimé appliqué dans le moule	41
Figure 5.17	Impression par dénudage autour d'un pochoir	41
Figure 5.18	Brossage de la surface en béton	41
Figure 5.19	Dalles podotactiles avec profil en caoutchouc	42
Figure 5.20	Dalles à symboles	43
Figure 6.1	Exemple d'étiquette de produit sur un emballage avec marquage CE et label BENOR [14]	46
Figure 6.2	Mesure de la planéité des faces supérieures et latérales d'une dalle de grand format	48
Figure 6.3	Eprouvettes pour déterminer la résistance au gel/dégel avec sels de déverglaçage selon l'Annexe D de la NBN EN 1339	49
Figure 6.4	Essai pour déterminer la résistance à la flexion des dalles de grand format	50
Figure 6.5	Essai Capon pour déterminer la résistance à l'usure des dalles de béton selon la NBN EN 1339	52
Figure 6.6	Mesure de la résistance à la glissance ou au dérapage avec un dispositif SRT	53
Figure 7.1	Largeurs de joints à respecter pour un pourcentage de joint $\geq 10\%$ avec des dalles de grand format et exemples d'applications	57-58
Figure 7.2	Nouvelles conceptions avec dalles de grand format et produits de béton spéciaux pour les applications drainantes	58

Figure 7.3	Exemple d'un «revêtement réservoir» en dalles préfabriquées en béton permettant l'évacuation de l'eau de surface vers et le stockage dans la sous-fondation	59
Figure 7.4	Exemple de système d'évacuation intégré aux dalles préfabriquées en béton avec débourbeur et séparateur d'hydrocarbures et possibilité de réutiliser l'eau de pluie et/ou de l'évacuer en différé vers les égouts publics	59
Figure 7.5	Pose de dalle sur plots	60
Figure 7.6	Exemple de système de serrage pour dalles de grand format pour toitures-parkings	61
Figure 7.7	Exemple d'une réalisation sur une couche de pose en empierrement 2/6,3	62
Figure 7.8	Exemples d'applications d'une couche de protection composée d'une membrane nopée drainante et d'une membrane de filtration	62
Figure 7.9	Raccord entre les dalles de grand format posées sur des plots et celles sur couche de pose à l'aide d'un profil en L en acier perforé	63
Figure 7.10	Quelques exemples de formes et/ou d'applications spécifiques avec des dalles de grand format et des dalles préfabriquées en béton	63
Figure 7.11	Exemples de «dalles pour arbres»	64
Figure 7.12	Exemples de «dalles caniveaux»	64
Figure 7.13	Exemples de «dalles double pente»	65
Figure 7.14	Applications non horizontales	65
Figure 8.1	Inspection régulière de l'état des joints	67
Figure 8.2	Séparation adéquate entre l'espace de plantation et le revêtement	68
Figure 8.3	Conception compatible avec la future gestion des mauvaises herbes grâce à des obstacles démontables et/ou une distance suffisante entre ceux-ci	68
Figure 8.4	Choix réfléchi d'un aspect plus «vert» du revêtement	69
Figure 8.5	Effet du matériau de la couche de pose sur la croissance des mauvaises herbes	69
Figure 8.6	Application de matériaux innovants dans des ouvertures plus larges autour d'obstacles	70
Figure 8.7	Structure pour la croissance du gazon	71
Figure 9.1	Contrebutage correct	73
Figure 9.2	Contrainte horizontale sur les éléments en béton due au trafic	73
Figure 9.3	Exemple de glissement de joint dû à la dilatation thermique combinée à l'absence d'un contrebutage correct	74
Figure 9.4	Exemple de «dégradation esthétique» (glissement de joint) due à la dilatation thermique combinée à un contrebutage défectueux	75
Figure 9.5	Dilatation thermique de dalles de béton ou de dalles de grand format [25]	75
Figure 9.6	Application correcte de dalles de grand format à (1 000 x 1 000 x 200) mm ³ pour un trafic de catégorie 1	76
Figure 9.7	Exemple de calcul du fabricant de béton pour la charge de rupture	77
Figure 9.8	Exemple d'application de dalles de 600 x 400 x 80 mm pour une circulation de catégorie 4	77
Figure 9.9	Rupture constatée dans les dalles de la figure 9.8	78
Figure 9.10	Trafic lourd occasionnel constaté sur les dalles de la figure 9.8	78
Figure 9.11	Épaisseur minimale pour un «trafic lourd occasionnel» de catégorie 3 et un rapport L/l < 2	79
Figure 9.12	Dégradations causées par une finition peu soignée aux bords du revêtement	80
Figure 9.13	Évaluation du format, de l'épaisseur, de la charge de trafic et de la charge de rupture des dalles de grand format et des dalles préfabriquées en béton pour chaque projet	81

Liste des tableaux

Tableau 2.1	Catégories de charge de trafic et domaines d'utilisation indicatifs	4
Tableau 3.1	Exigences pour la portance d'une fondation en fonction de la catégorie de trafic, en cas de divergence par rapport aux cahiers des charges types et pour des applications routières non classiques	14
Tableau 3.2	Matériaux recommandés pour la couche de pose et caractéristiques correspondantes	16
Tableau 6.1	Classes pour les tolérances dimensionnelles admissibles pour dalles selon la NBN EN 1339 (longueur $\leq 1\ 000$ mm)	47
Tableau 6.2	Classes pour les tolérances dimensionnelles recommandées pour dalles de grand format et dalles préfabriquées en béton d'une longueur $> 1\ 000$ mm	47
Tableau 6.3	Ecart maximal toléré pour les diagonales (équerrage) selon la NBN EN 1339	47
Tableau 6.4	Ecarts tolérés pour la planéité et la courbure selon la NBN EN 1339	48
Tableau 6.5	Tolérances recommandées pour la planéité des faces latérales	48
Tableau 6.6	Classes d'absorption d'eau selon la NBN EN 1339	49
Tableau 6.7	Résistance au gel/dégel en présence de sels de déverglaçage selon la NBN EN 1339	50
Tableau 6.8	Classes de résistance à la flexion selon la NBN EN 1339	51
Tableau 6.9	Classes de charge de rupture selon la NBN EN 1339	51
Tableau 6.11	Classes de résistance à l'usure selon la NBN EN 1339	52
Tableau 6.12	Valeurs limites relatives au risque de chute pour les piétons selon le UKSRG (mesurées avec une semelle 96)	53

Chapitre 1

Avant-propos

Ces dix dernières années, l'utilisation des dalles de grand format et dalles préfabriquées en béton dans l'espace public en Belgique a explosé, même dans des zones de circulation automobile. Il s'agit d'une conséquence des nouvelles exigences en matière de conception urbaine et d'architecture du paysage, pour lesquelles on cherche à trouver des solutions créatives et des effets architecturaux. Pour ce faire, il ne suffit pas de tenir compte des exigences fonctionnelles, il faut également considérer les aspects esthétiques ou environnementaux. Ces applications exigent toutefois des méthodes de conception et d'exécution spéciales et adaptées, qui diffèrent fortement des méthodes utilisées pour les revêtements «traditionnels» en pavés de béton. Par ailleurs, en Belgique, aucune directive technique ne traite à l'heure actuelle de manière explicite de ces éléments préfabriqués de grand format en béton. Et pourtant, ces éléments sont souvent utilisés dans des zones où la charge de trafic est considérable, comme les revêtements industriels, les places de marchés, les parkings, etc.



Dans ce contexte, le Centre de recherches routières a décidé de constituer un groupe de travail dont l'objectif est de rédiger une série de recommandations pour de telles applications – en collaboration avec tous les acteurs importants du secteur, à savoir les fabricants, les entrepreneurs, les architectes et bureaux d'étude, les pouvoirs publics, etc. Ce travail a donné naissance au nouveau code de bonne pratique du CRR pour les «revêtements en dalles, en dalles de grand format et en dalles préfabriquées en béton» que vous tenez entre vos mains. Ce code de bonne pratique repose sur une analyse critique de la littérature existante, sur des modélisations et des méthodes empiriques, associées à la pratique et l'expérience belge, ainsi qu'aux discussions constructives menées au sein du groupe de travail.

Une première partie du code de bonne pratique (chapitre 2) présente les différents domaines d'utilisation et types de produits. Les domaines d'utilisation sont généralement limités à des zones où le trafic lourd est absent ou restreint.

Les chapitres suivants abordent la conception de la structure (chapitre 3) et les aspects liés à la pose (chapitre 4), avant de se concentrer sur les caractéristiques des produits (chapitre 5) et les exigences techniques (chapitre 6), sans oublier les considérations esthétiques pour ces éléments de revêtement.

Enfin, plusieurs applications spéciales sont présentées, comme les revêtements perméables et les revêtements sur toiture (chapitre 7), pour ensuite décrire l'entretien (chapitre 8) et plusieurs exemples de dégradations et cas pratiques (chapitre 9) de ce type de revêtement routier.

Grâce à ce nouveau code de bonne pratique pour la conception et la réalisation des revêtements en dalles, en dalles de grand format et en dalles préfabriquées en béton, nous espérons encourager en Belgique de nouvelles applications de qualité de ce type de revêtement en béton.



Chapitre 2

Domaine d'utilisation et terminologie

2.1 Domaine d'utilisation

Le présent code de bonne pratique se concentre sur les revêtements en dalles préfabriquées en béton qui, en raison de leurs dimensions, diffèrent des pavés de béton classiques (voir le Code de bonne pratique R 80/09 [1]). Pour les revêtements en béton coulé sur place, nous vous renvoyons aux codes de bonne pratique R 82/11 [2] et R 75/05 [3].

Un revêtement composé de dalles préfabriquées en béton convient pour une application dans des zones où la vitesse est limitée à 30 km/h. Par exemple: les places de marchés, les lotissements, les revêtements industriels, les parkings, les zones piétonnes, etc.

Il n'est possible d'obtenir un revêtement durable en dalles préfabriquées en béton que si toutes les règles de l'art sont respectées. En d'autres termes, il ne suffit pas que la dalle elle-même résiste à la circulation, mais il convient en plus que l'ensemble de la structure soit correctement conçu et exécuté et que les matériaux adéquats soient utilisés.

Cinq catégories de charge de trafic sont définies, comme indiqué dans le tableau 2.1, où 1 équivaut à la catégorie la plus chargée et 5 à la catégorie la moins chargée. Les charges attendues ont été ajoutées à titre indicatif. Une durée de vie de base de minimum 20 ans est prise en compte. En fonction de la catégorie visée, des limitations seront imposées au niveau des dimensions des dalles préfabriquées et un choix spécifique de structure devra être opéré. De plus amples explications se trouvent dans le chapitre portant sur le dimensionnement, où les épaisseurs minimales à respecter sont indiquées à partir de la charge de trafic et du format des dalles (§ 3.1).

Des mesures complémentaires sont nécessaires en présence de contraintes de cisaillement, d'orniérage, et de freinage, et dans le cas de pentes plus importante et de charges ponctuelles statiques élevées.

Des charges ponctuelles élevées peuvent uniquement être autorisées moyennant l'application d'une plaque de répartition, de préférence placée sur plusieurs éléments, sauf si les dimensions des éléments sont suffisantes.

Catégorie	Application	Dalles	Dalles de grand format, y compris grands pavés de béton	Dalles préfabriquées en béton	Charges (charge par roue max.)**
1 – Trafic lourd, jusqu'à 100 véhicules lourds* par jour 	Revêtements industriels		✓	✓	65 kN
2 – Trafic lourd restreint 	Rues commerçantes et places accessibles au trafic lourd commercial (livraisons), arrêts de bus		✓	✓	40 kN - occasionnellement 65 kN
3 – Trafic léger, trafic lourd occasionnel 	Rues commerçantes, places, zones résidentielles, parkings, accès pour véhicules légers et trafic lourd occasionnel	✓	✓	✓	20 kN
4 – Trafic léger 	Pistes cyclables, zones piétonnes, zones ou places non accessibles au trafic lourd, accès privés	✓	✓	✓	10 kN
5 – Pas de trafic de véhicules 	Terrasses	✓	✓	✓	

* = véhicule > 3,5 t

** 10 kN = camions légers

20 kN = camions – chariots élévateurs

40 kN = poids lourds, partiellement chargés – bus – fourgons d'incendies

65 kN = poids lourds, complètement chargés

Tableau 2.1 – Catégories de charge de trafic et domaines d'utilisation indicatifs

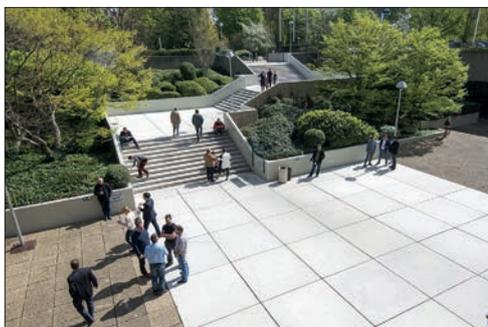
Charge de trafic fréquente dans une rue continue



Terrains industriels



Espace public



Résidentiel



Figure 2.1 – Illustration de différents domaines d'utilisation possibles pour les dalles de grand format et les dalles préfabriquées en béton

2.2 Catégories de produit

Les produits préfabriqués en béton sont divisés en plusieurs types en fonction de leurs dimensions. Une distinction est faite entre les pavés de béton d'un rapport longueur/épaisseur inférieur ou égal à 4 et les dalles d'un rapport longueur/épaisseur supérieur à 4. Les produits sont également classés selon la longueur.

2.2.1 Pavés de béton classiques

La conception et l'exécution d'un revêtement en pavés de béton classiques sont déjà largement couvertes dans la publication R 80/09 «Code de bonne pratique pour la conception et l'exécution de revêtements en pavés de béton» du CRR [1]. Ils ne seront pas abordés ici.

Les pavés en béton sont définis suivant la norme européenne NBN EN 1338 [4] et la norme belge NBN B 21-311 [5].

Les dimensions géométriques satisfont aux règles suivantes:

- longueur/épaisseur ≤ 4 ;
- longueur ≤ 320 mm.

2.2.2 Grands pavés de béton

Les grands pavés de béton sont également définis suivant la norme européenne NBN EN 1338 et la norme belge NBN B 21-311, mais ils diffèrent des pavés de béton classiques par leur longueur plus importante. Les pavés qui satisfont aux règles suivantes appartiennent à cette catégorie:

- longueur/épaisseur ≤ 4 ;
- largeur/longueur $\geq 0,5$;
- longueur entre 320 mm et 800 mm.

Bien que, conformément à la norme, il s'agit de pavés de béton, ce type d'élément sera traité comme une dalle de grand format (en termes de domaine d'utilisation, de dimensionnement, de pose, etc.). Ainsi, la vibration des pavés ne peut par exemple pas être effectuée à l'aide d'une plaque vibrante comme c'est le cas pour les pavés de béton classiques.

2.2.3 Dalles classiques

Les dalles classiques sont définies suivant la norme européenne NBN EN 1339 [6] et la norme belge NBN B 21-211 [7]. En général, elles sont uniquement utilisées en cas de trafic léger occasionnel, par exemple pour des voies d'accès, pistes cyclables, zones piétonnes, etc.

Les dimensions géométriques satisfont aux règles suivantes:

- longueur/épaisseur > 4 ;
- longueur ≤ 600 mm.

2.2.4 Dalles de grand format

Les dalles de grand format diffèrent des dalles classiques par leur longueur plus importante. Elles sont en partie concernées par la norme NBN EN 1339 (jusqu'à une longueur de 1 000 mm). Cette norme pourrait à l'avenir être étendue aux dalles d'une longueur jusqu'à 1 500 mm, ce qui permettrait à ce type d'élément d'être complètement couvert par la norme.

Les dimensions géométriques satisfont aux règles suivantes:

- longueur/épaisseur > 4;
- longueur entre 600 mm et 1 500 mm.

2.2.5 Dalles préfabriquées en béton

Cette catégorie comprend toutes les dalles préfabriquées en béton d'une longueur supérieure à 1 500 mm.

Les dimensions géométriques satisfont aux règles suivantes:

- longueur/épaisseur > 4;
- longueur > 1 500 mm.



Figure 2.2 – Répartition en types de produit: pavés de béton classiques et grands pavés de béton (en haut à gauche) – dalle classique (en haut à droite) – dalle de grand format (en bas à gauche) – dalle préfabriquée en béton (en bas à droite)



Chapitre 3

Structure

Lorsque l'on opte pour un revêtement en dalles, en dalles de grand format ou en dalles préfabriquées en béton, il est important que le format et l'épaisseur des éléments de pavage correspondent à la charge de trafic attendue (tableau 2.1, p. 4).

Naturellement, ces dimensions sont également déterminées en partie par l'ensemble de la structure, y compris la couche de pose, la fondation et éventuellement la sous-fondation, afin d'offrir la résistance adéquate à une circulation occasionnelle ou fréquente.

Dans un premier temps, nous abordons ci-dessous le dimensionnement des dalles et les paramètres les plus importants qui y jouent un rôle (§ 3.1). Ensuite, nous traiterons la structure du revêtement (§ 3.2).

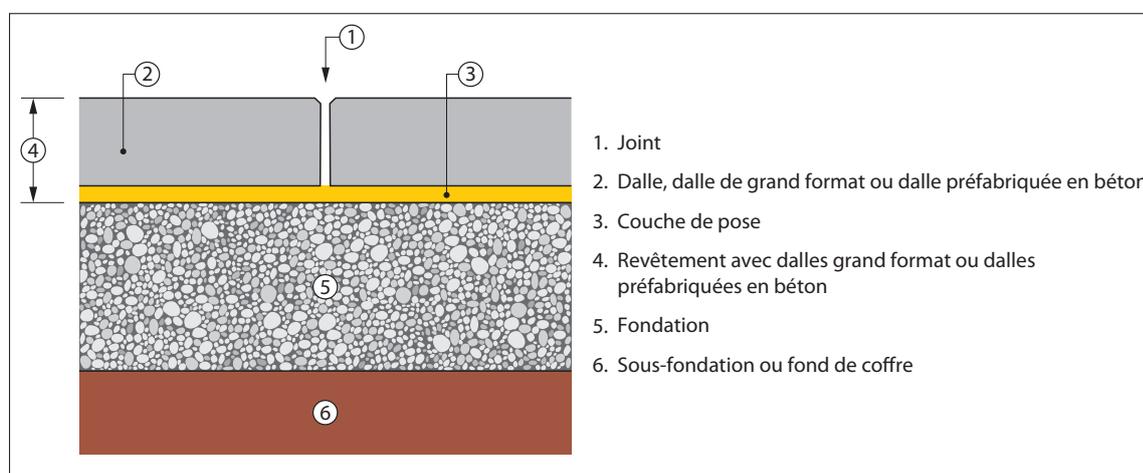


Figure 3.1 – Exemple de structure d'un revêtement en dalles, en dalles de grand format ou en dalles préfabriquées en béton

3.1 Dimensionnement

Le dimensionnement du revêtement consiste à déterminer l'épaisseur des dalles combinée à l'épaisseur et à la nature de la fondation et des couches inférieures pour résister à la charge de trafic.

Pour le dimensionnement ou la détermination de l'épaisseur des dalles, des dalles de grand format et des dalles préfabriquées en béton, on utilise deux modèles théoriques permettant de calculer les contraintes de flexion. Ces contraintes de flexion sont alors comparées à la résistance à la flexion du béton.

Dans un premier modèle, la dalle repose sur une assise souple (sol et fondation) et la contrainte maximale sur le bord est calculée à la jonction entre deux dalles. Ce modèle présuppose entre autres que la dalle reste en contact sur toute sa surface avec la couche inférieure et que le tassement sous la dalle est uniforme.

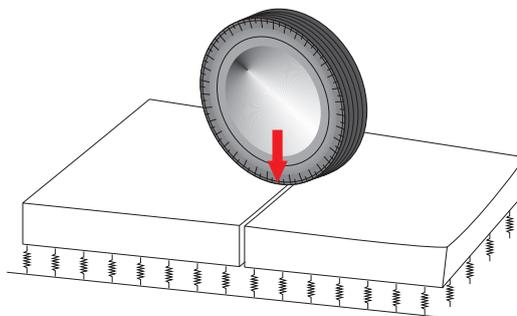


Figure 3.2 – Premier modèle destiné à déterminer la contrainte qui sera subie au niveau des bords de la dalle en cas de support complet par une assise souple

Néanmoins, il peut en réalité arriver que la dalle ne repose plus de manière uniforme ou qu'elle se place de manière irrégulière, par exemple s'il y a un creux dans la structure portante. C'est la raison pour laquelle, à l'aide d'un second modèle, la contrainte en milieu de la dalle posée sur les deux extrémités suivant la plus longue portée est calculée. Cette méthode est comparable à la mise en place de l'essai de détermination de la résistance à la flexion et de la charge de rupture conformément à la norme NBN EN 1339 [6] (§ 6.3.3, p. 50).

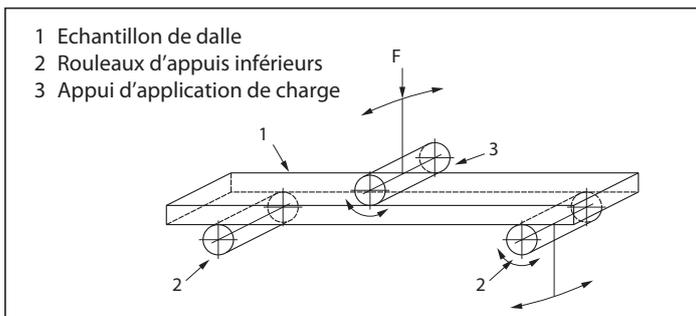


Figure 3.3 – Essai pour déterminer la résistance à la flexion des dalles, comme deuxième modèle destiné à définir la contrainte au centre d'une dalle, posée à ses deux extrémités

Sur base des résultats obtenus suivant les deux approches théoriques, les épaisseurs minimales recommandées ont été définies pour différents cas de charge.

La charge de rupture de la dalle individuelle dépend de l'épaisseur de l'élément de pavage, mais aussi du rapport entre la longueur et la largeur (L/l) et de la résistance à la flexion caractéristique du béton utilisé (§ 6.3.3, p. 50), qui s'élève à 5 MPa selon la norme NBN B 21 211 [7].

Pour un rapport L/l égal à 1, une dalle carrée présente la charge de rupture la plus élevée possible. Plus le format est élancé (soit plus le L/l est élevé), plus la charge de rupture sera faible. Si les dalles sont longues et étroites, une plus grande épaisseur ou une armature est nécessaire pour contrecarrer cet effet. Lorsque le revêtement est réalisé avec différents formats (par exemple pour créer des effets ou calepinages esthétiques déterminés), il faut alors prendre en compte le format présentant le rapport L/l le moins favorable pour le dimensionnement.

Il est évident que l'élément de pavage ne résistera pas individuellement à toutes les contraintes (statiques et/ou dynamiques) causées par le trafic, mais c'est bien l'ensemble de la structure de la route qui contribuera à la portance du revêtement.

Pour le dimensionnement de revêtements réalisés en dalles, en dalles de grand format et en dalles préfabriquées en béton, le présent code de bonne pratique indique les **épaisseurs minimales recommandées en fonction de la charge de trafic et du rapport maximal longueur/largeur** des éléments de pavage, tel qu'illustré à la figure 3.4 (p. 9).

Ces valeurs reposent donc d'une part sur les calculs pour des formats carrés, où l'ensemble de la structure (revêtement + fondation) est pris en compte, de sorte que la contrainte de flexion maximale autorisée dans le béton ne soit pas dépassée. D'autre part, l'influence du rapport longueur/largeur sur la charge de rupture permet de vérifier à partir de quel rapport L/l il est nécessaire d'augmenter l'épaisseur minimale. Les épaisseurs obtenues de cette manière sont également confrontées aux retours d'expérience en Belgique et à l'étranger. En fonction de la catégorie de circulation, il faut également adapter la nature et/ou l'épaisseur de la fondation (figure 3.5, p. 10).

Il est important de signaler qu'il s'agit d'épaisseurs recommandées pour les rapports L/l définis et en fonction d'une charge de trafic. **Pour des rapports L/l plus importants que ceux repris dans la figure 3.4 pour les différentes catégories de trafic, un calcul spécifique selon la situation doit être effectué (pour celui-ci, aucune valeur n'est donc indiquée dans la figure 3.4).** Les graphiques ont uniquement valeur d'indication. **Contactez toujours le fabricant pour un dimensionnement en fonction du format demandé, de la charge de trafic attendue et de la qualité de béton utilisée.**

Pour les cas spécifiques (mauvais fond de coffre, charges plus importantes, longues portées, etc.), il est possible de prévoir des dalles avec une armature constructive supérieure ou inférieure. Par ailleurs, les dalles peuvent également être pourvues d'une armature pour la manipulation et le transport.

Dans le cas des dalles préfabriquées en béton ($L > 1\,500$ mm), il convient de signaler que cette épaisseur de conception minimale par rapport à la charge de trafic envisagée doit également être confrontée à **l'épaisseur minimale nécessaire pour la production**. Par exemple, pour contrecarrer le cintrage des bords de la dalle (*curling*), pour permettre l'intégration d'éventuels points d'ancrage, pour garantir un recouvrement minimal d'éventuelles armatures et/ou pour éviter les fissures et déformations pendant la fabrication.

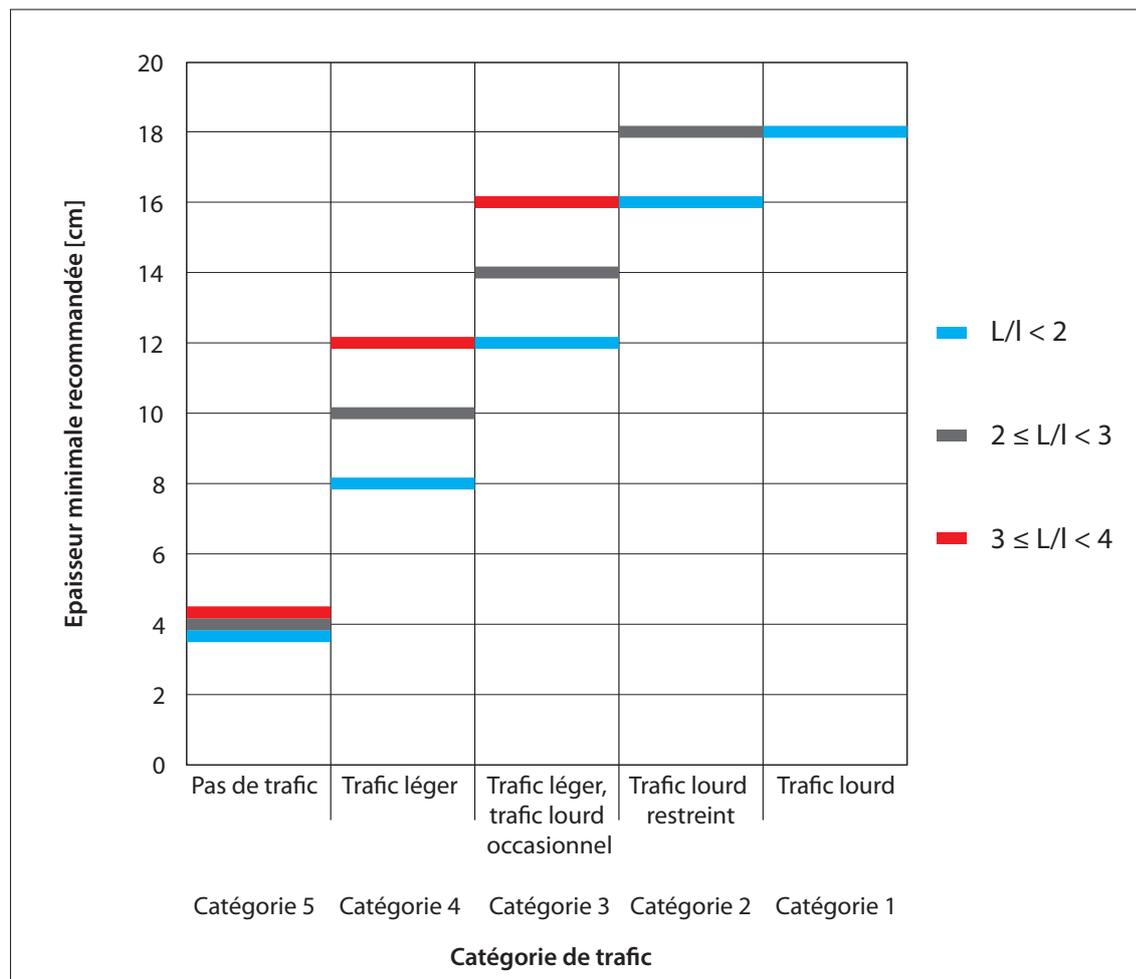


Figure 3.4 – Epaisseurs minimales recommandées des éléments de pavage sur la base de la charge de trafic selon le tableau 2.1 et du rapport longueur/largeur de l'élément. Celles-ci doivent également être confrontées à l'épaisseur minimale nécessaire pour la production

Catégories 1 et 2 Trafic lourd restreint (cat. 2) Trafic lourd (cat. 1)	Catégorie 3 Trafic léger, trafic lourd occasionnel	Catégorie 4 Trafic léger	Catégorie 5 Pas de trafic de véhicules
<ol style="list-style-type: none"> 1. Élément de pavage 2. Couche de pose 3. Béton maigre (drainant ou non) 4. Sable-ciment 		<ol style="list-style-type: none"> 5. Empierrement non lié 6. Empierrement lié hydrauliquement 7. Sous-fondation <p>d. Épaisseur selon la figure 3.4</p>	

Figure 3.5 – Recommandations pour la réalisation de revêtements en dalles, en dalles de grand format et en dalles préfabriquées en béton en fonction de la catégorie de circulation

3.2. Structure

3.2.1 Fond de coffre

Le fond de coffre est le matériau présent sur place (ou matériau d'apport dans le cas d'un remblai) qui doit pouvoir porter la structure routière et supporter les charges du trafic, et ce, quelles que soient les conditions climatiques.

La portance du sol a une influence directe sur l'épaisseur de la structure routière nécessaire pour une charge de trafic donnée.

La portance du sol dépend fortement de la teneur en eau de ses matériaux constitutifs. Si ceux-ci sont saturés, la portance peut même totalement disparaître. Il est dès lors plus que recommandé de prévoir un drainage sous le fond de coffre si le sol est imperméable.

Si le sol est constitué de matériaux gélifs, il faut faire en sorte que le front de gel n'atteigne jamais cette profondeur. Pour ce faire, on peut prévoir une sous-fondation et éventuellement augmenter l'épaisseur de la structure. En effet, lorsque les matériaux gélifs gèlent, ceux-ci se dilatent, ce qui peut mener à un soulèvement de la chaussée. Il est dès lors crucial de contrôler la sensibilité au gel du sol d'une part et de déterminer la profondeur du front de gel d'autre part.

Pour plus de détails concernant le dimensionnement de la structure contre les cycles de gel/dégel et pour la préservation du sol du gel, nous vous renvoyons au Code de bonne pratique R80/09 du CRR pour les revêtements en pavés de béton [1].

3.2.1.1 Portance

Pour les applications avec circulation chargée et/ou intense (catégories 1 à 3), il est essentiel que la portance du fond de coffre soit suffisante. Cela peut éventuellement être vérifié à l'aide de l'essai de chargement à la plaque (figure 3.6). Le coefficient de compressibilité M1 (au premier cycle) doit être supérieur ou égal à 17 MPa.

Essai de chargement à la plaque



L'essai de chargement à la plaque consiste à appliquer sur la surface à tester une plaque d'acier rigide de forme circulaire d'un diamètre de 15,96 cm ou de 30,90 cm (surface de 200 cm² ou de 750 cm²), à sélectionner en fonction de la granulométrie du sol testé (empierrement ou sol). Une charge définie est appliquée sur la plaque et le contrepois est assuré par un camion, une grue, un bulldozer, etc. Dès que la plaque est stabilisée, on mesure le tassement.

Le tassement est enregistré en fonction de la charge exercée. L'inclinaison de la courbe obtenue permet d'évaluer la portance du sol testé.

$$M_E = \frac{D \Delta p}{\Delta s}$$

Δp : différence de pression entre 2 paliers de chargement (MN/m²)
 Δs : différence de tassement en cm
 D : diamètre de la plaque en cm

Cet essai fait également l'objet de la méthode d'essai 50.01, reprise dans le mode opératoire CRR MF 40/78.

Figure 3.6 – Essai de chargement à la plaque

Lorsqu'on suspecte la portance du coffre d'être insuffisante lors de l'exécution des travaux, il est possible d'améliorer le sol (voir guide pratique n° 3 du Code de bonne pratique R81/10 du CRR [8]) soit par l'ajout d'un liant adapté, soit en appliquant une géogrille.

Les géogrilles sont des grilles monolithiques à grandes mailles en plastique et possédant un module d'élasticité élevé et un fluage faible, qui sont utilisées pour faire fonctionner les matériaux sur le fond de coffre comme un ensemble et optimiser le transfert des contraintes au sol. Ces géogrilles sont toujours placées dans une couche d'empierrement.

3.2.1.2 Evacuation des eaux

Comme nous l'avons déjà mentionné, la teneur en eau influence fortement la portance du sol ou de la fondation. Une bonne évacuation de l'eau (eaux de surface, eau infiltrée et eau ascensionnelle) contribuera à améliorer la portance du sol.

Pour de plus amples informations concernant le drainage et l'évacuation des eaux, nous vous renvoyons au Code de bonne pratique R88/14 du CRR «pour la protection des routes contre les effets de l'eau» [9] et au §1.2.4 du Code de bonne pratique R80/09 [1].

Dans tous les cas, la structure doit être réalisée de manière à éviter toute formation de flaques et à garantir une évacuation efficace des eaux en appliquant une pente transversale de minimum 1 % et de préférence de 2 % si les conditions le permettent.

3.2.2 Sous-fondation

Le cas échéant, une sous-fondation peut être prévue en fonction de la nécessité de préserver le sol du gel et/ou de drainer la chaussée. L'épaisseur de la sous-fondation est déterminée par le concepteur et prend en considération la qualité du fond de coffre.

Selon le sol, un géotextile non tissé peut être placé entre le coffre et la sous-fondation pour éviter une pollution de la sous-fondation par des particules (fines) provenant du fond de coffre.

L'éventuelle sous-fondation doit remplir les fonctions suivantes:

- en tant qu'élément structurel, assurer une répartition suffisante des contraintes appliquées à sa surface vers le sol;
- grâce à son épaisseur, protéger le sol du gel;
- protéger la fondation contre l'humidité ascensionnelle et contre la pénétration de fines du sol;
- assurer un drainage de la chaussée;
- lors de la pose, éviter une déformation excessive du fond de coffre sous l'effet du trafic de chantier, et permettre le transport, l'épandage et le compactage du matériau de fondation;
- dans la plupart des cas, servir de support stable pour la pose des bordures, des filets d'eau et d'autres éléments linéaires.

Pour remplir ces fonctions, les matériaux de la sous-fondation doivent résister au gel et disposer d'une perméabilité suffisante. Ils doivent en outre être faciles à compacter et posséder une portance suffisante (coefficient de compressibilité M1 supérieur ou égal à 35 MPa en fonction des cahiers des charges types).

La portance doit être maintenue même si la couche de sous-fondation est exposée pendant plusieurs mois à la pluie et au gel.

Les matériaux utilisés peuvent être d'origine naturelle ou artificielle. Les cahiers des charges (SB 250, CCT 2015 et CCT Qualiroutes) autorisent des matériaux de différentes origines, tels que les granulats naturels, les granulats recyclés (comme par exemple les débris de construction et de démolition) ou bien les granulats artificiels (comme par exemple les scories). Il est important de noter que les matériaux autorisés peuvent varier selon la région. Il est donc recommandé de consulter le cahier des charges type de la Région concernée.

De manière générale, on distingue des sous-fondations de différents types:

- sable;
- mélange de sable et d'empierrement;
- sol stabilisé.

3.2.2.1 *Sous-fondation en sable*

Cette sous-fondation est constituée:

- soit intégralement de sable drainant ou de sable pour sous-fondations décrit dans les cahiers des charges types, lorsque cette couche est suffisamment fine pour être posée en une seule fois;
- soit d'une couche de sable recouverte d'une couche (d'environ 10 cm d'épaisseur) du même sable renforcé d'un empierrement de gros calibre lorsque la couche doit être posée en plusieurs fois.

3.2.2.2 *Sous-fondation en empierrement*

Cette sous-fondation est constituée d'un mélange homogène de sable pour sous-fondations et d'un empierrement de gros calibre.

3.2.2.3 *Sous-fondation en sol stabilisé ou en matériaux similaires*

Le traitement du sol et autres matériaux, in situ ou en centrale, a pour objectif de modifier les propriétés physiques et mécaniques par l'ajout d'un liant adapté (chaux, ciment, liant hydraulique routier, etc.). Le liant doit être choisi en fonction du sol ou du matériau à traiter. Une analyse en laboratoire est nécessaire pour évaluer les améliorations et déterminer le dosage.

Pour de plus amples informations, nous vous renvoyons au Code de bonne pratique R81/10 du CRR «pour le traitement des sols à la chaux et/ou aux liants hydrauliques» [8] et au guide pratique n°2 correspondant (stabilisation des sols pour les couches de sous-fondation).

3.2.3 Fondation

La fondation est mise en œuvre sur la sous-fondation ou directement sur le fond de coffre si aucune sous-fondation n'est prévue. Son rôle est double:

- constituer un support indéformable pour le revêtement à proprement parler;
- répartir les contraintes exercées par le trafic jusqu'à un niveau tel qu'elle puissent être reprises par la sous-fondation et/ou le fond de coffre.

Une distinction est opérée entre les fondations non liées (empierrement et gravier) et les fondations liées (sable-ciment, empierrement stabilisé, béton maigre, béton maigre drainant et béton sec compacté).

Une fondation au sable-ciment convient uniquement pour un trafic léger (catégorie 4 à 5).

Une fondation stabilisée au ciment offre comme avantage une plus grande rigidité, stabilité et durabilité induisant une meilleure résistance au trafic et au gel de la structure.

L'avantage d'une fondation non liée est que, même en cas de perméabilité limitée, l'eau stagnante peut être évacuée vers la sous-fondation ou le sol.

Pour la fondation, on peut utiliser des matériaux naturels ou secondaires: empierrement naturel, sables, scories concassées, granulats de débris de béton et, dans certaines régions, granulats de débris bitumineux sans goudron, granulats de débris mixtes (de béton et de maçonnerie) liés et scories d'aciérie liées. Pour toute autre spécification, nous vous renvoyons aux différents cahiers des charges types.

La surface de la fondation doit être totalement parallèle à la surface du pavage fini de sorte que l'épaisseur de la couche de pose soit constante. La fondation doit par conséquent suivre les changements de profil transversal et longitudinal. Les erreurs de niveau ou de profil de la fondation ne doivent en aucun cas être rattrapées par des variations de l'épaisseur de la couche de pose.

Les cahiers des charges types pour les travaux routiers stipulent que le coefficient de compressibilité M1 pour l'empierrement lié et non lié, déterminé lors du premier cycle de l'essai de chargement à la plaque (figure 3.6, p. 13), doit être au minimum égal à 110 MPa pour les chaussées.

Toutefois, dans certains cas, on peut s'écarter de ces exigences. En cas de trafic plus léger (catégorie 2 à 4), par exemple, une valeur de 80 MPa est déjà suffisante.

Pour les dalles préfabriquées en béton, le fond de coffre compacté peut en outre servir lui-même de fondation s'il s'agit d'un trafic léger ou qu'il n'y a pas de trafic, étant donné les exigences plus faibles pour le coefficient M1 (tableau 3.1, p. 16).

Catégorie	Exigence pour une fondation en empierrement lié ou non lié		
	Dalles	Dalles de grand format et grands pavés de béton	Dalles préfabriquées en béton
1 – Trafic lourd, jusqu'à 100 véhicules lourds par jour		Fondation: 110 MPa	Fondation: 110 MPa
2 – Trafic lourd restreint		Fondation: 80 MPa	Fondation: 80 MPa
3 – Trafic léger, trafic lourd occasionnel	Fondation: 80 MPa	Fondation: 80 MPa	Fondation: 80 MPa
4 – Trafic léger	Fondation: 80 MPa	Fondation: 80 MPa	Sol compacté: 35 MPa
5 – Pas de trafic de véhicules	L'essai à la plaque NE S'APPLIQUE PAS, sol stable requis		

Tableau 3.1 – Exigences pour la portance d'une fondation en fonction de la catégorie de trafic, en cas de divergence par rapport aux cahiers des charges types et pour des applications routières non classiques

3.2.4 Couche de pose

3.2.4.1 Exigences

La couche de pose est l'un des éléments les plus importants de la chaussée, car c'est généralement là que les premières dégradations se manifestent. Il est primordial de consacrer une grande attention au choix du matériau ainsi qu'à la mise en œuvre de la couche de pose.

La couche de pose sert, d'une part, à compenser les légères différences d'épaisseur des dalles et les petites inégalités de la fondation et, d'autre part, à bien fixer et maintenir en place les dalles.

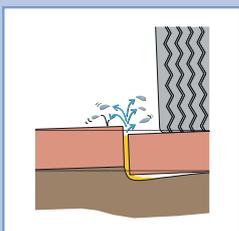
Il convient tout d'abord de s'intéresser à la structure qui se trouve sous la couche de pose. Il faut en effet travailler sur une fondation plane. Les cahiers des charges types stipulent que les variations d'épaisseur de la couche de pose ne peuvent pas dépasser 10 mm. Il est toutefois recommandé d'appliquer des tolérances encore plus sévères, aussi bien en ce qui concerne la planéité de la fondation que l'épaisseur de la couche de pose.

Quelques points d'attention importants:

- l'épaisseur de la couche de pose: sa valeur nominale est de 30 mm (après compactage éventuel, § 4.2), avec une tolérance de 5 mm. Une couche de pose trop épaisse peut donner lieu à de l'ornièrage et à des affaissements. Des épaisseurs inégales provoquent des déformations. Pour les dalles classiques et les dalles de grand format, la couche de pose sert également à compenser les éventuelles différences d'épaisseur entre les dalles. Avec des dalles préfabriquées, l'épaisseur de la couche de pose peut être plus importante (40 à 60 mm);
- la couche de pose doit toujours être suffisamment perméable;

- l'imperméabilité de la fondation vis à vis des fines: lorsque la couche de pose est mise en œuvre sur une fondation en empierrement, la partie supérieure de cette fondation doit être bien fermée (par incorporation éventuelle de fines par vibration et/ou par arrosage). Dans le cas contraire, des inégalités peuvent apparaître par la suite dans le revêtement du fait que des fines pénètrent depuis la couche de pose dans la fondation;
- une fondation non perméable en béton maigre présente un risque d'accumulation d'eau dans la couche de pose. Cela peut être évité en prévoyant un système de drainage adapté (§ 3.2.1.2) ou en optant pour une fondation en béton maigre drainant. Dans ce dernier cas, il convient tout de même de placer un géotextile entre le béton maigre drainant et la couche de pose.

Effets négatifs de l'eau stagnante



L'infiltration d'eau via les joints dans la couche de pose et la fondation est inévitable. Pour garantir la stabilité de la structure, il est essentiel que l'eau infiltrée soit évacuée aussi vite que possible via p. ex. une fondation drainante. L'eau dans la fondation fait diminuer la stabilité et la portance, et doit donc être évitée.

Les plus gros problèmes se présentent en effet lorsque de l'eau stagne dans la couche de pose, donc dans la zone située entre le revêtement et la fondation.



Dégradation due à l'effet de pompage

Si l'eau ne peut pas s'évacuer par la fondation sous-jacente, la couche de pose sera progressivement saturée d'eau. Une charge de trafic continue génère ce que l'on appelle «l'effet de pompage»: le matériau fin de la couche de pose sera pompé avec l'eau vers le haut à travers les joints. De ce fait, le matériau fin de jointolement disparaîtra également des joints.

Figure 3.7 – Effet de pompage dû à l'eau stagnante et dégradations correspondantes

3.2.4.2 Matériaux

Le choix du matériau de la couche de pose doit se faire en fonction de la catégorie de trafic (tableau 2.1, p. 4). Pour déterminer le type adéquat de granulats, il faut tenir compte de la résistance à la fragmentation. En cas de doute, il est souhaitable de réaliser des essais de fragmentation préalables. Pour des charges de trafic plus lourdes (catégories 1 et 2), un granulat peu ou pas sujet à la fragmentation doit être utilisé. Le matériau doit être sans poussière, ce qui signifie que le taux de fines inférieures à 63 μm doit être fortement limité (tableau 3.2, p 18).

Catégorie	Matériau de couche de pose ^{1 2}			Taux de fines (< 63 µm)	Caractéristiques du granulat conformément aux PTV 411
	Dalles	Dalles de grand format et grands pavés de béton	Dalles préfabriquées en béton ³		
1 – Trafic lourd, jusqu'à 100 véhicules lourds par jour		Sable grossier 0/4 - 0/6,3 ou gravillon concassé 2/6,3-2/8	Sable grossier 0/4 - 0/6,3 ou gravillon concassé 2/6,3-2/8	≤ 3 %	Catégorie Bc ou 4 (LA ₂₅ et M _{DE} 20)
2 – Trafic lourd restreint		Sable grossier 0/4 - 0/6,3 ou gravillon concassé 2/6,3-2/8	Sable grossier 0/4 - 0/6,3 ou gravillon concassé 2/6,3-2/8	≤ 5 %	Catégorie Bc ou 4 (LA ₂₅ et M _{DE} 20)
3 – Trafic léger, trafic lourd occasionnel	Sable grossier, gravillon concassé, sable de rivière (p. ex. 0/4)	Sable grossier, gravillon concassé, sable de rivière (p. ex. 0/4)	Sable grossiers, gravillon concassé, sable de rivière (p. ex. 0/4), sable de mer	≤ 5 %	Catégorie D ou 5 (LA ₃₅)
4 – Trafic léger	Sable grossier, gravillon concassé, sable de rivière (p. ex. 0/4)	Sable grossier, gravillon concassé, sable de rivière (p. ex. 0/4)	Sable grossier, gravillon concassé, sable de rivière (p. ex. 0/4), sable de mer	≤ 5 %	Catégorie D ou 5 (LA ₃₅)
5 – Pas de trafic de véhicules	Sable grossier, gravillon concassé, sable de rivière (p. ex. 0/4)	Sable grossier, gravillon concassé, sable de rivière (p. ex. 0/4)	Sable grossier, gravillon concassé, sable de rivière (p. ex. 0/4), sable de mer	≤ 7 %	-

¹ Dans la version actuellement en vigueur de la norme NBN EN 13242+A1:2008 «Granulats pour matériaux traités aux liants hydrauliques et matériaux non traités utilisés pour les travaux de génie civil et pour la construction des chaussées» [10], le «sable» est défini comme granulat fin d'un diamètre D_{max} ≤ 6,3 mm.

² Le sable grossier 0/4 ou 0/6,3 est généralement composé d'un mélange homogène de 40 % de sable rond naturel ou de sable de concassage naturel d'un diamètre D ≤ 2 mm, et de 60 % de pierres concassées 2/4 ou 2/6,3.

³ Pour les dalles préfabriquées en béton, l'utilisation d'un mélange de sable de concassage de granulats de débris de béton avec du sable naturel est autorisée à condition que les exigences du tableau 3.2 soient respectées.

Tableau 3.2 – Matériaux recommandés pour la couche de pose et caractéristiques correspondantes

Bien que, dans la pratique, on utilise encore souvent du mortier ou du sable-ciment comme matériau de couche de pose pour les dalles classiques, nous recommandons d'utiliser les matériaux repris dans le tableau 3.2.

Les caractéristiques des granulats doivent certainement être contrôlées, car elles sont déterminantes pour la résistance à la fragmentation du matériau de la couche de pose. En Belgique, il s'agit principalement de matériaux durs tels que le porphyre, le grès et le quartz. Etant donné la plus grande répartition

des charges pour formats de plus grande taille, une pierre calcaire de bonne qualité peut également être utilisée. Pour garantir une mise en œuvre aisée de la couche de pose (nivelage et pose), il faut également prendre cet aspect en compte lors du choix des matériaux. Ceci peut être réalisé en appliquant un mélange adapté de matériau rond et concassé.

Pour une couche de pose dans un contexte de trafic lourd (catégorie 1 et 2), il est recommandé d'utiliser des matériaux qui satisfont aux exigences relatives à la catégorie Bc ou 4 des PTV 411 [11], comme le porphyre, le grès, certains types de calcaire ou le gravier concassé.

3.2.5. Scellement des joints

Le matériau doit satisfaire aux exigences du cahier des charges type en vigueur. La taille de grain maximale est de 1 mm pour les joints fins ou de 0,8 fois la largeur des joints, avec un maximum de 8 mm.

Dans les matériaux de scellement de joints non liés, on utilisera de préférence des composants anguleux, pour obtenir une meilleure cohésion.

Parmi les bons produits de scellement des joints, citons:

- le sable naturel ou artificiel (sable de quartz, sable de mer, calcaire concassé ou grès 0/1 à 0/2, sec et non collant, avec moins de 10 % de fines < 0,063 mm);
- le sable grossier 0/4 - 0/6,3 ou un empierrement fin 2/4 (pour des joints plus larges).

Etant donné que les dalles de grand format ou les dalles préfabriquées en béton sont posées sur une couche de pose souple, l'utilisation de mortiers de jointoiement liés au ciment (modifiés ou non par l'ajout de polymères) est déconseillée, en particulier en cas de charge de trafic.

À l'heure actuelle, il existe également sur le marché un certain nombre de matériaux plus innovants, tels que les sables polymères et les « rejointoyeurs » (appelés joint sealers)¹, qui ont souvent été développés spécifiquement pour contrecarrer la pousse des mauvaises herbes et l'érosion. Dans la pratique, il n'y a jusqu'à présent que peu voire pas d'expérience avec ces matériaux en ce qui concerne la durabilité face à la charge de trafic. Sous réserve d'une étude plus détaillée, l'utilisation de ces matériaux est dès lors uniquement recommandée pour les applications peu chargées (catégorie 4 et 5).

La stabilité du filtre avec la couche de pose doit être garantie, afin d'éviter que le joint ne disparaisse dans la couche de pose. La recherche a démontré que celle-ci pouvait être garantie en respectant la règle suivante (figure 3.8, p. 20):

$$D_{15} \text{ couche inférieure} / D_{85} \text{ couche supérieure} \leq 5$$

où D_{15} et D_{85} sont les dimensions des mailles qui correspondent respectivement à 15 % et 85 % de passant.

¹ Pour de plus amples informations à ce sujet, nous vous renvoyons au Compte rendu de recherche CR 45 du CRR «Exigences performantielles des matériaux de jointoiement pour revêtements modulaires» [12].

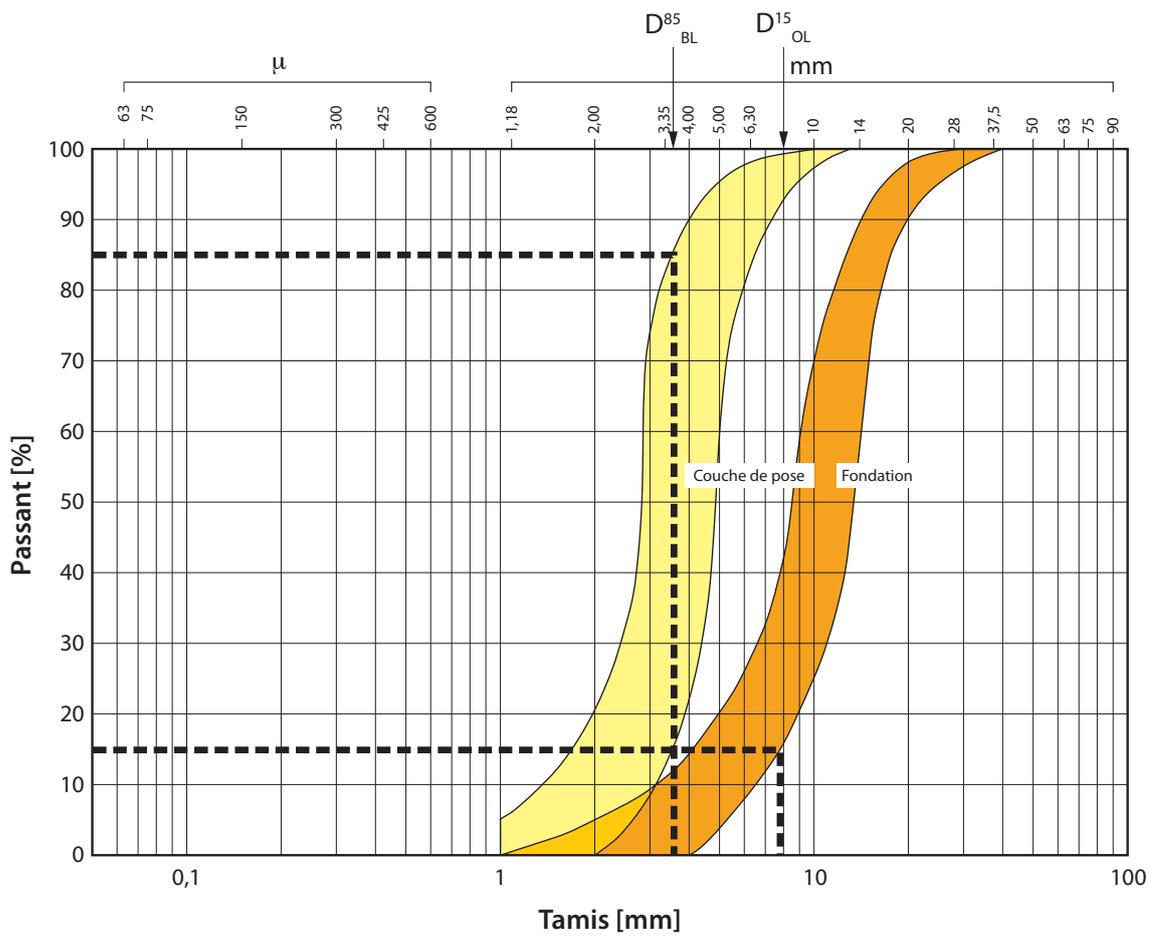


Figure 3.8 – Exemple de contrôle de la stabilité du filtre entre la couche de pose (BL) et la fondation (OL)

Chapitre 4

Pose

4.1 Livraison et contrôle des matériaux

Avant de commencer la réalisation du revêtement en dalles, en dalles de grand format ou en dalles préfabriquées en béton, il est important de vérifier que les matériaux livrés correspondent à ce qui a été commandé. Il y a lieu de vérifier également que les produits ne sont pas abîmés et d'être attentif à d'éventuelles différences de couleurs. De légères nuances sont toujours possibles étant donné l'utilisation de matières premières naturelles. Pour obtenir un nuançage esthétique et éviter les différences de couleurs, il est conseillé de mélanger différents lots de dalles lors de la pose. Si des dalles cassent pendant l'exécution, il faut immédiatement en avvertir le fabricant pour qu'il puisse réagir à temps et de manière adéquate.

Pour les dalles préfabriquées en béton, une attention particulière doit être portée au déchargement et à l'empilage. Toutes les dalles, même celles du bas de la pile, sont posées sur trois points d'appui (p. ex. des pavés en béton), qui sont toujours placés perpendiculairement l'un au-dessus de l'autre et ne peuvent pas reposer sur les arêtes. Il est conseillé de ne pas empiler plus de 5 dalles pour éviter que les piles ne s'effondrent. Sur une surface stable et plane, on peut éventuellement empiler jusqu'à 8 dalles. Les dalles de grand format sont livrées de manière classique sur des palettes, avec du film entre chaque couche et éventuellement une protection complémentaire au moyen d'une housse en plastique.



Figure 4.1 – Précautions lors du déchargement et de l'empilage des dalles préfabriquées et des dalles de grand format en béton

4.2 Structure et pose

4.2.1 Pose sur la fondation

Tout d'abord, il est nécessaire d'aplanir le fond de coffre, de le rendre prêt à l'usage et de le compacter avec le matériau adéquat pour obtenir une plate-forme solide et stable. Pour les applications comportant une circulation lourde et/ou intense, il est essentiel que la portance du fond de coffre soit suffisante. La portance peut être vérifiée à l'aide d'un essai de chargement à la plaque, pour lequel le module de compressibilité doit au moins être égal à 17 MPa.



Figure 4.2 – Exemple de lessivage de la couche de pose dû à l'absence d'un contrebutage

Si les dalles et dalles de grand format sont soumises à une charge de trafic, il convient de prévoir un contrebutage correct (à l'aide de bandes de contrebutage ou de filets d'eau par exemple) pour bien fixer l'appareillage et éviter le lessivage de la couche de pose. Les contrebutages sont dès lors mis en place avant la fondation et la couche de pose. Ils doivent non seulement être fixés par une fondation spécifique, mais ils doivent aussi être dotés d'un épaulement bien compacté en béton maigre à l'arrière.

Pour des dalles préfabriquées en béton, le contrebutage n'est généralement pas nécessaire. Un épaulement en béton maigre peut éventuellement être réalisé sur les côtés des dalles extérieures.



Figure 4.3 – Contrebutage et/ou épaulement correct en béton maigre

La fondation est réalisée après la pose d'une éventuelle sous-fondation, et l'épaisseur et la nature du matériau sont alors déterminées en fonction de l'application et de la charge (figure 3.5, p. 12). Pour ce faire, il est recommandé de poser le matériau de fondation (empierrement non lié ou matériau lié au ciment) avec environ 10 à 15 % de surépaisseur, pour ensuite obtenir une surface uniforme grâce à un compactage et un nivelage final adéquats. Attention: les matériaux liés au ciment doivent être mis en oeuvre le plus rapidement possible et toutes les manipulations doivent être réalisées dans les 2 à 4 heures suivant la confection du mélange, après quoi, celui-ci n'est plus utilisable.

Il est essentiel que le profil de la fondation soit complètement parallèle à celui du futur revêtement afin de garantir ensuite une épaisseur constante de la couche de pose. Les inégalités de la fondation, mesurées avec une règle de 3 m, ne peuvent jamais dépasser 10 mm. La planéité, le niveau, l'épaisseur et la portance (tableau 3.1, p. 16) de la fondation doivent être vérifiés.



Figure 4.4 – Appareil ultrasonique à rouleaux pour le compactage de la couche de pose pour dalles classiques (de plus petite taille)

La fondation finie est alors recouverte du matériau de la couche de pose, avec une granulométrie appropriée et une quantité limitée de fines. Le choix du matériau dépend de l'application (dalles, dalles de grand format ou dalle préfabriquée en béton) et de la charge attendue (tableau 3.2, p. 18). L'épaisseur de la couche de pose est d'environ 3 cm pour les dalles et les dalles de grand format. Pour les dalles préfabriquées, une couche de pose plus épaisse peut être envisagée (4 à 6 cm).

Si les dalles sont de plus petite taille (longueur ≤ 400 mm), la couche de pose, tout comme pour les pavés de béton, est appliquée, nivelée à l'aide d'une règle et compactée par vibration du revêtement après la pose des éléments. Une plaque vibrante adaptée, plus légère ou un appareil vibrant à haute fréquence (p. ex. appareil ultrasonique à rouleaux) est utilisé pour ne pas endommager la surface.

Pour des dalles de plus grande taille ($400 < \text{longueur} \leq 600$ mm) et les dalles de grand format, la couche de pose est uniquement nivelée à l'aide d'une règle. Les légères inégalités et différences d'épaisseur sont ensuite éliminées en frappant avec un marteau en matière synthétique sur la dalle recouverte d'une planche en bois et/ou en adaptant localement l'épaisseur de la couche de pose.



Figure 4.5 – Pose et mise en œuvre d'une couche de pose (nivelage avec une règle) pour des dalles de grand format

Toutefois, pour les dalles préfabriquées en béton, la couche de pose est directement «précompactée» en passant dessus régulièrement avec une niveleuse ou un chargeur sur pneu lors de l'épandage et du profilage. Pendant la mise en œuvre progressive des dalles, un tassement supplémentaire est obtenu par le passage des machines, par exemple en roulant sur la/les dalle(s) déjà posée(s) pour placer la suivante. Ces deux manipulations limitent considérablement le tassement inégal des dalles lors de l'utilisation.



Figure 4.6 – Précompactage pour dalles préfabriquées en béton par le passage régulier de machines pendant l'épandage (en avant) et le profilage (en arrière) de la couche de pose

Les éléments doivent reposer sur l'ensemble de la surface car, sinon, les creux présents peuvent entraîner des fissures ou la rupture des dalles. Les tassements de plus de 5 mm doivent dans tous les cas être corrigés pour éviter toute dégradation. Avec des dalles de grand format, les légères inégalités peuvent éventuellement être éliminées à l'aide d'un marteau en matière synthétique et d'une planche de protection en bois sur la dalle. Si les inégalités s'avèrent trop importantes et/ou s'il s'agit de dalles préfabriquées en béton, la dalle doit être retirée pour corriger l'épaisseur de la couche de pose et ensuite remise en place.



Figure 4.7 – Elimination des inégalités à l'aide d'un marteau en matière synthétique et d'une planche en bois

En raison de leur poids plus important, la pose des dalles de grand format ou des dalles préfabriquées en béton sur la couche de pose est effectuée de manière mécanique à l'aide de pinces agrées (recouvertes de caoutchouc) ou d'appareils de succion par le vide. Pour des dalles de plancher, des points d'ancrage ou des clés en T peuvent également être utilisées et, dans certains cas, les crochets de levage devront encore être intégrés. Toutefois, il est préférable d'utiliser la méthode par succion, car il y a de plus grands risques de dégradation avec les pinces. De plus, il y a moins de risque de glissement de la couche de pose et de pose non plane de la dalle («effet bascule», figure 4.9, p. 26).



Figure 4.8 – Différents modes de pose des dalles de grand format et des dalles préfabriquées en béton: pince mécanique, système de succion ou clés de levage

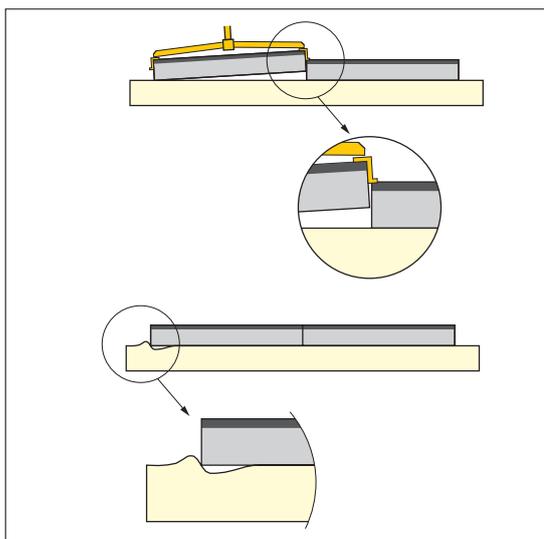


Figure 4.9 – Risque de glissement de la couche de pose et de basculement des dalles lors de la pose à l'aide des pinces mécaniques

Surtout dans le cadre d'applications esthétiques, il est recommandé de recouvrir les dalles tout juste posées à l'aide d'une feuille de plastique ou d'une bâche jusqu'à la fin des travaux afin de ne pas les salir. Pour éviter les efflorescences calcaires, cette protection doit être retirée le plus rapidement possible après les travaux.



Figure 4.10 – Protection de dalles de grand format avec un géotextile pour éviter toute salissure pendant la pose

En principe, les dalles sont posées l'une contre l'autre et un joint se crée automatiquement sur le dessus par la présence d'écarteurs intégrés (joint = 1 à 2 mm) ou par la forme conique de la dalle (joint en coin, environ 10 mm au-dessus). Dans des cas exceptionnels, on peut utiliser des croisillons pour joints ou des écarteurs qui sont ensuite retirés.

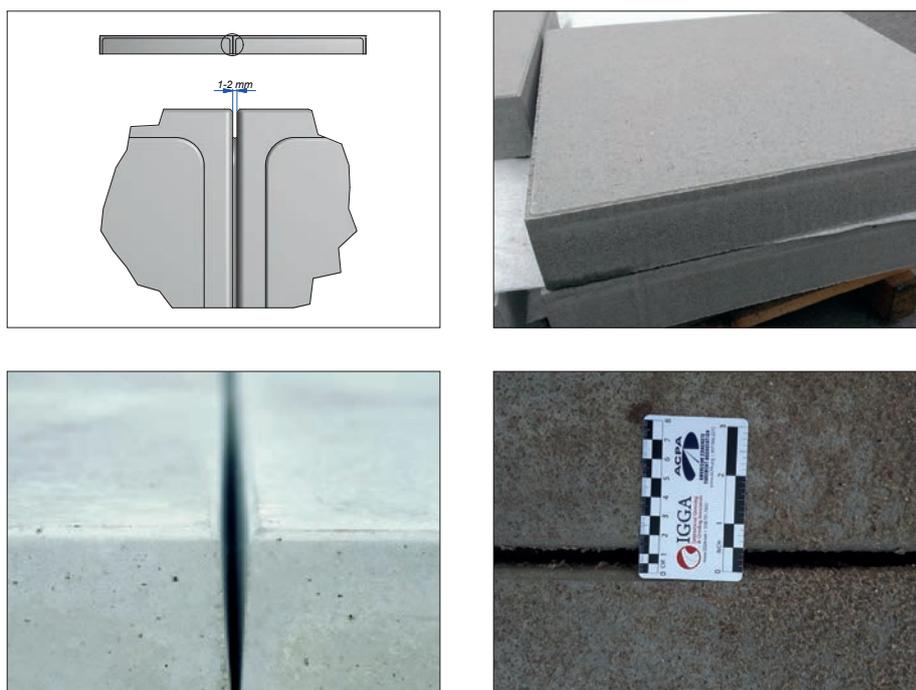


Figure 4.11 – Pose avec joint minimum en utilisant des écarteurs intégrés (en haut), ou pose de dalles avec une face conique (en bas) pour qu'un joint se crée automatiquement au-dessus

Les joints sont complètement remplis au moyen d'une brosse ou d'un balai avec le matériau sec adéquat (sable lavé ou gravillon propre concassé si les joints sont plus larges). Le cas échéant, cette opération doit être répétée pour obtenir un remplissage complet. L'humidification des joints peut éventuellement aussi aider à les compacter.



Figure 4.12 – Jointoiement avec le matériau approprié pour obtenir un remplissage complet des joints

4.2.2 Pose sur plots pour dalles

Pour des applications spéciales sur un support en béton, une terrasse de toit, etc., les dalles de grand format et les dalles préfabriquées en béton peuvent être posées sur des plots en plastique au lieu d'une fondation classique avec couche de pose.

L'utilisation des plots crée sous les dalles un espace vide ouvert. Outre la réduction du poids considérable pour la surface portante, ce mode de pose présente encore d'autres avantages. L'eau de pluie est rapidement évacuée via les joints ouverts entre les dalles et l'air peut circuler librement sous les dalles, ce qui leur permet de sécher plus vite. L'espace ouvert sous les dalles est aisément accessible et peut

servir à dissimuler des conduites, des rigoles d'écoulement, un bassin tampon², etc. La pose sur plots offre un système modulable qui peut être facilement modifié ou réutilisé par la suite.



Figure 4.13 – Pose sur plots pour dalles: un système flexible et modulable

Il faut prévoir un support plan pour que les plots soient stables. Les plots sont placés sur le support sans être collés. Ils sont disposés selon les dimensions de l'élément en béton et réglés à la hauteur souhaitée. Il existe des plots en plastique pour dalles dans différentes hauteurs allant de 2 à 100 cm. La hauteur doit être définie en fonction de la charge attendue. Des pièces supplémentaires (p. ex. des blocs de béton, figure 4.15) peuvent éventuellement être utilisées pour augmenter la stabilité.



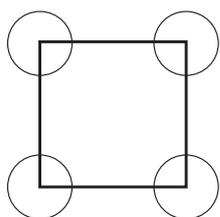
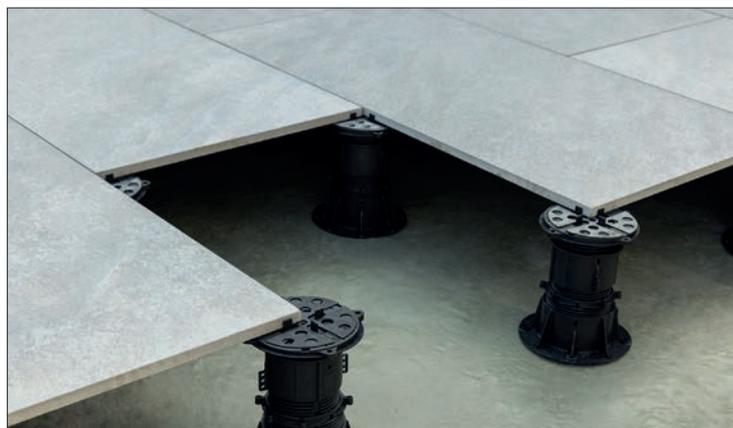
Figure 4.14 – Différents types de plots en plastique pour la pose de dalles de grand format



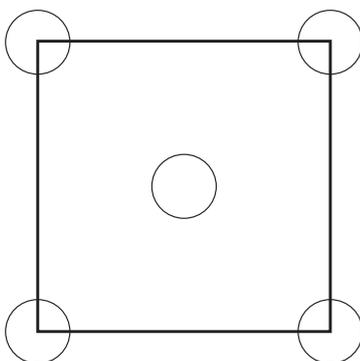
Figure 4.15 – Pose sur plots pour dalles et utilisation éventuelle de pièces supplémentaires

² Si la structure sous-jacente le permet.

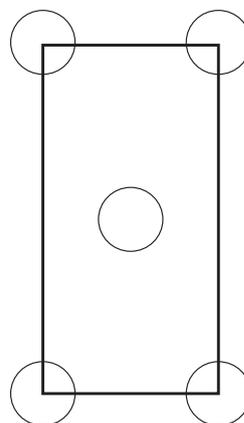
Les quatre angles de la dalle sont toujours soutenus par un plot. Pour les dalles de grand format, on peut également placer un cinquième plot au milieu de la dalle et/ou sous les côtés pour une sécurité supplémentaire. Pour régler la hauteur des plots, il suffit de les visser ou de les dévisser. Les différences d'épaisseur entre les dalles peuvent être compensées à l'aide de pièces intercalaires en caoutchouc (figure 4.17).



500 mm x 500 mm



1 000 mm x 1 000 mm



600 mm x 1 200 mm

Figure 4.16 – Support suffisant de la dalle par les plots, en utilisant éventuellement un plot supplémentaire par sécurité



Figure 4.17 – Réglage de la hauteur des plots à l'aide de vis et utilisation de pièces intercalaires

La pente peut être adaptée à l'aide d'une pièce inclinée spéciale sur le plot ou d'un système similaire de correction de la pente (figure 4.18 , p. 30). La largeur des joints entre les dalles est déterminée par l'épaisseur des écarteurs sur les plots. Ces joints ouverts permettent à l'eau de s'évacuer aisément. Les instructions du fabricant des plots doivent toujours être prises en considération.

Dans certains cas, un système de serrage est prévu entre les dalles. Celui-ci est principalement utilisé pour les toitures-parkings (§ 7.2).



Figure 4.18 – *Systèmes de correction de la pente*

Pour les bords et la jonction avec les murs, des pièces supplémentaires spéciales avec un pied plus étroit ou des plots plats peuvent être utilisés, où les languettes des écarteurs sont retirées en partie.



Figure 4.19 – *Systèmes de pourtour pour les jonctions avec les murs ou tout autre montant vertical*

Tout comme pour la mise en œuvre classique sur fondation et couche de pose, les dalles sont toujours posées à l'aide d'une pince mécanique ou, de préférence, d'un système de succion. La pente des dalles posées doit être vérifiée et, le cas échéant, corrigée en réglant les plots.

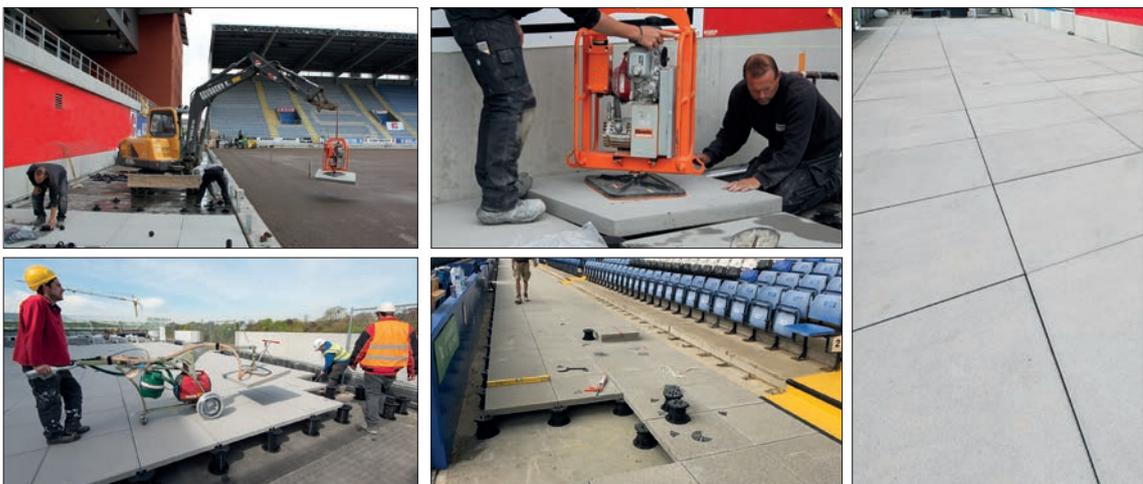


Figure 4.20 – *Exemples de pose de dalles de grand format ou de dalles préfabriquées en béton sur des plots*

4.3 Finition autour des points singuliers et aux extrémités du revêtement

Pour éviter tout problème par la suite, une attention particulière doit être portée à la finition autour des points singuliers (p. ex. poteaux intégrés, chambres de visite, etc.), aux extrémités du revêtement (au niveau du contrebutage) et dans les virages et croisements. Pour ce faire, on peut utiliser des pièces d'ajustement faites sur mesure ou les scier soi-même à partir de dalles standard. Il est important dans ce cas de ne pas utiliser de pièces trop petites, d'angles aigus ou d'éléments trop élancés, afin de ne pas compromettre la stabilité du revêtement. Il est important, en particulier avec les dalles préfabriquées, d'obtenir des découpes droites. Il est recommandé de faire appel à des entreprises spécialisées pour le sciage de découpes longues et profondes ou pour scier en onglet, un cas où il faut également prévoir un chanfrein.

EXEMPLES À NE PAS SUIVRE



Figure 4.21 – Exemples de mauvaise exécution

Grâce aux joints d'isolation, le revêtement peut être séparé des autres constructions ou des parties de construction comme les murs de bâtiments, les ouvrages d'art et les points singuliers. Ceux-ci sont réalisés à l'aide d'une bande de mousse synthétique placée entre le revêtement et la construction adjacente. L'objectif est de protéger les éléments de béton contre les éventuelles contraintes de contact et les concentrations de tensions.



Figure 4.22 – Exemple de joint d'isolation et dégradation possible s'il n'y en a pas autour d'un point singulier

Dans certains cas, il peut être souhaitable de réaliser des joints de dilatation pour compenser la dilatation des dalles pendant les périodes de chaleur et/ou éviter des dégradations (§ 9.1):

- lorsque la température lors de la pose est basse ($< 10\text{ °C}$);
- avant et après les virages.

Pour ce faire, on peut remplacer le joint de pose normal entre les dalles adjacentes par un joint de dilatation avec fourrure ou profil³ compressible (par exemple de la mousse de polyéthylène d'une densité minimale de 55 kg/m^3) à des intervalles définis.



Figure 4.23 – Exemple de joint de dilatation dans un revêtement réalisé en dalles de grand format

³ Voir chapitre 3-§ 17.1 «VOEGLATEN VOOR UITZETTINGSVOEGEN» du SB 250 version 4.1 [13].

Enfin, pour la finition autour des points singuliers, il est également possible d'utiliser des formes spéciales (dalles pour arbres, caniveaux intégrés, plaques d'égouts, etc.). Pour ce point, nous vous renvoyons au § 7.3.

BONS EXEMPLES

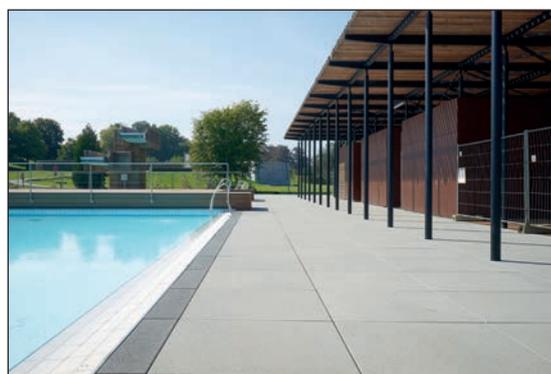
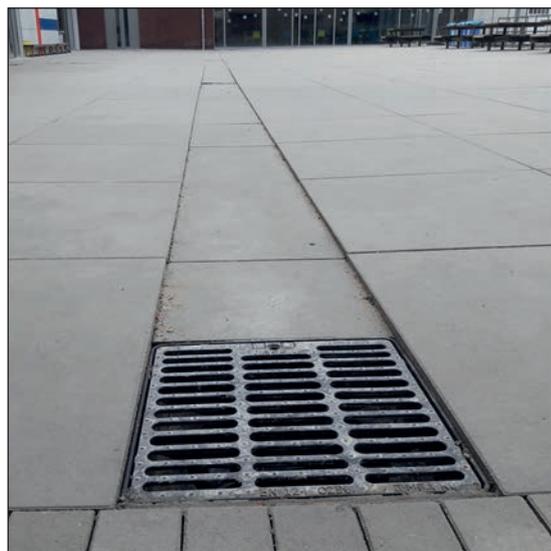


Figure 4.24 – Soins particuliers apportés à la finition des bords et autour des points singuliers, aux coupures au niveau des croisements et dans les courbes avec application d'un chanfrein, ainsi qu'à la finition des détails, avec utilisation éventuelle de formes spéciales

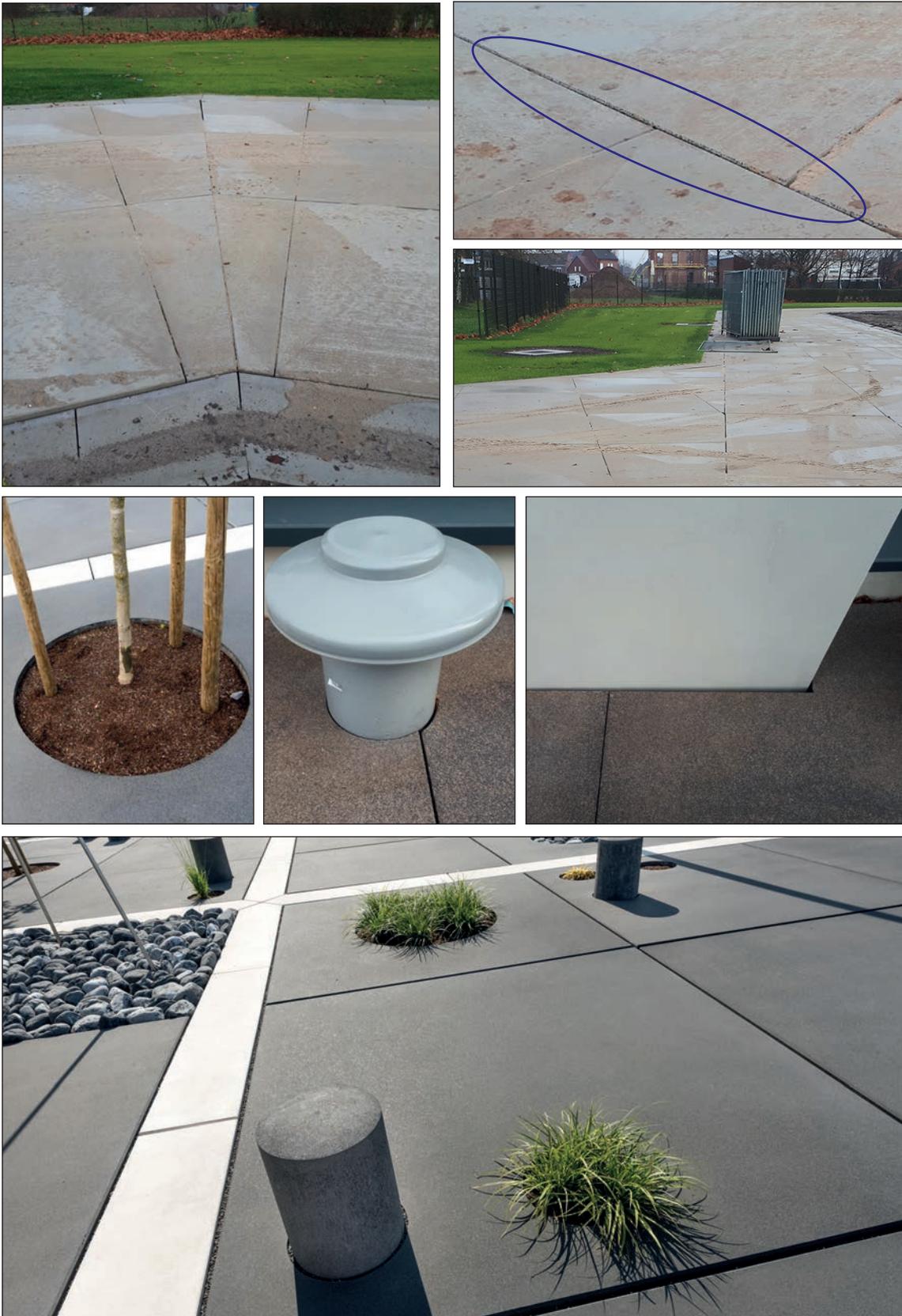


Figure 4.24 (suite) – Soins particuliers apportés à la finition des bords et autour des points singuliers, aux découpes au niveau des croisements et dans les courbes avec application d'un chanfrein, ainsi qu'à la finition des détails, avec utilisation éventuelle de formes spéciales.

Chapitre 5

Production et finition de surface

Le choix du type et de la finition d'une dalle en béton est déterminé par des exigences tant esthétiques que fonctionnelles. Il existe différents procédés de production et finitions de surface qui permettent de répondre à ces exigences imposées.

5.1 Production

Les dalles sont fabriquées selon deux procédés de production: en comprimant du béton à consistance terre humide ou en coulant et compactant le béton. Dans les deux cas, la production peut être réalisée en une ou deux couches. Une structure en deux couches se justifie si l'on utilise des granulats nobles et des colorants dans la composition du béton. Ces matériaux plus chers sont alors en effet uniquement nécessaires dans la couche supérieure plus fine, tandis que la couche inférieure plus épaisse peut être fabriquée avec une composition plus classique et moins chère.

5.1.1 Production par compression

Les dalles et dalles de grand format sont presque toujours fabriquées par compression, avec les machines qui sont également utilisées pour les pavés de béton. En règle générale, elles sont produites en deux couches, avec une couche inférieure plus brute et une couche supérieure plus fine. Lorsqu'elles sont fraîches, ces deux couches sont comprimées jusqu'à former une dalle compacte.

La couche inférieure:

- présente une composition de béton plus grossier;
- possède une teneur en ciment plus faible;
- n'est pas colorée dans la masse;
- assure une résistance et une indéformabilité suffisantes.

La couche supérieure:

- présente une composition de béton plus fin;
- possède une teneur en ciment plus élevée;
- est colorée dans la masse à l'aide de pigments inorganiques (si autre que gris);
- assure la stabilité de la teinte, la résistance à l'usure, au gel et aux sels de déverglaçage.

Exceptionnellement, des dalles sont encore comprimées en une couche, sans couche supérieure. Si l'on souhaite un produit coloré, le béton est alors coloré dans la masse. De manière générale, ce mode de production est moins propice à la stabilité de la teinte, à la résistance à l'usure et à la durabilité.



Figure 5.1 – Production de dalles de grand format comprimées

5.1.2 Production par coulage et compactage du béton

Les dalles préfabriquées en béton et une partie des dalles de grand format sont fabriquées en coulant puis en compactant le béton dans un moule. Le coulage du béton «en négatif» fait en sorte que la face supérieure de l'élément de béton se trouve contre le fond du coffrage. Cette manière de travailler offre un meilleur contrôle sur la finition. Les granulats peuvent par exemple être répartis à loisir sur la surface du coffrage. L'aspect visuel obtenu par cette technique peut être très différent de celui d'un béton traditionnel coulé «en positif».

Dans certains cas, la fabrication peut être réalisée en deux couches. Ce choix dépend entre autres des exigences esthétiques pour la surface.

Pour la réalisation en une couche ou de la couche inférieure d'une dalle en deux couches, un béton autocompactant peut éventuellement être utilisé. En combinaison avec un moule en acier, en plastique ou en bois, il en résulte des surfaces de béton joliment délimitées, droites et lisses. La plupart du temps, la surface de ces produits n'est plus traitée. Si le moule comporte un relief, un motif ligné, un effet ardoise, un logo, un dessin, etc., cela fait apparaître des structures décoratives sur la surface du béton.



Figure 5.2 – Dalles coulées en une couche



Figure 5.3 – Différents profils de surface possibles pour dalles coulées

5.2 Finition de surface

Les dalles en béton peuvent être valorisées par une finition de surface. Cela consiste à modifier l'aspect ou la texture de la couche supérieure par dénudage, grenailage, bouchardage, polissage, acidification, etc.

L'aspect dépendra du type de finition et de la composition du béton au niveau de la surface. Le traitement de finition permet de faire apparaître en surface les granulats utilisés et leur couleur spécifique.

L'ensemble de ces traitements, à l'exception du dénudage, nécessitent d'abord un durcissement suffisant de la surface et sont généralement réalisés dans une seconde phase de production. Le dénudage est, quant à lui, effectué pendant la production, à la surface du béton frais.

Le bouchardage et le grenailage permettent d'obtenir un effet vieilli.

L'utilisation de granulats naturels détermine en grande partie l'aspect d'une couche supérieure après le traitement de finition. Parmi les granulats naturels, on peut citer entre autres le basalte noir, le porphyre gris, le granite rouge ou jaune, le marbre brun et le quartz blanc. Outre les granulats naturels, d'autres granulats, synthétiques cette fois, peuvent aussi être utilisés pour créer des couleurs ou des effets de reflets spéciaux, comme les scories de cuivre, les scories alumineuses noires brillantes, le verre, les matériaux réfléchissants, etc.

Le nuçage est une forme particulière de coloration. Pour le réaliser, il faut travailler simultanément avec plusieurs compositions de béton coloré. Cela ne donne pas une teinte uniforme à la surface, mais crée de belles surfaces colorées nuçées à l'aspect presque parfait de pierre naturelle. Ce procédé de nuçage peut être utilisé en association avec d'autres traitements de finition comme le lavage, le grenailage, le vieillissement, etc.



Figure 5.4 – Coloration avec le procédé de nuçage

5.2.1 Finition non traitée

En production standard, la surface supérieure n'est pas traitée. Cela donne un aspect fermé et homogène.

La texture superficielle des pavés en béton peut être déterminée par la composition du béton et par le choix des granulats utilisés. La granularité et l'ajout ou non de fractions sableuses plus fines sont déterminants pour obtenir une structure étanche ou poreuse.

La couleur des couches supérieures non traitées est surtout déterminée par la couleur du ciment utilisé (blanc ou gris), par la couleur de la fraction sableuse fine inerte, des granulats et par les pigments inorganiques ajoutés. Les pigments inorganiques stables (généralement des oxydes de fer) garantissent une coloration durable.

La couleur et la texture de la couche supérieure peuvent changer au cours de son utilisation sous l'effet de l'abrasion mécanique et des conditions climatiques telles que le gel, les pluies acides, avec les sels de déverglaçage, etc. La peau de ciment à la surface va légèrement s'user, révélant ainsi la couleur du sable et des granulats utilisés à la surface.

L'impact des granulats les plus gros dans la couche supérieure est décisif sur le long terme. Dans le cas d'une surface non traitée, ils ne deviennent visibles qu'après la première abrasion. Il est dès lors important d'adapter la couleur des granulats à celle de la couche supérieure. Ainsi, cette couche conserve sa couleur d'origine, même après une utilisation de longue durée.

5.2.2 Dénudage

Le dénudage de la couche supérieure a pour but de faire apparaître les granulats plus gros à la surface. Ce traitement donne une surface présentant une densité élevée de petites pierres de mêmes dimensions, pour autant que la courbe de granularité ait été pensée dans cette optique.



Figure 5.5 – Surface de béton dénudée

Pour y parvenir, on élimine par rinçage la peau de ciment et la fraction sableuse la plus fine, afin de rendre visibles tous les granulats colorés utilisés. Il est possible de dénuder plus ou moins en profondeur afin de conférer à la surface une structure plus brute ou plus fine.



Figure 5.6 – Exemple de surface en béton dénudée grossière (avec du quartz 2-4 mm) et fine (avec du granite 1-2 mm)



Figure 5.7 – Comparaison entre une surface en béton non traitée (en bas) et dénudée (en haut)

5.2.3 Grenailage

La couche supérieure est ici rendue plus rugueuse en projetant sous pression des grenailles ou des billes d'acier inoxydable. Les granulats utilisés sont pour ainsi dire éclatés et la peau de ciment est éliminée. La surface devient ainsi plus mate qu'une surface non traitée.

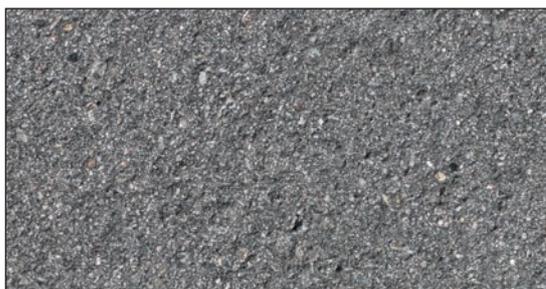


Figure 5.8 – Surface de béton grenillée

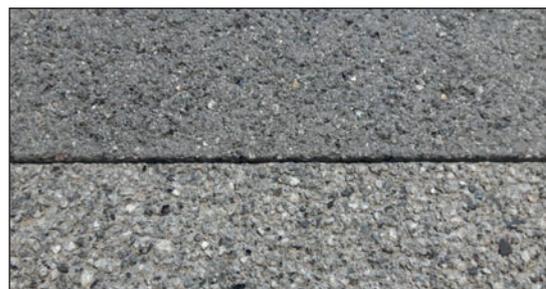


Figure 5.9 – Différences entre une surface en béton grenillée (en haut) et dénudée (en bas)

Dans ce cas également, il est possible de créer différentes profondeurs de texture en grenillant plus ou moins en profondeur. Il est même possible de réaliser des lignes ou des carrés, en ne grenillant que partiellement la surface.

5.2.4 Bouchardage

Dans le cas du bouchardage, l'aspect est déterminé par un traitement à l'aide de petits marteaux dotés de pointes en acier. Le bouchardage rend la texture irrégulière et est un traitement plus grossier que le grenillage pour rendre la surface plus rugueuse. Celle-ci devient également plus terne et plus mate qu'une surface grenillée. Les bords sont également plus endommagés après le bouchardage qu'après le grenillage, ce qui provoque un effet de vieillissement.



Figure 5.10 – Bouchardage de la surface

5.2.5 Polissage

Dans le cadre du polissage, la surface du béton durci est lissée sous eau avec du diamant ou du corindon jusqu'à obtenir une surface unie et lisse où les granulats de pierre naturelle sont totalement mis en valeur. Dans la pratique, des granulats plus tendres comme le calcaire ou le marbre sont aussi utilisés, car ils sont plus faciles à polir.

Plus la surface est polie finement, plus le résultat sera lisse et brillant. Il est possible de réaliser un polissage brillant, doux ou mat. Un polissage brillant peut rendre les surfaces très lisses. Il est important que la porosité des surfaces polies soit extrêmement faible. Cela nécessite un béton de composition adaptée.

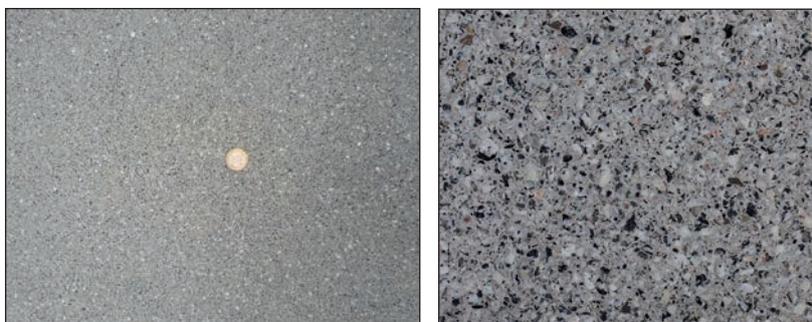


Figure 5.11 – Surface de béton polie

Le polissage peut aussi être combiné à d'autres traitements, comme le grenillage ou le bouchardage, pour obtenir des effets particuliers supplémentaires, mais également une surface plus rugueuse.



Figure 5.12 – Exemple de finition polie et grenillée: plus foncé = poli, plus clair = poli puis grenillé (il s'agit du même béton!)

5.2.6 Vieillessement «in-line»

Pour remplacer le tambourinage, il existe maintenant des solutions où le vieillissement se fait «in-line». La surface supérieure (y compris les bords) est endommagée à l'aide de clapets, de chaînes, de boules d'acier, de marteaux ronds, etc., pour obtenir un effet vieilli.



Figure 5.13 – Finition vieillie



Figure 5.14 – Comparaison entre une surface en béton non traitée (en bas) et vieillie (en haut)

5.2.7 Structure ouverte

Avec un béton de composition adaptée comportant uniquement des granulats 1/3 mm ou 2/5 mm, il est possible de créer une surface à structure ouverte. Cette structure superficielle possède de bonnes propriétés de réduction du bruit.

Associés à une couche inférieure à structure ouverte, ces produits peuvent également servir de revêtement routier perméable (§ 7.1). Dans ce dernier cas, il convient toutefois de tenir compte d'une résistance mécanique et d'une résistance à l'écaillage moins importantes en raison des cycles de gel/dégel couplés à l'utilisation de sels de déverglaçage.

5.2.8 Impression

L'impression consiste à apposer un motif dans le béton frais ou par un traitement de finition sur le béton durci. Dans le béton frais, l'impression consiste à placer un pochoir dans le moule ou sur le dameur.



Figure 5.16 – Exemple de dalles avec motif imprimé appliqué dans le moule

Sur le béton durci, il faut appliquer un traitement de finition. Par exemple, en fraisant des impressions dans la couche de finition, il est possible de créer des motifs complexes. Le grenailage ou le dénudage autour d'un pochoir permet également d'obtenir un béton imprimé.



Figure 5.17 – Impression par dénudage autour d'un pochoir

5.2.9 Brossage rotatif

Après le durcissement, la surface de la dalle est traitée à l'aide de brosses synthétiques rotatives. Les extrémités de ces brosses sont pourvues d'une couche dure en corindon et la surface est légèrement polie, ce qui élimine toute rugosité. Ce procédé de brossage est utilisé sur des surfaces non traitées standard et en tant que finition supplémentaire après le dénudage, le grenailage, le vieillissement, etc.



Figure 5.18 – Brossage de la surface en béton

5.2.10 Protection de la surface

La surface peut être protégée davantage contre l'absorption d'eau et les salissures externes en ajoutant un agent hydrofuge à la masse de béton frais ou en appliquant une imprégnation hydrofuge ou filmogène. Cette imprégnation est réalisée après le traitement de finition et consiste à pulvériser un produit lié à l'eau à base de silane ou de siloxane (imprégnation hydrofuge) ou d'acrylates (filmogène).

Le traitement a pour effet de repousser l'eau, la saleté et/ou l'huile, ce qui permet de garantir plus longtemps les propriétés particulières de la surface. Un autre avantage est que les dalles sont plus faciles à nettoyer après jointoiement.

5.2.11 Association avec d'autres matériaux

Sans pour autant effectuer un traitement de finition, il est possible de conférer à la surface d'une dalle un aspect particulier en associant le béton à d'autres matériaux tels que la tôle striée, la pierre naturelle ou le caoutchouc (collés ou ancrés dans le béton). On peut penser par exemple à la pose d'un profil en caoutchouc pour les dalles podotactiles ou l'application de plaques en acier sur la surface.



Figure 5.19 – Dalles podotactiles avec profil en caoutchouc

5.2.12 Dalles à symboles

Les dalles portant une lettre ou un symbole sont également une forme particulière d'éléments où deux matériaux sont utilisés. Elles sont fabriquées en plaçant un symbole en matière synthétique (souvent en PVC blanc) dans le béton. La célèbre dalle portant le P et le symbole représentant les personnes en fauteuil roulant en sont des exemples parlants. Une autre méthode consiste à créer le symbole dans un béton d'une autre couleur et à couler ensuite le reste du béton autour.



Figure 5.20 – Dalles à symboles



Figure 5.20 (suite) – Dalles à symboles

Chapitre 6

Exigences relatives au produit et contrôle

6.1 Normes produit

Les dalles de béton dont la longueur totale ne dépasse pas 1 m et d'un rapport longueur/épaisseur > 4 sont soumises à la norme européenne NBN EN 1339 [6]. Ces produits doivent porter le marquage CE pour pouvoir être commercialisés dans l'Union européenne. Dans le cadre de la révision de cette norme européenne, les dimensions pourraient être étendues à une longueur de 1,50 m, ce qui signifie que ces produits devraient également porter un marquage CE à l'avenir. Pour les dalles de grand format et les dalles préfabriquées en béton de grandes dimensions, il n'existe pas encore de normes à l'heure actuelle. Le présent chapitre fournit dès lors des recommandations concernant les exigences relatives au produit pour ces deux dernières catégories.

Le marquage CE pour les dalles relève totalement de la compétence du fabricant. Aucune intervention d'un organisme externe n'est requise.

Dans le cas des produits marqués CE, le fabricant doit établir ce que l'on appelle une déclaration des performances (*Declaration of Performance – DoP*). Les performances doivent être déclarées dans la DoP pour au moins l'une des caractéristiques essentielles définies à l'Annexe ZA de la norme européenne (EN) concernée. Pour les dalles destinées à des revêtements, la NBN EN 1339 mentionne 3 caractéristiques essentielles: la résistance à la traction et à la flexion, la résistance à la glissance/au dérapage et la durabilité.

Un produit portant le marquage CE peut être vendu librement dans l'Union européenne, mais le marquage CE n'est pas un label de qualité. Le label belge BENOR, géré par un organisme de certification indépendant, atteste de la conformité d'un produit avec une spécification de référence comme une norme ou une PTV et répond dès lors mieux aux attentes en termes de qualité des maîtres d'ouvrage belges.

En Belgique, il existe un label BENOR pour les dalles de béton (d'une longueur ≤ 1 m), suivant la norme belge NBN B 21-211 [7] qui complète à l'échelle nationale la norme européenne NBN EN 1339 relative aux dalles en béton. La norme NBN B21-211 transpose la norme NBN EN 1339 au contexte belge, classe les dalles en différents types, définit les dimensions standard, impose des classes minimum pour les caractéristiques et introduit des catégories d'applications. Le label BENOR pour les dalles de béton est géré par PROBETON (www.probeton.be).

Pour obtenir le certificat BENOR, le fabricant doit effectuer un autocontrôle industriel (ACI) sur sa production, conformément au règlement d'application. Cet ACI est surveillé au moyen d'un contrôle externe. Si le fabricant démontre ainsi qu'il peut garantir en permanence la conformité de son produit, un certificat lui est attribué et il peut apposer le label BENOR sur son produit. Avec la certification BENOR, la confiance dans la qualité du produit augmente considérablement.

6.2 Etiquette du produit

Une étiquette doit être apposée sur chaque unité de livraison, reprenant clairement l'identification du produit comme sur l'exemple ci-dessous:

 ¹ 05 ²	
Usine de produits en béton SA ³ Rue du clinker 4 - 9876 Bétonrue ⁴	
Type de produit: dallax ⁵ DoP: BF987654 ⁶	
EN 1339 ⁷ Dalles en béton ⁷	
Usage prévu ⁸	Revêtement de sol extérieur
Résistance ⁹	U
Résistance à la glissance/au dérapage ⁹	Satisfait
Durabilité ⁹	Satisfait
 ^a 211/YYY ^a	
III b : R - L - B - H - U - 4 ^b 05/01/2020 ^c + 7 ^d	

LEGENDE DE L'EXEMPLE

- (1) – Logo CE
- (2) – Les deux derniers chiffres de l'année au cours de laquelle le marquage CE a été apposé
- (3) – Identification du fabricant ou du siège de production (nom ou marque)
- (4) – Adresse enregistrée du fabricant
- (5) – Code d'identification unique lié au type de produit
- (6) – Numéro de référence de la déclaration des performances
- (7) – Référence à la norme harmonisée (le numéro d'identification de la norme suffit)
- (8) – Indication de l'usage visé (exemple)
- (9) – Performances au niveau des caractéristiques essentielles (exemples – le cas échéant par l'indication des catégories) en fonction de l'usage prévu
- (a) – Logo BENOR accompagné du numéro de produit et du numéro d'identification du siège de production (= numéro de licence BENOR)
- (b) – Identification de la catégorie d'application et des classes déclarées (exemple)
- (c) – Date de production (exemple)
- (d) – Complétée par l'âge en jours, auquel le fabricant déclare le produit conforme et utilisable (exemple)

Figure 6.1 – Exemple d'étiquette de produit sur un emballage avec marquage CE et label BENOR [14]

6.3 Exigences relatives au produit

6.3.1 Caractéristiques de forme – Ecart admissible

Les exigences performantielles pour les dalles de béton sont déterminées par classes auxquelles correspond un marquage défini. Les tableaux 6.1 à 6.5 et les exigences correspondantes portent sur les dalles jusqu'à 1 000 mm inclus, comme le prévoit la version actuelle de la norme NBN EN 1339. La norme européenne NBN EN 1339 introduit 3 classes pour les tolérances dimensionnelles admissibles. La norme belge NBN B 21-211 n'autorise que les classes 2 et 3.

Pour les dalles de plus grand format et les dalles préfabriquées (d'une dimension maximale supérieure à 1 000 mm), il s'agit, à défaut de normes existantes en la matière, de recommandations. Les tolérances admissibles ou recommandées pour les dimensions de fabrication déclarées par le fabricant sont reprises dans les tableaux 6.1 et 6.2.

Tolérances admissibles en mm	Dalles (longueur ≤ 600 mm)			Dalles de grand format (600 mm < longueur ≤ 1 000 mm)		
	1	2	3	1	2	3
Classe	1	2	3	1	2	3
Marquage	N	P	R	N	P	R
Longueur	+/-5	+/-2	+/-2	+/-5	+/-3	+/-2
Largeur	+/-5	+/-2	+/-2	+/-5	+/-3	+/-2
Epaisseur	+/-3	+/-3	+/-2	+/-3	+/-3	+/-2
Caractéristique essentielle CE (Annexe ZA de NBN EN 1339)?	non	non	non	non	non	non
Soumis au certificat BENOR (NBN B 21-211)?	non	oui <input type="checkbox"/> BENOR	oui <input type="checkbox"/> BENOR	non	oui <input type="checkbox"/> BENOR	oui <input type="checkbox"/> BENOR

Tableau 6.1 – Classes pour les tolérances dimensionnelles **admissibles** pour dalles selon la NBN EN 1339 (longueur ≤ 1 000 mm)

Tolérances admissibles en mm	Dalles de grand format (1 000 mm < longueur ≤ 1 500 mm)			Dalles préfabriquées en béton (longueur > 1 500 mm)		
	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 1	Classe 2	Classe 3
Longueur	+/-5	+/-3	+/-2	+/-3	+/-2	+/-1
Largeur	+/-5	+/-3	+/-2	+/-3	+/-2	+/-1
Epaisseur	+/-3	+/-3	+/-2	-1/+4	-1/+3	-1/+2

Tableau 6.2 – Classes pour les tolérances dimensionnelles **recommandées** pour dalles de grand format et dalles préfabriquées en béton d'une longueur > 1 000 mm

Si la longueur en diagonale est supérieure à 300 mm, écart maximal toléré entre la longueur des deux diagonales d'une dalle carrée correspond au tableau 6.3.

Classe	Marquage	Diagonale (mm)	Ecart maximal toléré (mm)	Caractéristique essentielle CE (Annexe ZA de NBN EN 1339)?	Soumis au certificat BENOR (NBN B 21-211)?
1	J	≤ 850 > 850	5 8	non	non
2	K	≤ 850 > 850	3 6	non	oui <input type="checkbox"/> BENOR
3	L	≤ 850 > 850	2 4	non	oui <input type="checkbox"/> BENOR

Tableau 6.3 – Ecart maximal toléré pour les diagonales (équerrage) selon la NBN EN 1339

Si la plus grande dimension d'une dalle est supérieure à 300 mm, les tolérances pour la planéité et la courbure d'une face supérieure qui est censée être plane correspondent au tableau 6.4. Les mesures de concavité et de convexité maximales sont effectuées selon les deux diagonales.

Si la concavité des dalles est supérieure à 1 mm, il convient de prévoir une pente suffisante pour éviter la stagnation de l'eau sur la dalle.

Longueur de la règle (mm)	Ecart maximal de convexité de la face supérieure	Ecart maximal de concavité de la face supérieure (mm)	Caractéristique essentielle CE (Annexe ZA de NBN EN 1339)?	Soumis au certificat BENOR (NBN B 21-211)?
300	1,5	1,0	non	oui** <input type="checkbox"/> BENOR <input type="checkbox"/>
400	2,0	1,5		
500	2,5	1,5		
800	4,0	2,5		
> 800*	4,0*	2,5*		

* = valeurs recommandées pour les dalles de grand format ou les dalles préfabriquées d'une longueur > 1 000 mm

** = pour les dalles d'une longueur ≤ 1 000 mm

Tableau 6.4 – Ecart tolérés pour la planéité et la courbure selon la NBN EN 1339

Les écarts de planéité des faces latérales au niveau des bords suivant la surface supérieure correspondent de préférence au tableau 6.5.

	Classe 1	Classe 2	Classe 3
Planéité des faces latérales	± 4 mm	± 3 mm	± 2 mm

Tableau 6.5 – Tolérances recommandées pour la planéité des faces latérales

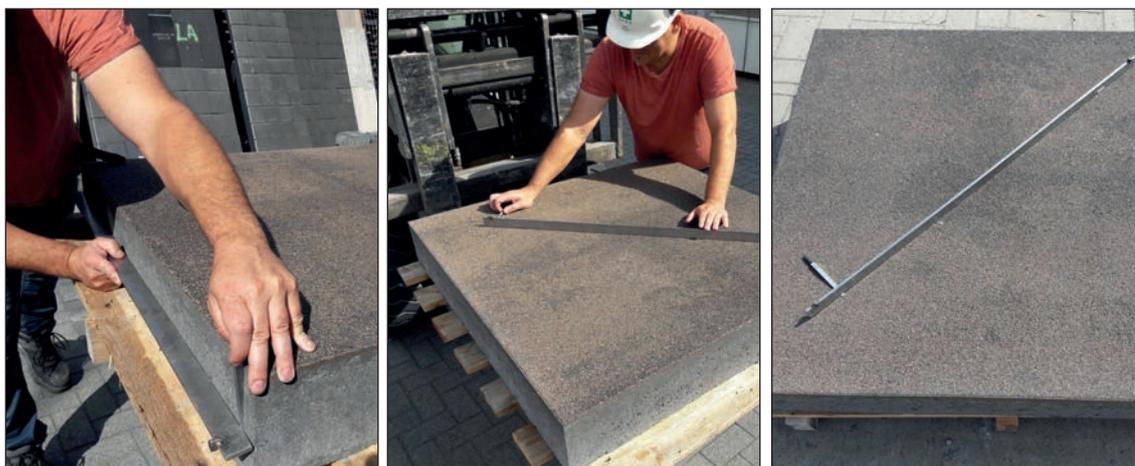


Figure 6.2 – Mesure de la planéité des faces supérieures et latérales d'une dalle de grand format

6.3.2 Caractéristiques physiques et mécaniques

Au moment où les dalles sont déclarées aptes à l'emploi par le fabricant, les dalles doivent répondre aux exigences ci-après. L'âge de livraison recommandé est de minimum 7 jours.

6.3.2.1 Résistance aux intempéries

L'absorption d'eau et la résistance au gel/dégel permettent de mesurer la durabilité de la résistance aux intempéries. Ces deux caractéristiques se rapportent à l'étanchéité et à la porosité des dalles de béton.

L'absorption d'eau est définie sur une éprouvette conservée à (20 ± 5) °C. Celle-ci est immergée jusqu'à atteindre une masse constante et placée ensuite dans une étuve (réglé à 105 °C) pour un séchage jusqu'à masse constante. La perte de masse s'exprime en pourcentage de la masse de l'éprouvette sèche. Plus l'absorption d'eau est importante, plus la dalle est poreuse.

Classe de résistance aux intempéries	Marquage	Absorption d'eau (% de la masse)	Caractéristique essentielle CE (Annexe ZA de la NBN EN 1339)?	Soumis au certificat BENOR (NBN B 21-211)?
1	A	Pas de mesure des performances	non	non
2	B	$\leq 6,0$	non	oui 

Tableau 6.6 – Classes d'absorption d'eau selon la NBN EN 1339

Dans des conditions particulières, comme un contact régulier de la surface avec des sels de déverglage associé à des cycles de gel/dégel, des exigences complémentaires peuvent être imposées. La résistance au gel/dégel en présence de sels de déverglage est alors définie selon l'Annexe D de la norme NBN EN 1339 sur une éprouvette sciée ou carottée.



Figure 6.3 – Epreuves pour déterminer la résistance au gel/dégel en présence de sels de déverglage selon l'Annexe D de la NBN EN 1339

Principe: l'éprouvette est préparée et ensuite soumise à 28 cycles de gel-dégel, alors que la surface de l'éprouvette est recouverte d'une solution de 3 % de NaCl. Le matériau qui s'écaille en surface est recueilli et pesé, et le résultat est exprimé en kilogrammes par mètre carré (= perte de masse).

Classe de résistance aux intempéries	Marquage	Perte de masse après essai de gel/dégel (kg/m ²)	Caractéristique essentielle CE (Annexe ZA de NBN EN 1339)?	Soumis au certificat BENOR (NBN B 21-211)?
3	D	≤ 1,0 pour la moyenne sans aucune valeur individuelle > 1,5	non	oui <input type="checkbox"/> BENOR

Tableau 6.7 – Résistance au gel/dégel en présence de sels de déverglaçage selon la NBN EN 1339

La norme belge NBN B 21-211 n'autorise que les classes 2 et 3 pour la résistance aux intempéries.

6.3.3 Résistance à la flexion et charge de rupture

La résistance à la flexion T est déterminée par un essai conformément à la méthode décrite à l'Annexe F de la norme NBN EN 1339.



Figure 6.4 – Essai pour déterminer la résistance à la flexion des dalles de grand format

Principe

La résistance à la flexion T en mégapascal (MPa) de la dalle testée est calculée selon l'équation suivante:

$$T = \frac{3 \times P \times L}{2 \times b \times t^2}$$

où

T = résistance en mégapascal;

P = charge de rupture, en Newton;

L = distance entre les rouleaux d'appui, en millimètres;

b = largeur de la dalle au niveau de la surface de rupture, en millimètres;

t = hauteur de la dalle au niveau de la surface de rupture, en millimètres

Aucun résultat individuel n'est inférieur à la résistance à la flexion minimale correspondant au tableau 6.8.

Classe	Marquage	Résistance à la flexion caractéristique ⁴ (MPa)	Résistance minimale à la flexion (MPa)	Caractéristique essentielle CE (Annexe ZA de la NBN EN 1339)?	Soumis au certificat BENOR (NBN B 21-211)?
1	S	3,5	2,8	oui CE	non
2	T	4,0	3,2		non
3	U	5,0	4,0		oui <input type="checkbox"/> BENOR <input type="checkbox"/>

Tableau 6.8 – Classes de résistance à la flexion selon la NBN EN 1339

Selon la norme NBN B 21-211, seule la classe 3 peut être utilisée. **Dans le cadre de ce code de bonne pratique, il est recommandé d'utiliser uniquement la classe de résistance 3.**

De plus, la charge de rupture minimale des produits doit correspondre aux valeurs mentionnées au tableau 6.9.

Numéro de la classe	Marquage	Charge de rupture caractéristique ⁴ kN	Charge de rupture minimale kN	Caractéristique essentielle CE (Annexe ZA de la NBN EN 1339)?	Soumis au certificat BENOR (NBN B 21-211)?
30	3	3,0	2,4	non	non
45	4	4,5	3,6	non	oui <input type="checkbox"/> BENOR <input type="checkbox"/> (épaisseur ≤ 60 mm)
70	7	7,0	5,6	non	oui <input type="checkbox"/> BENOR <input type="checkbox"/> (épaisseur ≤ 60 mm)
110	11	11,0	8,8	non	oui <input type="checkbox"/> BENOR <input type="checkbox"/>
140	14	14,0	11,2	non	oui <input type="checkbox"/> BENOR <input type="checkbox"/>
250	25	25,0	20,0	non	oui <input type="checkbox"/> BENOR <input type="checkbox"/>
300	30	30,0	24,0	non	oui <input type="checkbox"/> BENOR <input type="checkbox"/>

Tableau 6.9 – Classes de charge de rupture selon la NBN EN 1339

6.3.4 Résistance à l'abrasion

La résistance à l'abrasion est déterminée à l'aide de l'essai Capon (essai d'abrasion au disque large) ou, à défaut, de l'essai Böhme, respectivement décrits à l'Annexe G et H de la NBN EN 1339. L'essai Capon sert de référence.

Principe: l'essai consiste en l'abrasion de la face visible d'une dalle pendant 60 secondes à l'aide d'un disque et d'un abrasif (alumine fondue = corindon) dans des conditions normalisées. Après l'essai, la largeur de l'empreinte due à l'abrasion est mesurée. Plus le sillon est large, plus l'abrasion est importante.

⁴ Le calcul de la valeur caractéristique pour la résistance à la flexion et pour la charge de rupture est décrit à l'Annexe K de la norme NBN EN 1339 à partir du nombre d'éprouvettes testées (n) et de l'écart type sur les mesures (s).

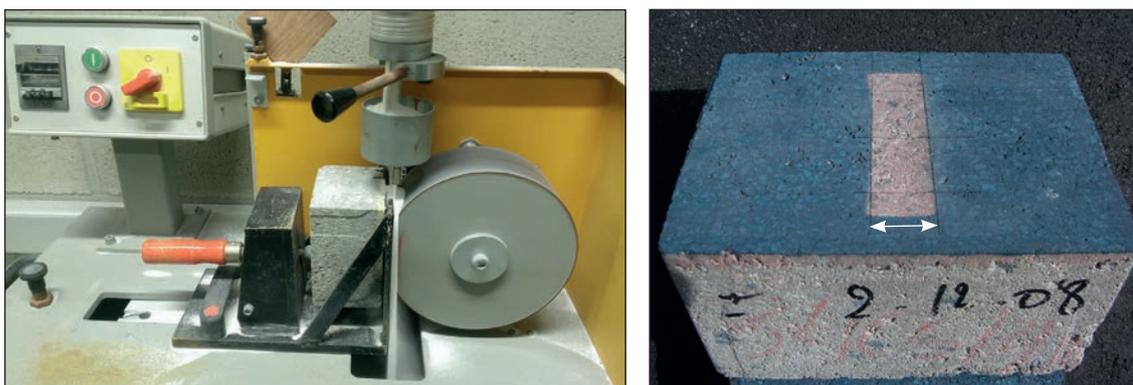


Figure 6.5 – Essai Capon pour déterminer la résistance à l'usure des dalles de béton selon la NBN EN 1339

Aucun résultat individuel n'est supérieur à la valeur exigée selon les classes indiquées au tableau 6.11.

Classe	Marquage	Exigence		Caractéristique essentielle CE (Annexe ZA de NBN EN 1339)?	Soumis au certificat BENOR (NBN B 21-211)?
		Essai Capon	Essai Böhme		
1	F	Aucune performance déterminée	Aucune performance déterminée	non	non
2	G	≤ 26 mm	≤ 26 000 mm ³ / 5 000 mm ²	non	oui <input type="checkbox"/> BENOR (uniquement essai Capon)
3	H	≤ 23 mm	≤ 20 000 mm ³ / 5 000 mm ²		
4	I	≤ 20 mm	≤ 18 000 mm ³ / 5 000 mm ²	non	

Tableau 6.11 – Classes de résistance à l'usure selon la NBN EN 1339

Selon la norme belge NBN B 21 211:2006, seules les classes 3 et 4 déterminées par l'essai Capon sont autorisées.

6.3.5 Résistance à la glissance ou au dérapage

Pour les dalles de béton et les dalles de grand format d'une longueur inférieure à 1 000 mm, la résistance à la glissance ou au dérapage est une caractéristique essentielle selon l'Annexe ZA de la norme NBN EN 1339 (CE), qui fait également partie de la certification BENOR basée sur la norme NBN B 21-211 (BENOR).

Les dalles de béton présentent une résistance suffisante à la glissance ou au dérapage si l'intégralité de leur face supérieure n'a pas été meulée et/ou polie pour obtenir une surface très lisse. Aucun essai supplémentaire n'est nécessaire pour ce critère.

Exceptionnellement, une valeur peut être exigée pour la résistance à la glissance ou au dérapage. Dans ce cas, la résistance à la glissance de la dalle non polie (USRV) est déterminée selon l'Annexe I de la norme NBN EN 1339 et/ou l'Annexe C de la CEN/TS 16165:2016 «Détermination de la résistance à la

glissance des surfaces piétonnières - Méthodes d'évaluation» [15]. Pour les dalles avec marquage CE, il convient également d'appliquer la méthode de l'Annexe I de la NBN EN 1339.

Principe de l'essai: le mesurage de l'USRV est réalisé sur éprouvette à l'aide du pendule de frottement (dispositif SRT). Le pendule de frottement comprend un patin en caoutchouc normalisé fixé de manière souple au bout d'un balancier. Le pendule est lâché au-dessus de la surface préalablement mouillée et on mesure la force de frottement entre le patin et la surface d'essai en lisant sur un cadran calibré la perte d'ampleur du balancement.



Figure 6.6 – Mesure de la résistance à la glissance ou au dérapage avec un dispositif SRT

La valeur minimale pour la résistance à la glissance ou au dérapage est déclarée par le fabricant.

Il convient ici de faire la distinction entre le risque de chute pour les piétons d'une part (*slip resistance*) et le risque de glissance des véhicules d'autre part (*skid resistance*) car, à l'exception des chaussures de sport, la matière des semelles de chaussures est plus dure que le caoutchouc des pneus de vélos ou de voitures. La norme NBN EN 13036-4:2011 [16] prévoit dès lors la possibilité d'effectuer les mesures avec deux semelles de caoutchouc différentes: la semelle en caoutchouc «CEN» plus souple (de type 57 avec une dureté DIDC entre 53 et 65 par 20 °C) est représentative de l'interaction de la surface avec un pneu et la semelle «4S» plus dure (*Standard Simulated Shoe Sole*, de type 96 avec une dureté entre 94 et 98) est représentative de semelles de chaussures.

La norme NBN EN 1339 prévoit uniquement l'essai avec le caoutchouc plus souple. Pour les zones piétonnières, une mesure complémentaire doit être effectuée avec le caoutchouc plus dur.

Pour limiter le risque de chute pour les piétons, une valeur SRT minimale de 35 est recommandée, selon les directives établies par le *UK Slip Resistance Group (UKSRG)* [17]:

Valeur SRT	Evaluation
≥ 36	Faible risque de chute
25-35	Risque de chute modéré
< 25	Risque de chute élevé

Tableau 6.12 – Valeurs limites relatives au risque de chute pour les piétons selon le UKSRG (mesurées avec une semelle 96)

En règle générale, en ce qui concerne le risque de glissance pour les vélos/motos/voitures, une valeur SRT minimale de 45 est appliquée comme valeur limite entre une résistance à la glissance acceptable et trop basse [18].

Cette valeur est également appliquée pour la rugosité minimale des marquages au sol dans les cahiers des charges types belges (par exemple le cahier des charges type flamand SB 250 au chapitre 10 § 2.3.4.5, tableaux 10.2.9 et 10.2.10 [13]).

6.3.6 Aspects visuels

Les aspects visuels ne sont pas essentiels au regard de l'Annexe ZA de la norme NBN EN 1339, mais ils sont repris dans la certification BENOR fondée sur la norme NBN B 21-211.

Conformément à la norme NBN EN 1339, pour contrôler les aspects visuels, les échantillons sont assemblés au sol sous forme d'un carré, et ce après avoir vérifié qu'aucune dalle ne présente de défaut d'adhérence.

Un observateur se place à la lumière naturelle, successivement à 2 m de distance de chaque côté du carré et enregistre chaque dalle qui présente des fissures ou de l'écaillage. La même méthode peut être appliquée pour les dalles de grand format et les dalles préfabriquées qui sortent du cadre de la norme, mais pour chaque élément séparément.

Aspect: la surface supérieure de la dalle en béton ne présente pas de défauts visibles tels que fissures, nids de gravier, épaufrure des bords, écaillage ou taches de rouille. Les taches de rouille dues à la présence de pyrite dans les matières premières peuvent être corrigées de manière qualitative selon les directives du fabricant, de sorte à les faire disparaître pour un observateur à une distance de 2 m.

Les efflorescences ne sont pas néfastes pour les performances à l'utilisation des dalles. L'efflorescence de chaux est un processus naturel qui peut se produire dans tous les produits en béton et les matériaux liés au ciment (§ 5.4 dans le code de bonne pratique du CRR R 80/09 [1]). Elle est comparable à l'efflorescence dans les maçonneries. Ce voile blanc n'a aucune influence sur la qualité du produit et disparaît progressivement au fil du temps (entre six mois et un an). La pluie et la mise en service du revêtement font disparaître ce phénomène plus rapidement. L'efflorescence peut éventuellement être éliminée plus rapidement en appliquant certaines solutions acides en respectant les directives du fabricant.

Texture: la texture des dalles de béton et dalles préfabriquées en béton est décrite par le fabricant. Des variations inévitables des propriétés des matières premières, ainsi que des variations de durcissement peuvent engendrer des différences de texture. La conformité quant à la présence ou non de différences de texture significatives doit être établie en comparaison avec des échantillons fournis par le fabricant et approuvés par l'acheteur. Dans ce cas, la texture doit être décrite à l'aide de la terminologie présentée au § 5.2 du présent code et à l'Annexe A de la PTV 21-601 «Eléments préfabriqués en béton architectonique» [20].

Couleur: des colorants peuvent être prévus, à la discrétion du fabricant, dans la couche de finition ou dans l'ensemble de l'élément en béton. Des variations inévitables dans le ton et les propriétés des matières premières, ainsi que des variations de durcissement peuvent engendrer des différences de couleur. La conformité quant à la présence ou non de différences de couleurs significatives doit être établie en comparaison avec des échantillons fournis par le fabricant et approuvés par l'acheteur.

Pour l'évaluation des variations de la couleur grise, le cahier des charges peut éventuellement renvoyer à la PTV 21-601 (par exemple aux §§ 4.3.2.3 et 5.3.3 [20]).

Bord: un bord décrit comme étant droit peut être biseauté ou arrondi. Les dimensions horizontales et verticales de ces biseautages ou arrondissements ne peuvent pas dépasser 2 mm.

Un bord biseauté de plus de 2 mm est un chanfrein. Ses dimensions sont déclarées par le fabricant.

Finition des bords: les grandes dalles préfabriquées peuvent être pourvues d'un encadrement en acier, par des cornières longeant les bords des dalles. L'encadrement en acier doit être composé de cornières de minimum 35 x 35 mm. La face supérieure de la cornière ne peut pas se trouver plus de 1 mm au-dessus et 3 mm en dessous de la surface en béton. Cette règle vaut également pour chaque point de la surface de béton qui se trouve à une distance de moins de 75 mm de chacun des bords de la dalle.

6.3.7 Durabilité

La durabilité se rapporte à la durabilité de la résistance mécanique et à la durabilité de la résistance à la glissance ou au dérapage et elle est une caractéristique essentielle selon l'Annexe ZA de la norme NBN EN 1339 (CE). Ce critère est également repris dans la certification BENOR basée sur la norme NBN B 21-211 (BENOR).

Lors de l'utilisation dans des conditions d'exposition normales, les dalles de béton conservent une résistance mécanique suffisante moyennant un entretien normal.

Avec un entretien normal et à moins qu'une grande partie des granulats qui s'usent de manière excessive se situent à la surface supérieure, les dalles de béton présentent, dans des conditions normales, une résistance à la glissance ou au dérapage suffisante pendant leur durée de vie.

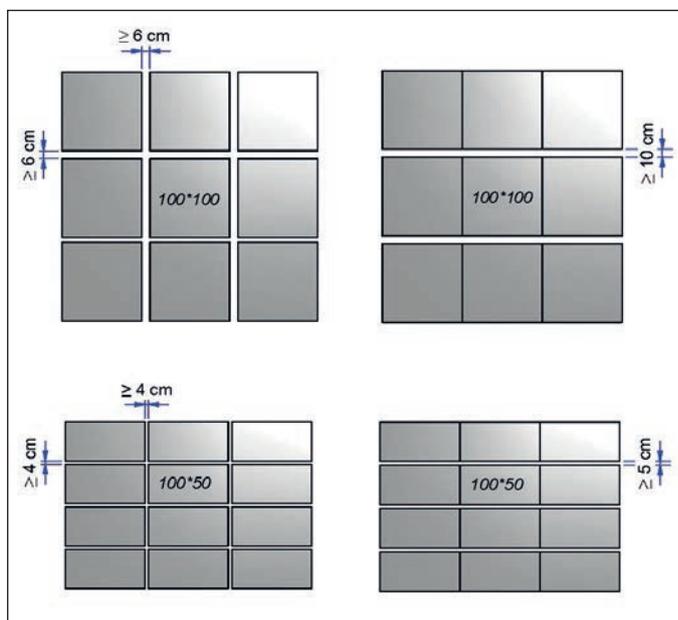


Chapitre 7

Applications spéciales

7.1 Applications perméables

Pour l'application de dalles de grand format et de dalles préfabriquées en béton comme revêtement perméable, les règles pour la conception et la réalisation sont en fait les mêmes que pour les pavages perméables classiques en pavés de béton (avec ouvertures de drainage ou joints élargis, ou en béton poreux) et en dalles-gazon en béton, où le choix des matériaux dans la structure doit toujours être basé sur un compromis entre la portance et la perméabilité. Pour plus de détails, nous vous renvoyons dès lors au chapitre 2 du Code de bonne pratique CRR R 80/09 [1].



Pour être considérés comme produits en béton perméable, les éléments doivent respecter la PTV 126 «Produits en béton pour pavages drainants» [21], selon laquelle un pourcentage minimum d'ouvertures (joints élargis et ouvertures de drainage) de 10 % est imposé pour l'appareillage visé ou, pour le cas d'éléments en béton poreux, une perméabilité minimale.

Pour les éléments plus grands qui n'entrent pas dans le cadre de la PTV 126 (longueur > 1 m) et/ou les dalles sans écarteurs, les mêmes règles de conception peuvent être appliquées. La surface totale du revêtement doit dans ce cas également contenir un minimum de 10 % d'ouvertures:

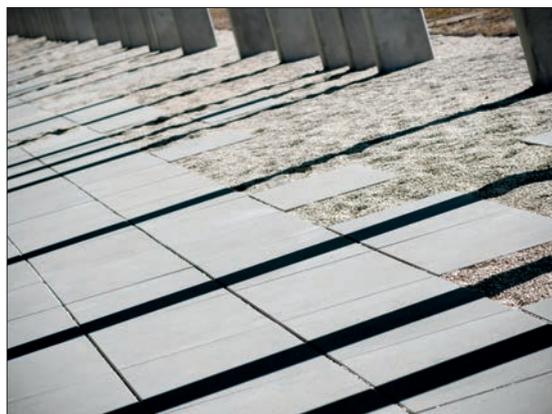


Figure 7.1 – Largeurs de joints à respecter pour un pourcentage de joint $\geq 10\%$ avec des dalles de grand format et exemples d'applications

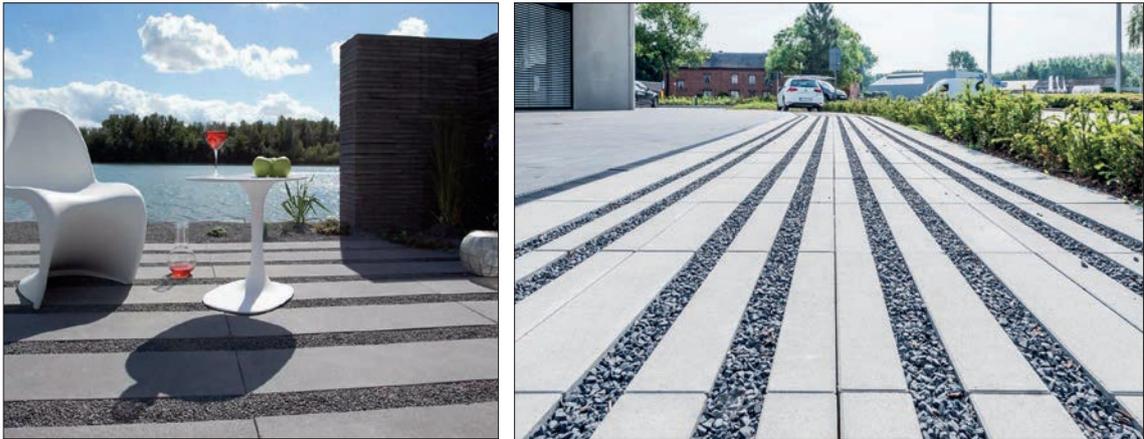


Figure 7.1 (suite) – Largeurs de joints à respecter pour un pourcentage de joint $\geq 10\%$ avec des dalles de grand format et exemples d'applications

Les nouvelles conceptions avec des plus grands formats et des formes spéciales de produits de béton pour le pavage drainant permettent d'apporter des accents particuliers en termes de forme, de couleur, de fonctionnalité, etc.

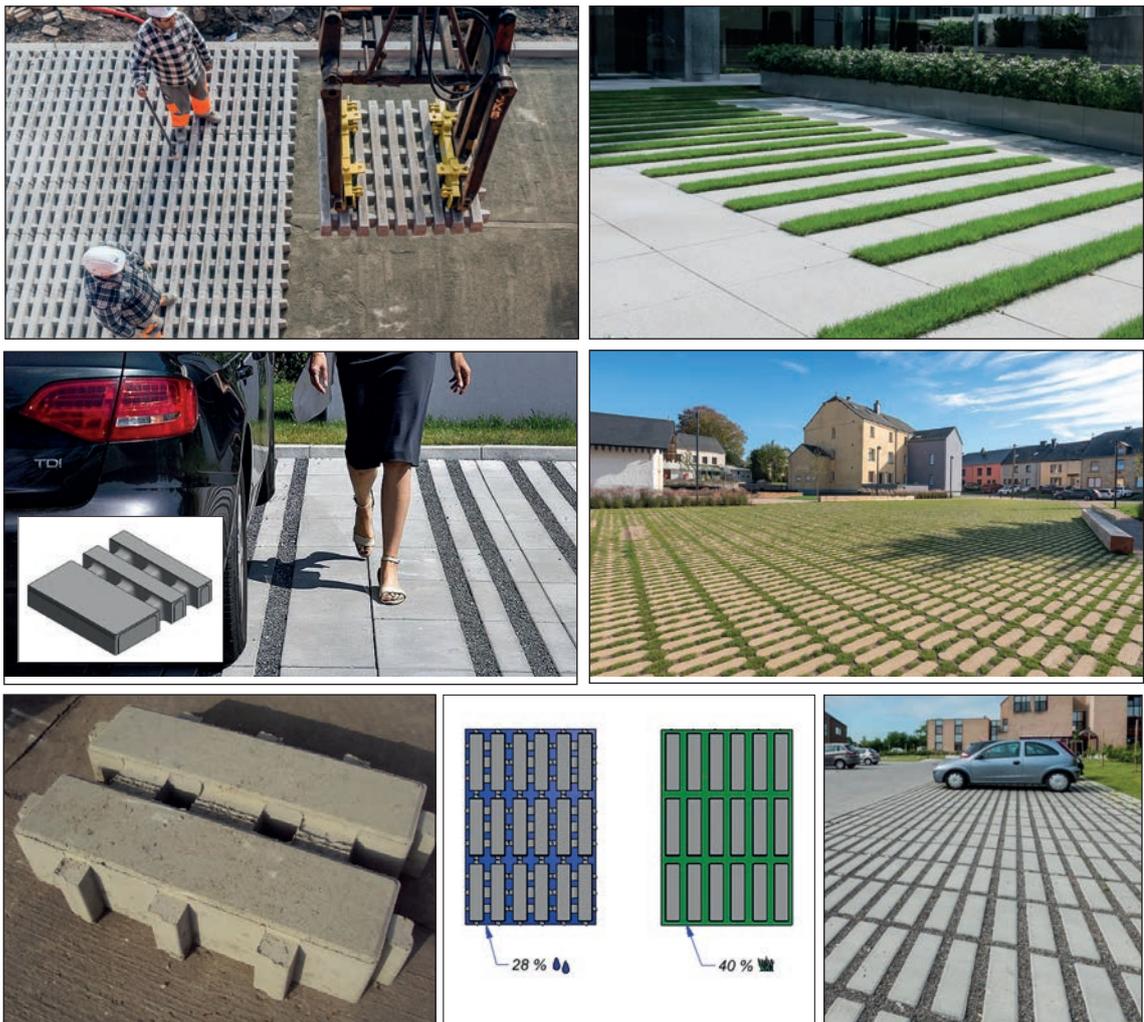


Figure 7.2 – Nouvelles conceptions avec dalles de grand format et produits de béton spéciaux pour les applications drainantes

Pour limiter le risque en cas de trafic lourd (catégorie 1 et 2), il est également possible de réaliser des «revêtements réservoirs» avec des dalles de grand format. Au lieu de s'infiltrer à travers le revêtement, l'eau de surface est évacuée par un caniveau qui est directement raccordé à la sous-fondation (via un système de drainage) pour y être stockée. Dans ce cas de figure, la fondation ne doit pas nécessairement être perméable, mais la sous-fondation doit permettre un volume de stockage suffisant (empierrement avec une porosité et une aptitude au compactage suffisantes). Il est également recommandé de poser un géotextile perméable pour éviter la pollution de ce réservoir. L'ensemble du système peut même être raccordé à un séparateur d'hydrocarbures et de boue pour purifier l'eau de pluie évacuée et éventuellement la réutiliser sur place.



Figure 7.3 – Exemple d'un «revêtement réservoir» en dalles préfabriquées en béton permettant l'évacuation de l'eau de surface vers et le stockage dans la sous-fondation

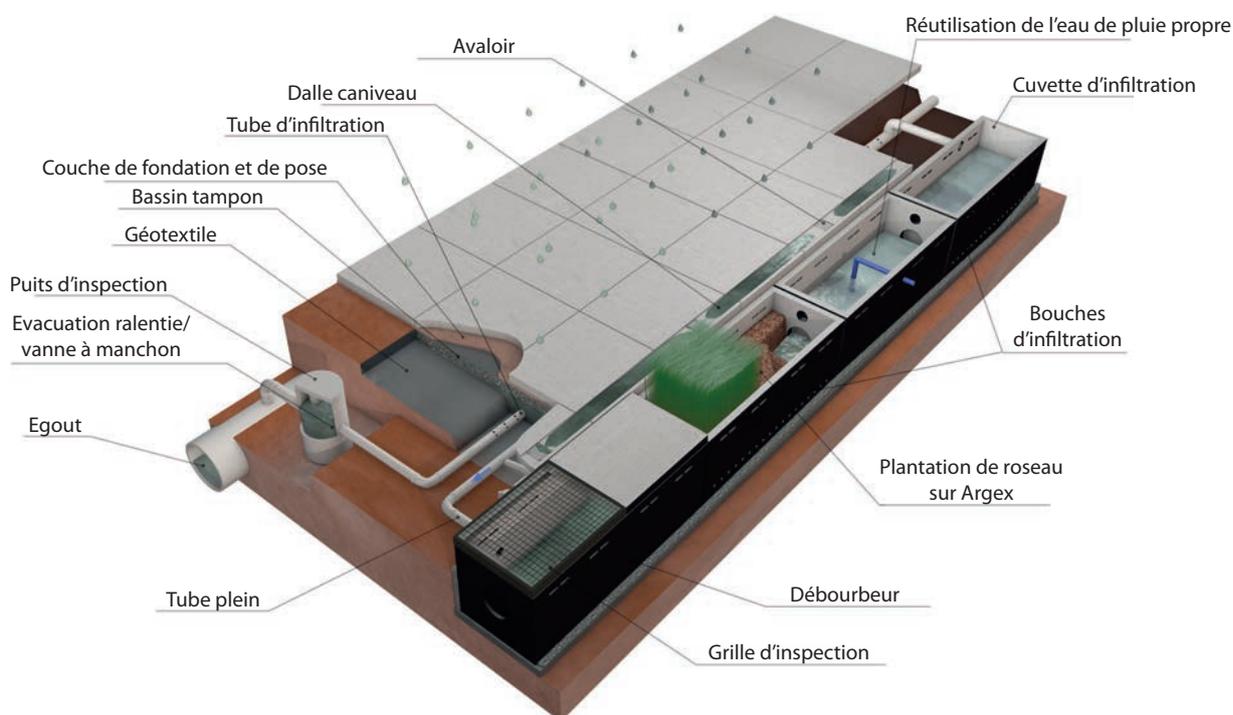


Figure 7.4 – Exemple de système d'évacuation intégré aux dalles préfabriquées en béton avec déboureur et séparateur d'hydrocarbures et possibilité de réutiliser l'eau de pluie et/ou de l'évacuer en différé vers les égouts publics

7.2 Revêtements sur toiture

7.2.1 Généralités

Les éléments de béton préfabriqués, dans le cas présent, les dalles de grand format et les dalles préfabriquées en béton, sont de plus en plus utilisés en toiture pour réaliser des zones piétonnes ou des toitures-parkings. Outre la possibilité de profiter de la surface du toit comme espace de vie ou de circulation, ces dalles offrent en plus quelques avantages intéressants par rapport aux constructions de toit classiques:

- elles permettent de lester la toiture. Par rapport au lest en gravier, elles offrent une meilleure répartition du poids et restent en place de manière stable, même en cas de forte contrainte venteuse;
- elles peuvent donner une couleur claire au toit, ce qui permet de renvoyer la lumière du soleil au lieu de l'absorber. Cela réduit, entre autres, le réchauffement urbain (*Urban Heat Island Effect*) et diminue le réchauffement des matériaux de revêtement de toit sous-jacents, ce qui favorise la durabilité et la durée de vie de ces derniers;
- elles constituent une surface antidérapante et esthétique.

Pour les principes généraux de la structure de la toiture, nous vous renvoyons aux Prescriptions techniques n° 253 du CSTC «Les toitures-parkings. 1re partie, sollicitations, principes de conception et composition» [22]. La pose des dalles de grand format ou des dalles préfabriquées en béton peut se faire soit sur des plots, soit sur une couche de pose classique. L'utilisation de plots convient uniquement pour une charge de trafic limitée.

7.2.2 Réalisation sur plots pour dalles

Ce système est surtout utilisé pour les dalles de grand format et peut être appliqué sur des toitures inversées comme sur des toitures chaudes. Dans le premier cas, la pose s'effectue directement sur l'isolation. Dans le deuxième cas, la pose peut être réalisée directement sur la couche d'étanchéité (éventuellement avec une couche intermédiaire) ou sur une couche de protection (la plupart du temps en asphalte coulé). Etant donné les joints entre les dalles et les espaces créés par les plots, l'eau de pluie est évacuée par la surface du toit, ce qui évite de devoir prévoir une pente au niveau de la surface du revêtement.

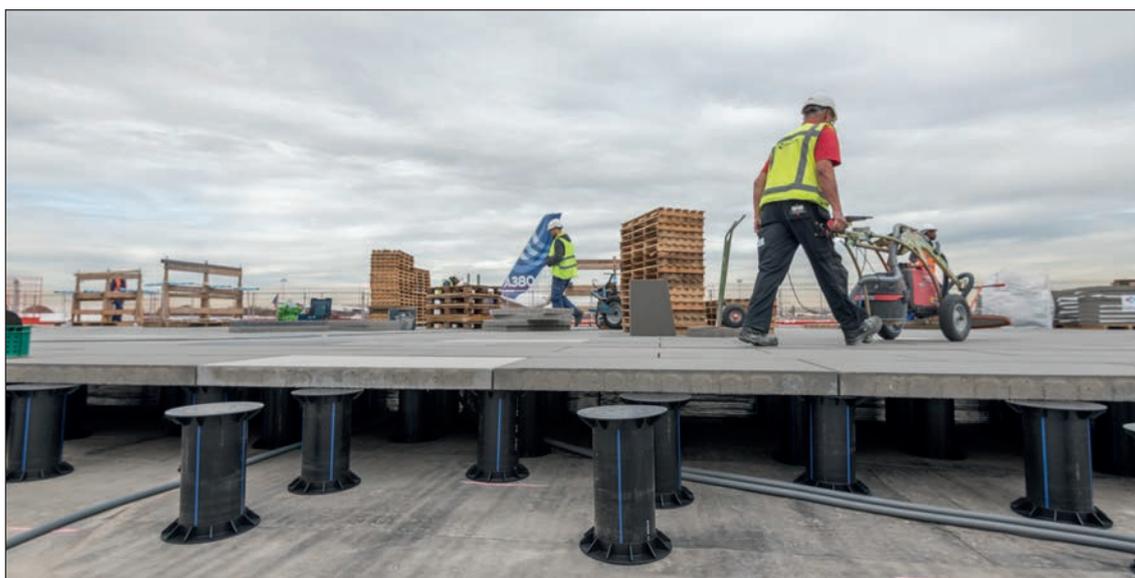


Figure 7.5 – Pose de dalle sur plots

Pour mieux répartir les contraintes horizontales, certains systèmes de toiture-parking sont dotés d'un système de serrage qui relie les dalles entre elles après la pose et induit une contrainte par vissage.

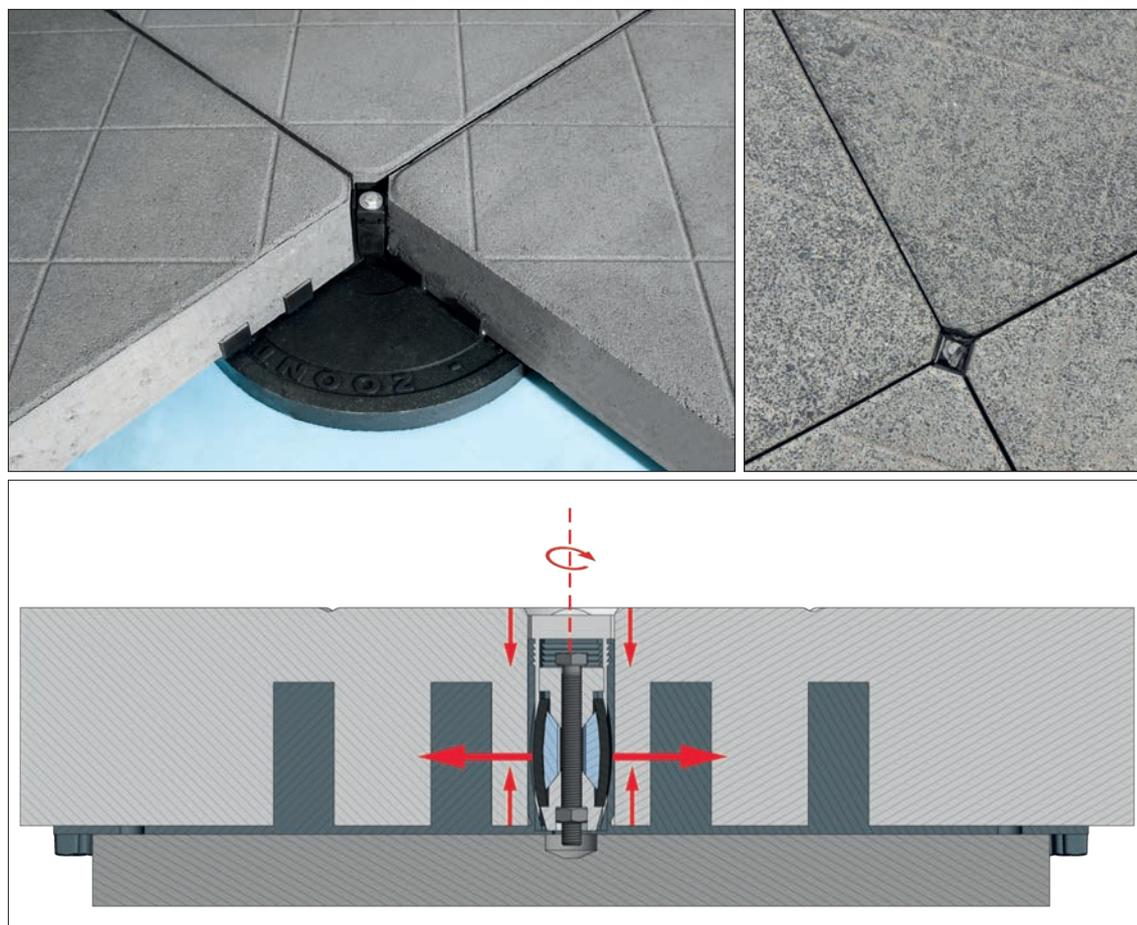


Figure 7.6 – Exemple de système de serrage pour dalles de grand format pour toitures-parkings

Les contraintes d'utilisation verticales sont transférées par les dalles de grand format ou les dalles préfabriquées en béton aux plots et sont ainsi transmises de manière concentrée vers les couches inférieures. Pour cette raison, le nombre de matériaux d'isolation qui peuvent être utilisés avec ce système est plutôt limité: polystyrène extrudé (XPS), verre cellulaire ou éventuellement mortier isolant sur les toitures chaudes. Il faut toujours contrôler au préalable si la résistance à la compression du matériau isolant est suffisante pour la charge attendue.

Pour les aspects relatifs à la pose, nous vous renvoyons au chapitre 4, § 4.2.2. Les différents composants du système (dalles, plots, écarteurs, etc.) doivent correspondre les uns aux autres.

Les avantages du système sur plots sont les suivants:

- il peut être monté rapidement et directement mis en service;
- la mise en oeuvre est possible sans machines lourdes;
- il peut aisément être remplacé ou réparé;
- le système d'étanchéité du toit reste accessible pour d'éventuels travaux de réfection;
- il permet une certaine répartition horizontale des contraintes;
- il évite la formation de flaques sur la couche de roulement; l'eau est évacuée au niveau de la couche d'étanchéité du toit.

Inconvénients et points importants:

- il nécessite une hauteur assez importante;
- la répartition des contraintes reste limitée en raison de la concentration au niveau des plots;
- il est sensible aux écarts de planéité du support (risque de claquement);
- l'espace sous les dalles peut parfois requérir un entretien.

7.2.3 Réalisation sur couche de pose

La réalisation sur couche de pose sur une toiture se déroule dans les grandes lignes de la même manière qu'une chaussée classique. Dans ce cas de figure également, il est important que la couche de pose ait une épaisseur uniforme. Le profil adéquat de la surface du toit (planéité, pente d'évacuation de l'eau) doit dès lors être réalisé dans la structure même de la toiture (support, forme de pente, isolation thermique ou couche de protection).

La surface de la dalle doit également être placée en pente étant donné que l'eau de pluie est principalement évacuée au niveau de la surface du revêtement. De plus, pour éliminer l'eau infiltrée, il est recommandé d'utiliser un matériau poreux pour la couche de pose (p. ex. un empierrement fin 2/6,3).

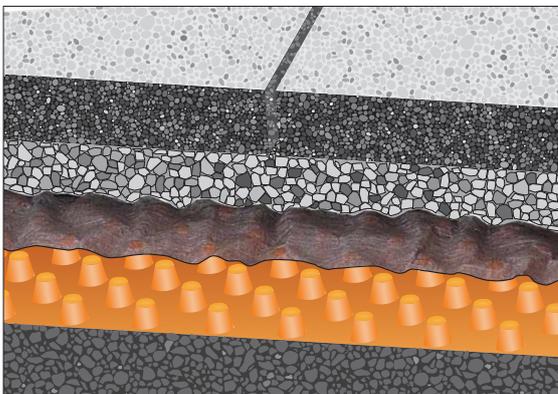
La couche de pose ne doit jamais être placée directement sur la couche d'étanchéité du toit, mais toujours sur une couche de protection et éventuellement de filtration. Un géocomposite constitué d'une membrane nopée drainante et d'une membrane de filtration (géotextile non tissé) constitue une bonne solution.



Figure 7.7 – Exemple d'une réalisation sur couche de pose en empierrement 2/6,3



Figure 7.8 – Exemples d'applications d'une couche de protection composée d'une membrane nopée drainante et d'une membrane de filtration



La transition entre les zones avec une pose sur plots d'une part et une réalisation sur couche de pose d'autre part doit être réalisée consciencieusement, par exemple en posant un profil en L perforé.

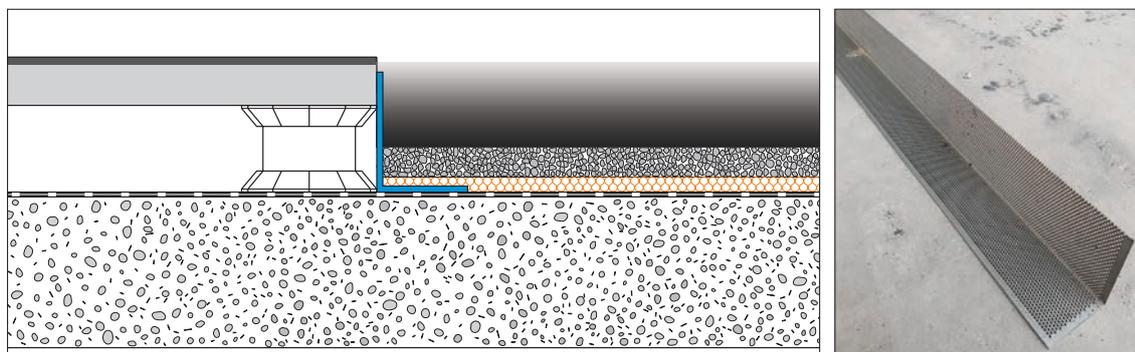


Figure 7.9 – Raccord entre les dalles de grand format posées sur des plots et celles sur couche de pose à l'aide d'un profil en L en acier perforé

7.3 Formes spéciales

Aujourd'hui, le travail sur mesure et la créativité dans la production des produits préfabriqués en béton permettent de très nombreuses variantes et applications spéciales sans mettre en péril la stabilité. Voici quelques exemples à titre d'illustration ainsi qu'un résumé des formes spéciales couramment utilisées.

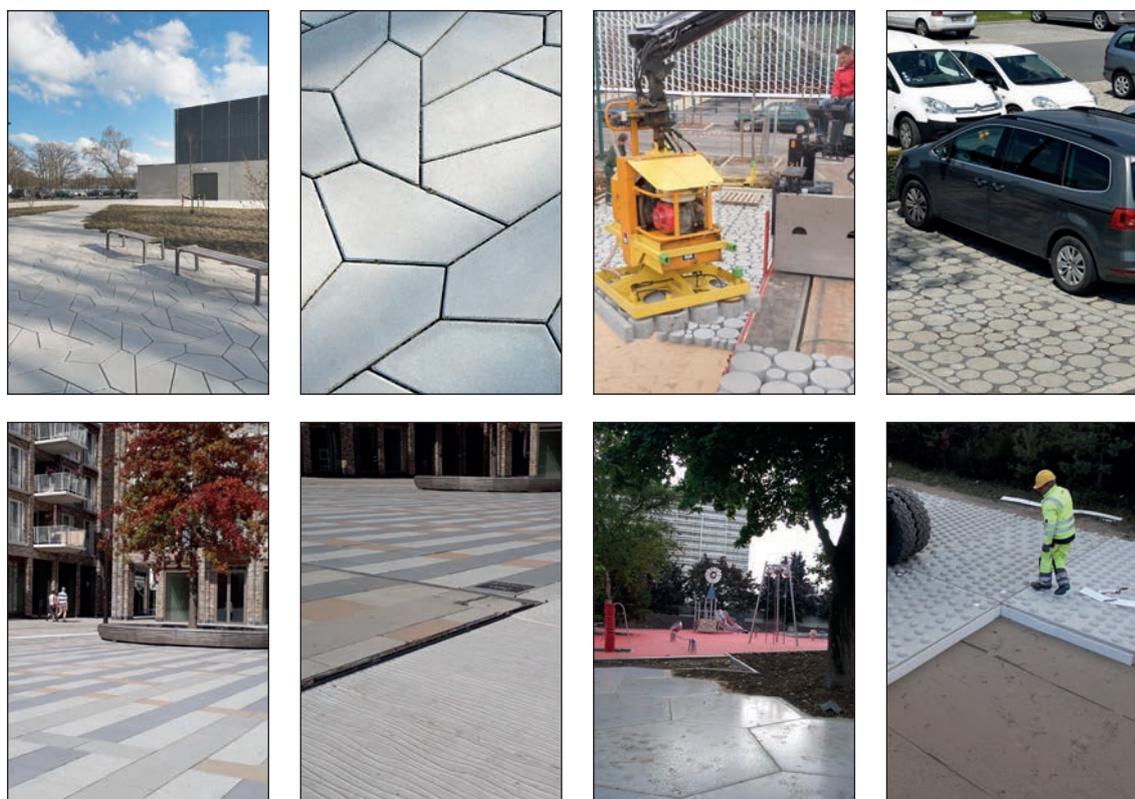


Figure 7.10 – Quelques exemples de formes et/ou d'applications spécifiques avec des dalles de grand format et des dalles préfabriquées en béton

Dalles pour arbres

Les ouvertures arrondies ou carrées pour les arbres ou les buissons peuvent être réalisées à partir de cavités ou de formes spéciales.

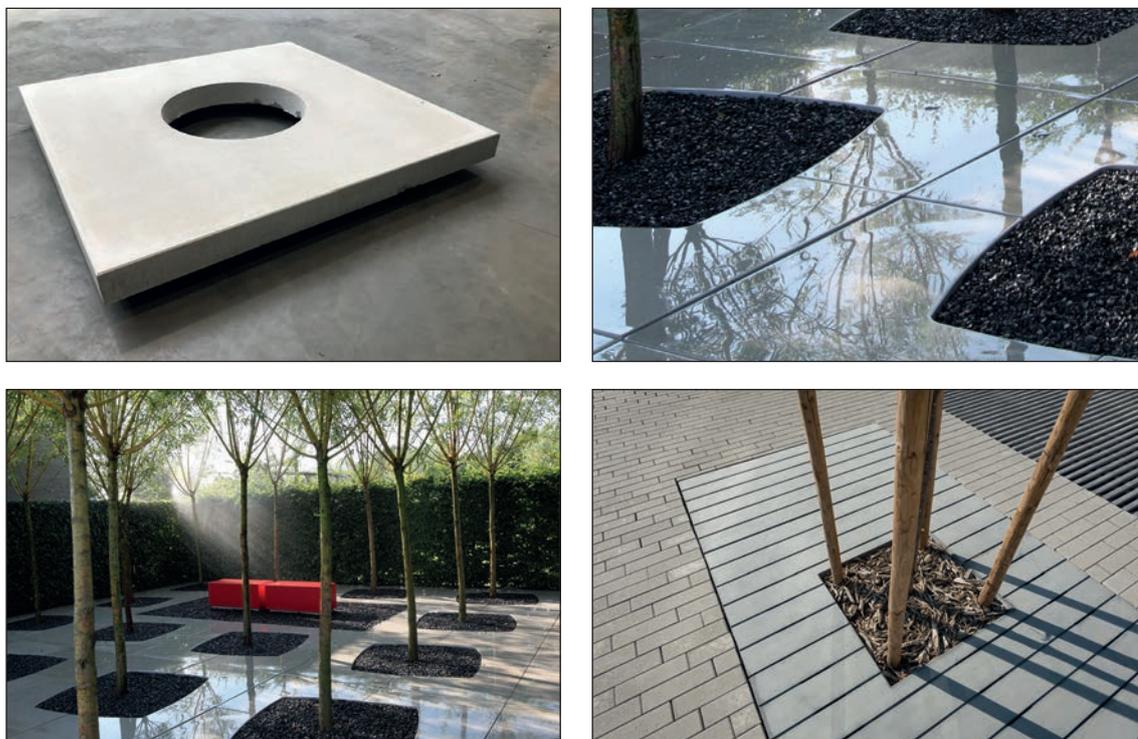


Figure 7.11 – Exemples de «dalles pour arbres»

Dalles caniveaux

Un caniveau peut être intégré à la dalle pour l'évacuation de l'eau. Celui-ci peut être placé sur le côté de la dalle en béton ou au milieu de la dalle et être pourvu ou non d'une plaque de finition pour permettre le trafic lourd. Dans les deux cas, ces «dalles caniveaux» reposent sur la même fondation et couche de pose que le reste des dalles, ce qui signifie que les tassements variables sont exclus ou du moins minimalisés.

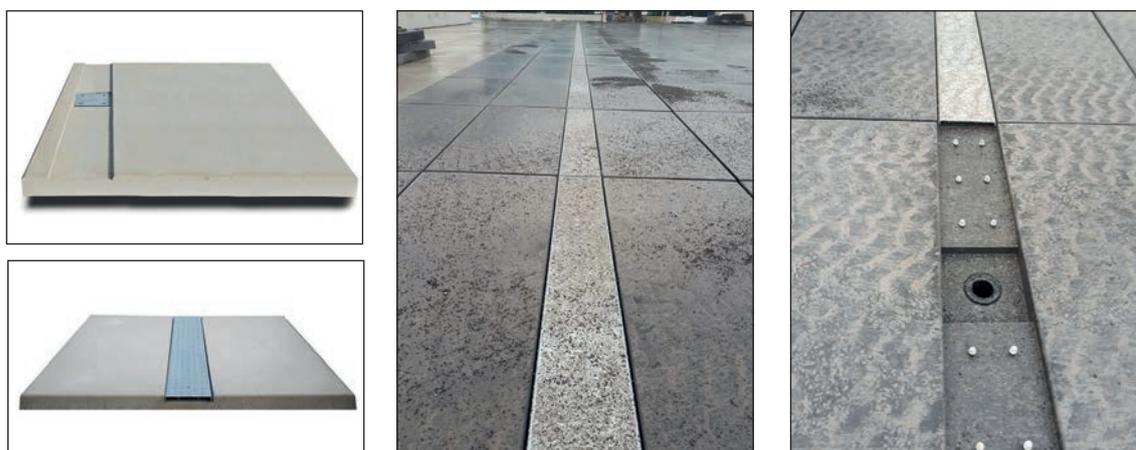


Figure 7.12 – Exemples de «dalles caniveaux»

Dalles double pente

Il existe en outre des dalles préfabriquées à double pente. Celles-ci offrent une solution en cas de double pente sans devoir être sciées pour compenser les différences de hauteur entre les dalles. L'avantage est que le dessous de ces dalles est plat et qu'elles peuvent dès lors être posées aisément.

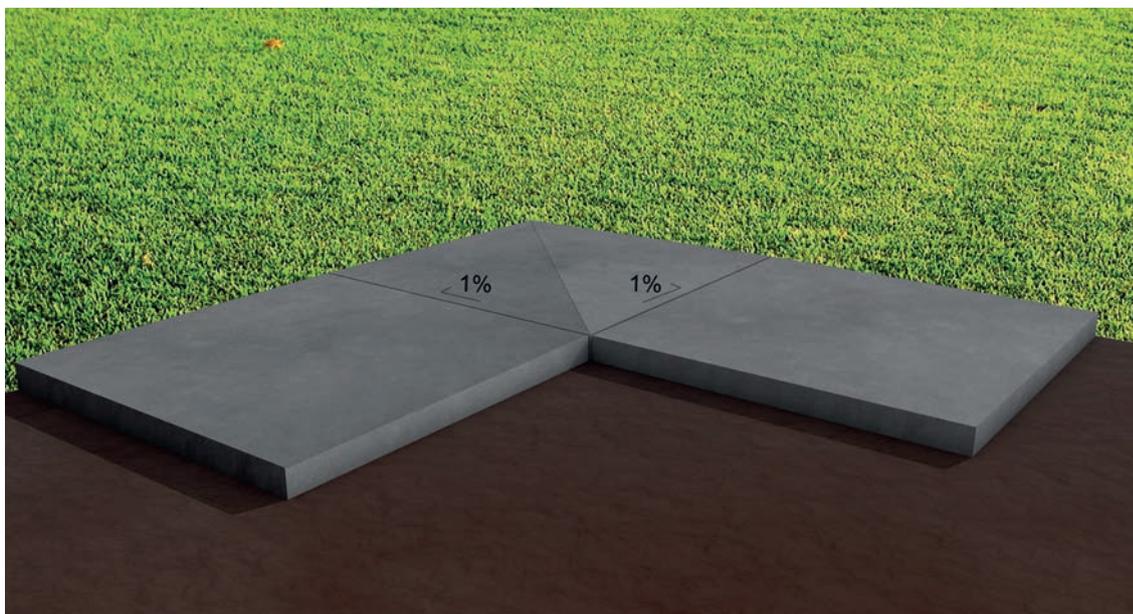


Figure 7.13 – Exemples de «dalles double pente»

7.4 Applications non horizontales

D'autres applications spéciales qui ont déjà été réalisées avec des dalles de grand format concernent par exemple des soutènements, talus de ponts, façades, etc.

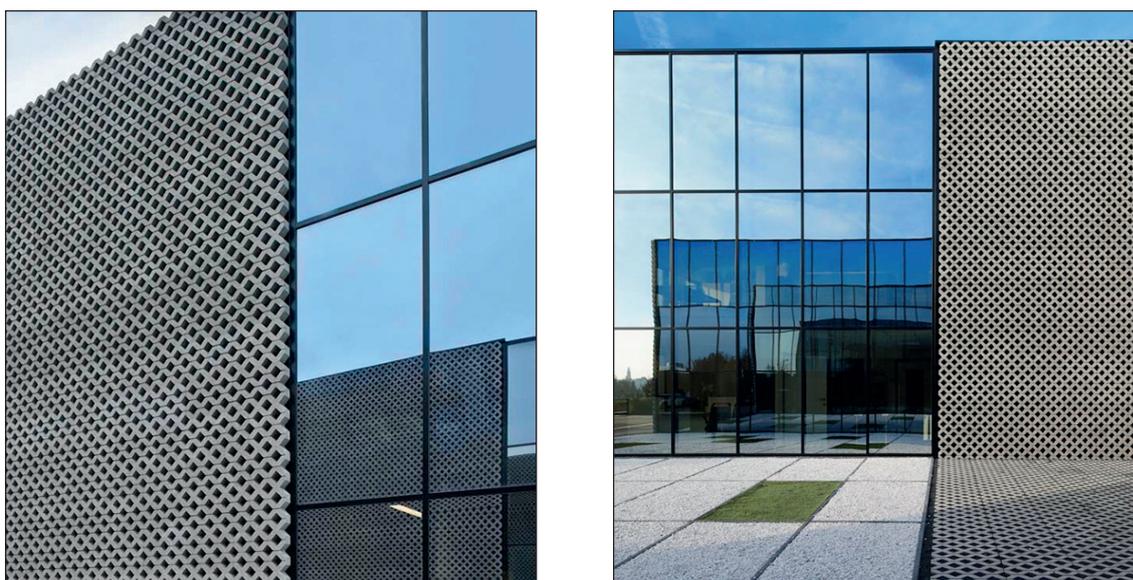


Figure 7.14 – Applications non horizontales

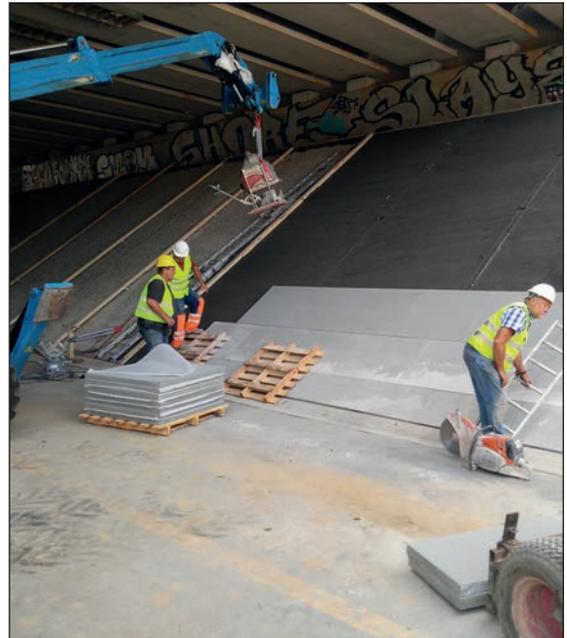
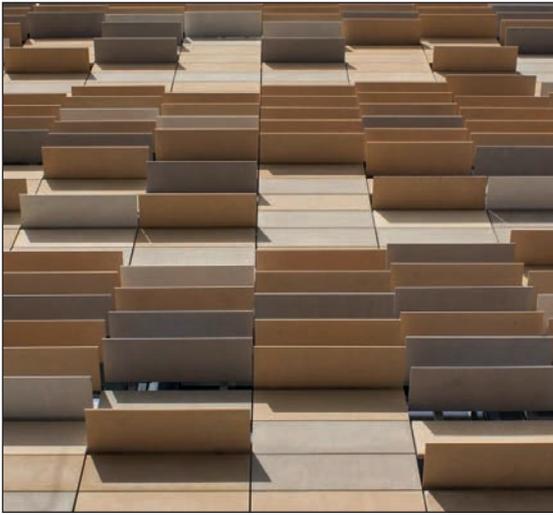


Figure 7.14 (suite) – *Applications non horizontales*

Chapitre 8

Entretien

8.1. Généralités

Les revêtements réalisés en dalles de grand format et en dalles préfabriquées en béton présentent une longue durée de vie lorsqu'elles sont conçues et mises en œuvre selon les règles de l'art décrites ci-avant, et lorsque des matériaux de qualité sont utilisés pour la structure. La durabilité est principalement déterminée par la stabilité des différentes couches de la structure, par une perméabilité suffisante et par la qualité du matériau de couche de pose et des joints. Tout comme pour les autres revêtements de chaussées, la surface du revêtement doit être entretenue et inspectée régulièrement pour éviter toute dégradation précoce. Une attention particulière doit être portée à l'état des joints et à leur scellement. Si les joints ne sont pas suffisamment remplis, il faut corriger la situation au plus vite avec le matériau adéquat.



Figure 8.1 – Inspection régulière de l'état des joints

8.2 Gestion des mauvaises herbes

8.2.1. Influence du format sur le développement des mauvaises herbes

Le fait d'opter pour des formats plus grands a en principe un effet positif sur la croissance des mauvaises herbes: il y a moins de joints au m². Dans ces joints moins nombreux, les mauvaises herbes vont toutefois encore pouvoir pousser. Une conception de qualité et un choix judicieux de matériau peut néanmoins réduire la présence des mauvaises herbes. Une structure entièrement perméable (y compris au niveau du scellement des joints et de la couche de pose) offre des avantages évidents concernant la croissance des mauvaises herbes, contrairement à une structure fermée classique. En effet, l'eau ne stagne pas dans le joint et les mauvaises herbes pousseront alors moins vite. Il est dès lors très important, également pour la gestion des mauvaises herbes, que la structure tout entière soit suffisamment perméable.

Pour de plus amples détails, nous vous renvoyons au Code de bonne pratique CRR R 84 «Code de bonne pratique pour la gestion et la maîtrise des mauvaises herbes sur les revêtements modulaires par voie non chimique» [23].

8.2.2. Points importants lors de la conception

Il s'agit tout d'abord de limiter au maximum le risque de croissance de mauvaises herbes pour éviter les problèmes à l'avenir. Ainsi, la première manière, et peut-être la meilleure, de lutter contre les mauvaises herbes est une utilisation intensive des revêtements par les piétons et/ou le trafic. Le revêtement doit donc bien correspondre à l'usage qui en est attendu, car l'intensité de l'utilisation sera également déterminante pour la croissance de mauvaises herbes à laquelle on peut s'attendre à un endroit déterminé. La gestion des mauvaises herbes sera donc surtout importante pour les revêtements des catégories de trafic 4 et 5 (tableau 2.1, p. 4).

Ensuite, il faut éviter autant que possible que les joints soient salis par des matières organiques (terre, feuilles mortes, etc.), car il s'agit du terreau idéal pour l'apparition de mauvaises herbes sur le revêtement. A cet égard, les espaces verts adjacents ou un environnement boisé comportent également un risque accru de développement des mauvaises herbes, qu'il est possible de contrer en utilisant un scellement de joint adéquat, en séparant correctement l'espace vert et le revêtement, en le brossant et en rejoignant régulièrement, etc.



Figure 8.2 – Séparation adéquate entre l'espace de plantation et le revêtement

Enfin, lors de la conception du revêtement il y a lieu de penser à la gestion des mauvaises herbes et de prévoir un passage aisé de machines destinées au désherbage non chimique. Il faut par exemple tenir compte de la largeur de travail des machines (généralement 1,2-1,6 m) et de la distance minimale entre les obstacles, et prévoir le moins possible d'obstacles ou des obstacles démontables, etc.



Figure 8.3 – Conception compatible avec la future gestion des mauvaises herbes grâce à des obstacles démontables et/ou une distance suffisante entre ceux-ci

Une autre solution est naturellement d'opter pour un aspect plus vert avec l'application de joints remplis de gazon, ou l'intégration de bandes de verdure dans le revêtement, où l'on ne tolérera pas davantage la croissance de la moindre mauvaise herbe.



Figure 8.4 – Choix réfléchi d'un aspect plus «vert» du revêtement

8.2.3 Choix des joints et de la couche de pose

Pour une application dans des lieux où le risque de croissance de mauvaises herbes est élevé (environnement boisé, utilisation peu intensive et larges joints), cela peut être pris en compte dans le choix du type de joint et/ou de couche de pose.

Si les règles relatives à la couche de pose sont respectées et que le choix se porte sur une couche de pose ouverte (granulat grossier d/D où $d > 0$, p. ex. un empiècement 1/3, 2/4 ou 2/6,3) ou sur une couche de pose contenant une quantité limitée de fines, les mauvaises herbes vont moins vite se développer que sur une couche de pose plus fermée.



Couche de pose fermée (calcaire 0/6,3)

Couche de pose ouverte (porphyre 2/6,3)

Figure 8.5 – Effet du matériau de la couche de pose sur la croissance des mauvaises herbes

Lors du choix du produit de scellement des joints, il convient de tenir compte de la largeur des joints. Les joints étroits (largeur de joint ≤ 5 mm) doivent être remplis de sable 0/1 ou 0/2, avec une fraction fine limitée. La limitation du taux de fines à un maximum de 4 ou même 3 % a également pour effet de ralentir la croissance des mauvaises herbes.

Pour des joints plus larges (≥ 5 mm) et pour des ouvertures aux endroits où le risque de croissance de mauvaises herbes est plus élevé, il est possible d'appliquer des produits de scellement de joint plus innovants comme le sable grossier enrichi en sel 0/4 ou le sable lié avec du polymère ou de la résine époxy pour combattre les mauvaises herbes dans les joints larges. Les connaissances au sujet de l'applicabilité et la durabilité de ces matériaux innovants dans des zones au trafic important restent toutefois encore limitées (§ 3.2.5) et le produit de scellement de joint doit correspondre à la charge de trafic attendue.



Figure 8.6 – Application de matériaux innovants dans des ouvertures plus larges autour d'obstacles

Pour les applications plus «vertes», des matériaux de jointoiement spéciaux (qui contiennent souvent des semences, des substances nutritives et des granulats de lave) ont été développés pour favoriser la croissance du gazon⁵. Après la pose des éléments de béton, les ouvertures sont remplies en une seule fois de ces mélanges dosés et ensuite ensemencées avec des mélanges de semences de gazon adaptés, ou bien directement remplies de mélanges prêts à l'usage contenant également des semences de gazon.

Dans tous les cas, le substrat est réparti sur la face supérieure de la dalle, sans le tasser, ni laisser de surépaisseur. Grâce à son grand pouvoir de tassement, le substrat aura diminué en volume d'environ 20 % au bout de 5 jours, ce qui protège le point de croissance des graminées contre les agressions dues au trafic.

⁵ Voir par exemple le chapitre 6-3.9 "Bestrating van grasbetontegels" du SB 250 [13] ou la partie 7 des PTV 828 «PRESCRIPTIONS TECHNIQUES POUR DALLES À GAZON/GRAVIER EN PLASTIQUE» [24]

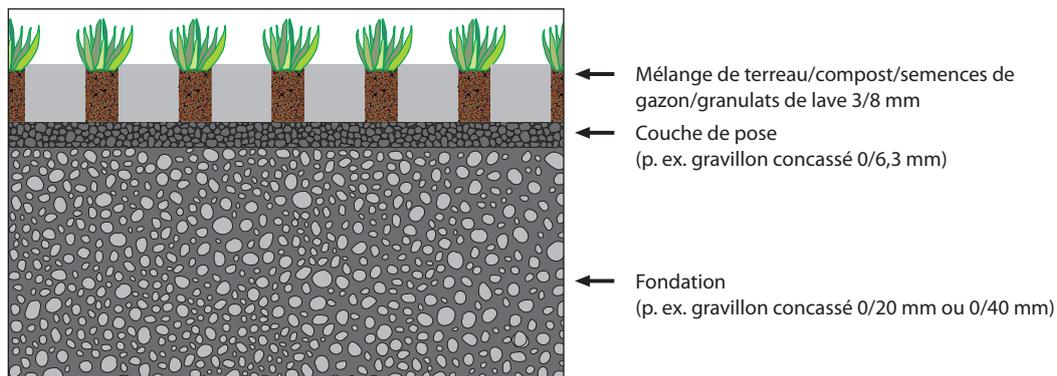


Figure 8.7 – Structure pour la croissance du gazon

Si cela devait encore s'avérer nécessaire, après la pose, il est encore possible de combattre les mauvaises herbes de manière curative. Les techniques alternatives non chimiques de lutte contre les mauvaises herbes les plus courantes, (brossage, brûlage, traitement à l'air chaud, à la vapeur, etc.), ainsi que leur applicabilité, leur efficacité et leur application intégrée sont décrites en détail au chapitre 4 du Code de bonne pratique CRR R 84 [23].



Chapitre 9

Dégradations et cas pratiques

Dans les chapitres précédents sont décrites en détail les conditions essentielles dont il faut tenir compte pour une conception correcte et une réalisation consciencieuse des revêtements en dalles de grand format et en dalles préfabriquées en béton. Dans la pratique, nous constatons tout de même encore que des dégradations peuvent apparaître du fait qu'une ou plusieurs règles de base n'ont pas été respectées comme par exemple, l'absence d'un contrebutage adapté avec des dalles (de grand format) ou une épaisseur inadéquate par rapport au format et à la charge de trafic.

9.1 Contrebutage et dilatation thermique

Un revêtement en dalles correctement réalisé exige un contrebutage adapté par des bordures, des bandes de contrebutage, des marches, des sièges, etc.



Figure 9.1 – Contrebutage correct:

*A gauche: bordure 100*30*20 cm chanfrein 2/2*

Au milieu: sièges en béton

*A droite: bordure 100*30*10 cm et épaulement en mortier*

Ce contrebutage doit empêcher que les éléments de béton ne se déplacent à l'horizontale sous l'effet de la charge de trafic ou de la dilatation thermique.



Figure 9.2 – Contrainte horizontale sur les éléments en béton due au trafic

Les augmentations de température provoquent un allongement (0,01 mm/m °C) des produits en béton, qui est contré par la friction sur la couche de pose due au poids de l'élément en béton. La dilatation comprime les joints, ce qui crée des contraintes de compression dans le béton. Cela ne constitue pas un problème étant donné que le béton résiste très bien à la compression. Pour la plupart des applications, le contrebutage suffit à éviter le glissement horizontal du revêtement aux extrémités.

L'exemple ci-dessous montre comment la dilatation thermique peut entraîner un glissement des dalles de béton si le revêtement n'est pas correctement contrebuté.

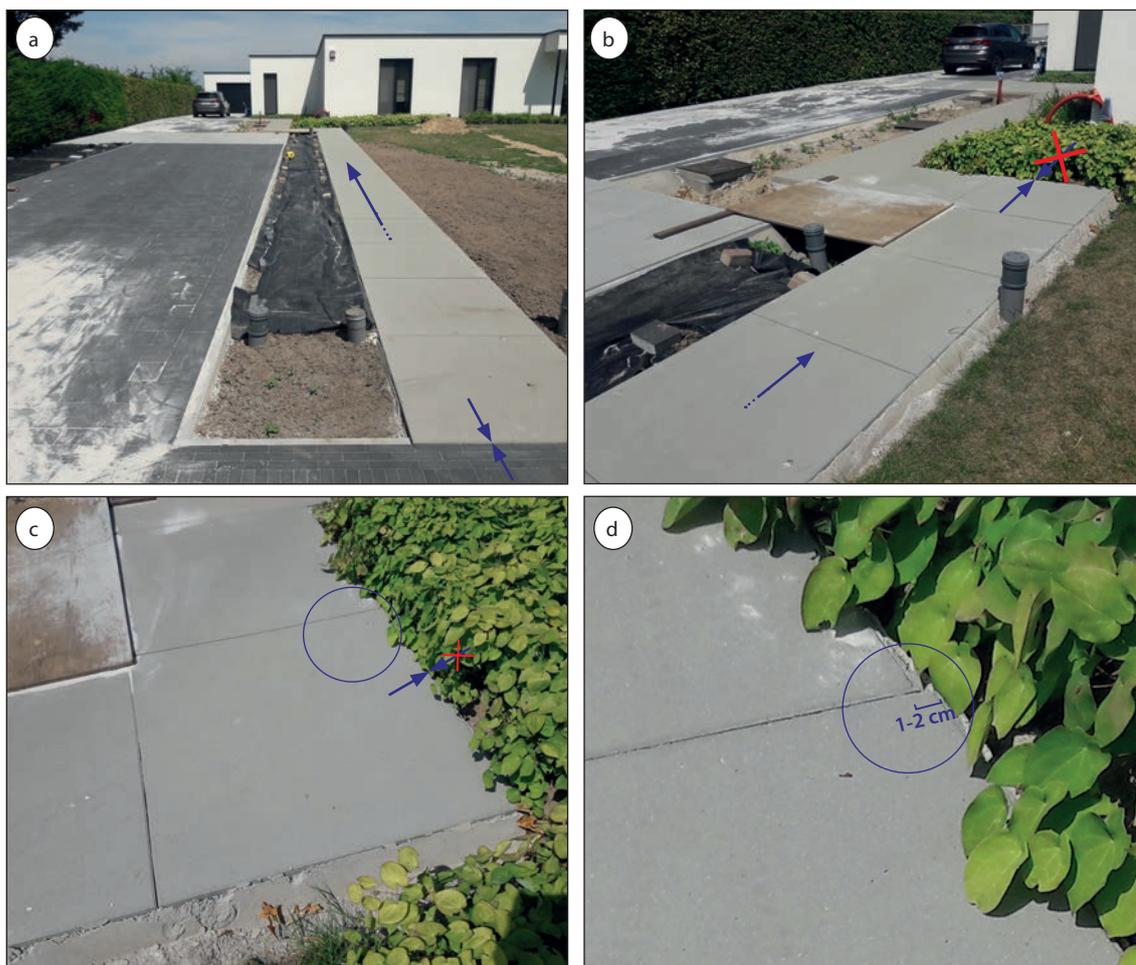


Figure 9.3 – Exemple de glissement de joint dû à la dilatation thermique combinée à l'absence d'un contrebutage correct

Les dalles de 100 x 100 x 6 cm sont posées suivant une longue rangée de 15 m et sont coincées d'un côté par le revêtement routier adjacent: elles ne peuvent donc pas se déplacer dans cette direction (figure 9.3a).

De l'autre côté, les dalles ne sont pas bloquées: elles se déplacent alors d'environ 1 cm dans la direction du contrebutage absent (figure 9.3b-d).

La dalle adjacente, qui n'a pas bougé, indique l'état initial qui sert de référence: ainsi, le déplacement est clairement visible (figure 9.3c-d).

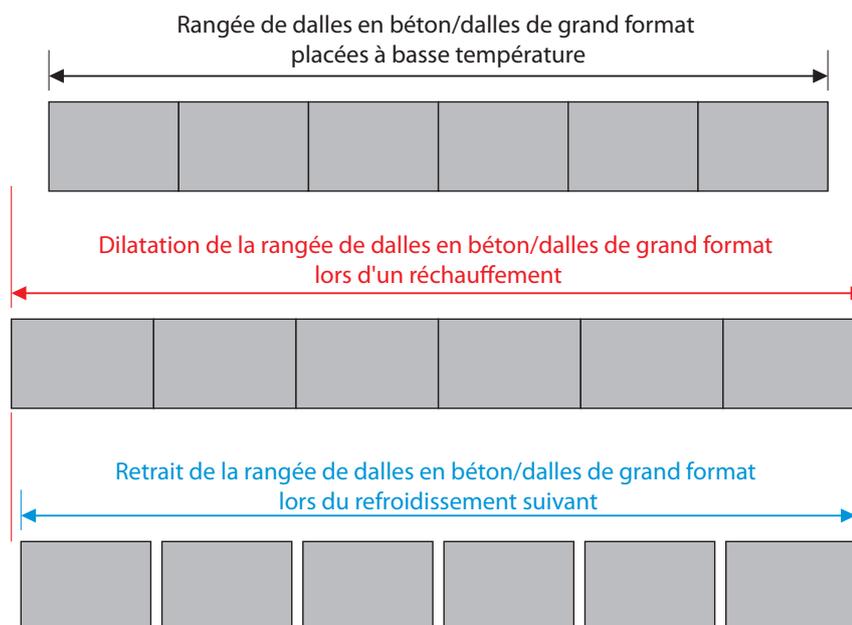


Figure 9.4 – Exemple de «dégradation esthétique» (glissement de joint) due à la dilatation thermique combinée à d'un contrebutage défectueux

Si un contrebutage n'est pas prévu, il est recommandé pour les surfaces plus importantes ou pour une longue rangée de dalles adjacentes de prévoir un joint de dilatation entre les dalles pour compenser ces glissements de joints non souhaités (§ 4.3).

Exemple de calcul de dilatation thermique

Que signifie concrètement une **dilatation thermique α de 0,01 mm/m°C**? Prenons une dalle de grand format d'une longueur de 1 m qui est placée à une température de 5 °C. Lors d'une chaude journée d'été, la température dans la dalle peut facilement monter à 35 °C. Avec une différence de température de $\Delta T=30$ °C, la dilatation thermique s'élève à $30 \text{ °C} \times 1 \text{ m} \times 10^{-5}/\text{°C} = 0,3 \text{ mm}$. Dans ce cas, une rangée de 10 dalles de grand format peut se dilater de $10 \times 0,3 = 3 \text{ mm}$. En cas de dilatation, les dalles adjacentes fonctionnent «en bloc» et les dilatations sont donc cumulées. Lors du retrait, par contre, les dalles fonctionnent individuellement et, ce faisant, le revêtement ne retrouve pas sa position d'origine. La dilatation totale peut également augmenter dans le temps si des saletés s'accumulent dans les creux laissés par le retrait. Ce calcul est évidemment valable dans une situation où il n'y a pas de friction. Dans la pratique, il existe bel et bien une friction entre la dalle de béton et la fondation, ce qui réduit légèrement les dilatations.



Présentation schématique d'une rangée de dalles de béton/dalles de grand format, placées à basse température, qui se dilatent d'abord lors d'un réchauffement («en bloc»), puis se rétractent lors d'un refroidissement (séparément)

Figure 9.5 – Dilatation thermique de dalles de béton ou de dalles de grand format [25]

9.2 Format, épaisseur et charge de trafic

Un revêtement correctement réalisé avec des dalles de grand format ou préfabriquées en béton nécessite également un format et une épaisseur adaptés en fonction de la charge de trafic attendue. Ceci est expliqué en détail au § 3.1. Néanmoins, nous constatons dans la pratique que, régulièrement, ces recommandations ne sont pas respectées avec des épaisseurs de dalles inadéquates ou des formats trop élancés pour une charge de trafic trop importante.

Pour le projet ci-dessous, des dalles de grand format 1 000 mm x 1 000 mm (L x l) ont été choisies. L'espace devant l'école est une chaussée continue qui est accessible à toute circulation, donc aussi au trafic lourd. Dans ce cas, le choix s'est porté avec raison sur une épaisseur de 200 mm avec une charge de rupture de minimum 14 tonnes, selon le modèle de calcul du fabricant des dalles de béton. Pour le trafic lourd de catégorie 1, une charge par roue maximale de 65 kN ou 6,5 tonnes est proposée (tableau 2.1, p. 4). Dès lors, une dalle de grand format à 1 000 x 1 000 x 200 mm convient parfaitement pour ce projet.



Catégorie	Application	Dalles	Dalles de grand format	Dalles préfabriquées en béton	Charges (charge d'essieu max.)**
1 – Trafic lourd, jusqu'à 100 véhicules lourds par jour (> 3,5 t) par jour 	Revêtements industriels		✓	✓	65 kN

Figure 9.6 – Application correcte de dalles de grand format (1 000 x 1 000 x 200) mm pour un trafic de catégorie 1

Pour un autre projet, des dalles de 600 x 400 x 80 mm (L x l x H) ont été choisies pour être placées autour d'un complexe résidentiel avec des espaces de stationnement. Cette zone est réservée à un trafic local léger. Selon le fabricant, les dalles présentent une charge de rupture d'environ 1,5 tonne et conviennent pour une circulation de catégorie 4 (tableau 2.1, p. 4).

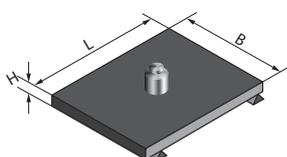
MODELE DE CALCUL DE LA CHARGE DE RUPTURE DES DALLES			
HAUTEUR	80	mm	
LONGUEUR	600	mm	
LARGEUR	400	mm	
RESISTANCE A LA FLEXION	5,0	N/mm ²	
POIDS	44,2	kg	
CHARGE DE RUPTURE			15 515 N
CHARGE DE RUPTURE			1 582 kg
<u>UTILISATEUR</u>		<u>APPLICATION</u>	<u>CHARGE DE RUPTURE</u>
PIETONS – CYCLISTES		 TERRASSE, SENTIER PIETON,	< 1 000 kg
TRAFIC LEGER RESTREINT		 ACCES DE PARKING,	≥ 1 000 kg < 2 000 kg
TRAFIC LEGER, TRAFIC LOURD OCCASIONNEL		 PARKING, COUR D'ECOLE,	≥ 2 000 kg < 4 000 kg
TRAFIC LOURD		 ROUTE, PLACE DE MARCHE,	> 4 000 kg

Figure 9.7 – Exemple de calcul du fabricant de béton pour la charge de rupture



Catégorie	Application	Dalles	Dalles de grand format	Dalles préfabriquées en béton	Charges (charge d'essieu max.)**
4 – Trafic léger 	Pistes cyclables, zones piétonnes, zones ou places non accessibles au trafic lourd, accès privés	✓	✓	✓	10 kN

Figure 9.8 – Exemple d'application de dalles de 600 x 400 x 80 mm pour une circulation de catégorie 4

Quelques jours seulement après l'ouverture au trafic censé être léger, les premières fissures étaient toutefois constatées. Pourtant, ces dalles certifiées BENOR respectaient les exigences de qualité imposées par les normes en vigueur. Dès lors, la cause doit se trouver ailleurs.



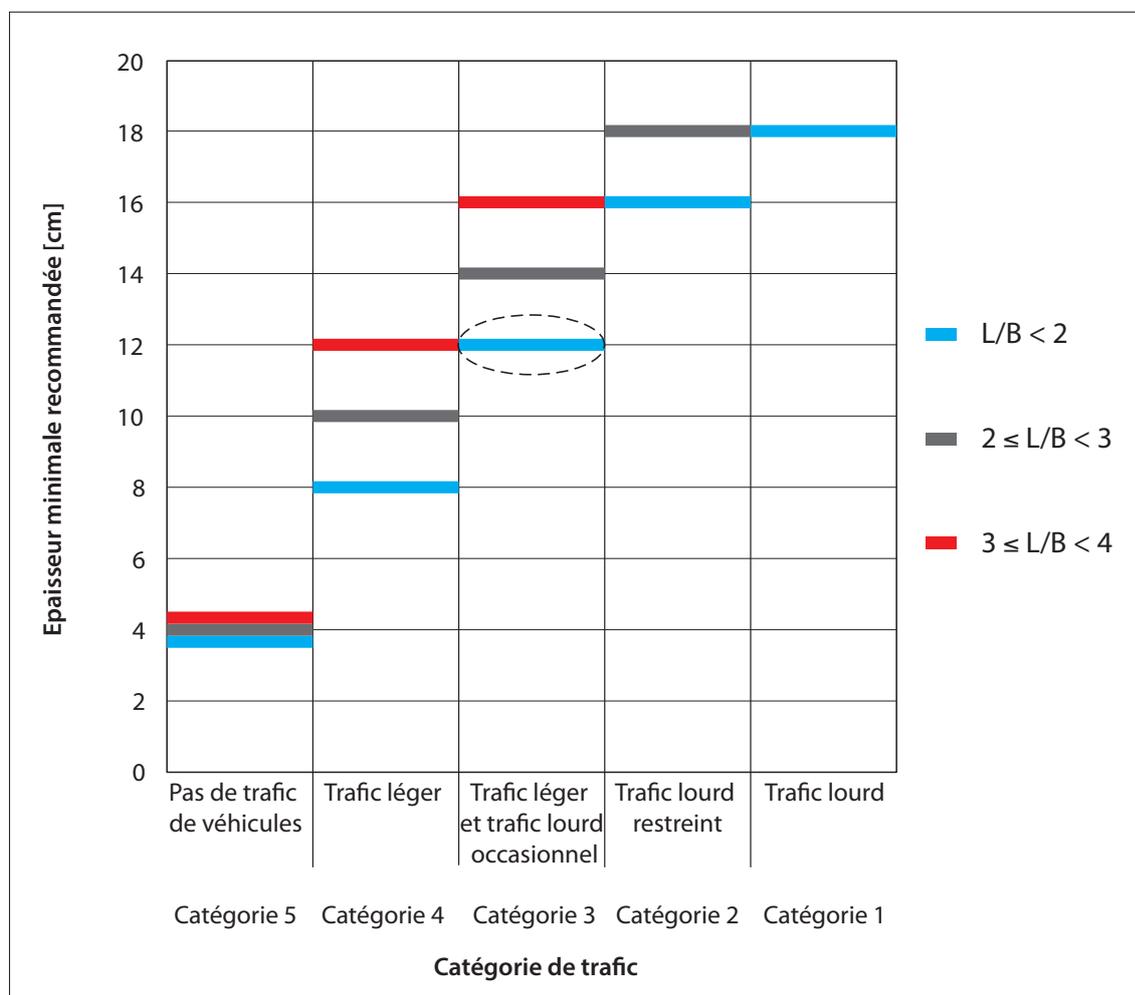
Figure 9.9 – Rupture constatée dans les dalles de la figure 9.8

Dans la pratique, cette zone n'a en effet pas uniquement été utilisée par un trafic local léger, mais aussi occasionnellement par des véhicules lourds comme des camions chargés ou des tracteurs (figure 9.10).



Figure 9.10 – Trafic lourd occasionnel constaté sur les dalles de la figure 9.8

Pour ce trafic lourd occasionnel (catégorie 3) et un rapport $L/l < 2$ (600 mm/400 mm), il aurait mieux valu choisir des dalles d'une épaisseur minimale de 120 mm (figure 3.4, p. 11 et figure 9.11). Celles-ci correspondent aux exigences pour un trafic de catégorie 3 «trafic léger et trafic lourd occasionnel» avec une charge d'essieu maximale de 2 tonnes (tableau 2.1, p. 4).



Catégorie	Application	Dalles	Dalles de grand format	Dalles préfabriquées en béton	Charges (charge d'essieu max.)**
3 – Trafic léger, trafic lourd occasionnel 	Rues commerçantes, places, zones résidentielles, parkings, rampes d'accès pour véhicules légers et trafic lourd occasionnel	✓	✓	✓	20 kN

Figure 9.11 – Epaisseur minimale pour un «trafic lourd occasionnel» de catégorie 3 et un rapport $L/l < 2$

Une histoire similaire s'est déroulée lors du découpage à la scie de dalles de grand format pour le raccord aux routes et revêtements adjacents. Les deux exemples ci-dessous (figure 9.12) montrent une dalle de grand format 1 000 x 1 000 x 80 mm adaptée pour les voies d'accès (catégorie 4).

Les dernières dalles placées au bord de la route ont néanmoins été sciées en longues bandes étroites de 1 000 x 100 x 80 mm ou 1 000 x 200 x 80 mm, avec un rapport L/l > 4, qui les rend dès lors inaptes pour des applications de catégorie 4.

Il n'est donc pas étonnant que ces bandes étroites se brisent sous la contrainte régulière d'une circulation légère. Le raccord avec le bord de la route aurait pu être réalisé avec un plus petit format de la même épaisseur et de la même couleur, comme un pavé de béton de 20 x 20 x 8 cm ou de 22 x 11 x 8 cm.



Figure 9.12 – *Dégradations causées par une finition peu soignée aux bords du revêtement*

Dimensionnement des dalles de grand format et des dalles préfabriquées en béton

Un format carré possède toujours une résistance plus importante aux contraintes qu'un format allongé de la même épaisseur. Si le choix se porte sur un format allongé ou rectangulaire, l'épaisseur doit toujours être adaptée pour résister à la même charge de trafic.

Si pour un projet il est nécessaire de travailler avec un mélange de différents formats, l'épaisseur doit être choisie en fonction du format présentant le rapport longueur/largeur le plus élevé.

Pour chaque projet, il faut toujours évaluer correctement:

- le **format** (rapport longueur/largeur);
- **l'épaisseur**;
- la **catégorie de trafic** (charge de circulation attendue);
- la **charge de rupture** (charge maximale avant la rupture, en fonction de la résistance à la flexion/qualité du béton).

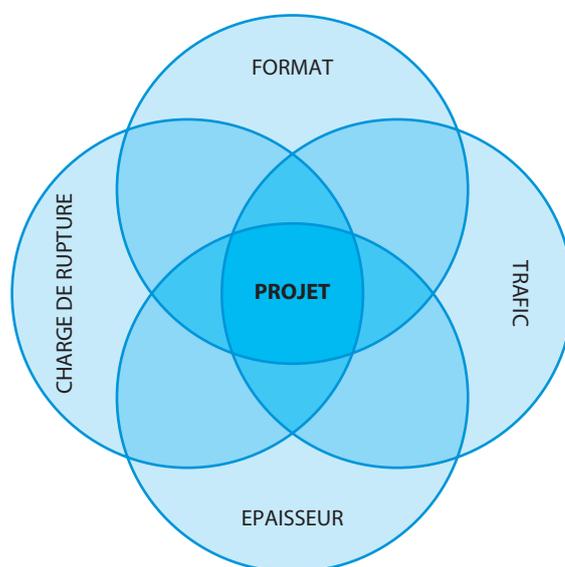


Figure 9.13 – Evaluation du format, de l'épaisseur, de la charge de trafic et de la charge de rupture des dalles de grand format et des dalles préfabriquées en béton pour chaque projet



Bibliographie

[1] Centre de recherches routières (CRR) (2009)

Code de bonne pratique pour la conception et l'exécution de revêtements en pavés de béton.
Bruxelles : CRR. (Recommandations, R 80).

[2] Centre de recherches routières (CRR) (2011)

Code de bonne pratique pour les revêtements industriels extérieurs en béton.
Bruxelles : CRR. (Recommandations, R 82).

[3] Centre de recherches routières (CRR) (2005)

Code de bonne pratique pour l'exécution des revêtements en béton.
Bruxelles : CRR. (Recommandations, R 75).

[4] Bureau de Normalisation (NBN) (2003)

NBN EN 1338 : Pavés de béton: prescriptions et méthodes d'essai (+ AC:2006).
Bruxelles : NBN.

[5] Bureau de Normalisation (NBN) (2006)

NBN B 21-311 Pavés de béton: Spécifications d'application.
Bruxelles : NBN.

[6] Bureau de Normalisation (NBN) (2003)

NBN EN 1339 : Dalles en béton: prescriptions et méthodes d'essai (+ AC:2006).
Bruxelles : NBN.

[7] Bureau de Normalisation (NBN) (2006)

NBN B 21-211 : Dalles en béton: Spécifications d'application.
Bruxelles : NBN.

[8] Centre de recherches routières (CRR) (2010)

Code de bonne pratique pour le traitement des sols à la chaux et/ou aux liants hydrauliques (+ 4 Guides pratiques).
Bruxelles : CRR. (Recommandations, R 81).

[9] Centre de recherches routières (CRR) (2014)

Code de bonne pratique pour la protection des routes contre les effets de l'eau.
Bruxelles : CRR. (Recommandations, R 88).

[10] Bureau de Normalisation (NBN) (2008)

NBN EN 13242: Granulats pour matériaux traités aux liants hydrauliques et matériaux non traités utilisés pour les travaux de génie civil et pour la construction des chaussées (+A1).
Bruxelles : NBN.

[11] BE-CERT (2019)

Codification des granulats conformes aux normes NBN EN 12620, NBN EN 13043, NBN EN 13139 et NBN EN 13242.
Bruxelles : BE-CERT. (Prescriptions techniques, PTV 411). Edition 2.5. Consultable en ligne www.be-cert.be/fr/documents/reglement-benor.html (dernière consultation le 25 mars 2019)

[12] Centre de recherches routières (CRR) (2019)

Exigences performantielles des matériaux de jointolement pour revêtements modulaires.
Bruxelles : CRR. (Compte rendu de recherche, CR 45).

[13] Gouvernement flamand - Agentschap Wegen en Verkeer (AWV) (2019)

Standaardbestek 250 voor de wegenbouw [versie 4.1].
Bruxelles : Gouvernement flamand - AWV. Consultable en ligne
<http://wegenenverkeer.be/documenten> (dernière consultation le 25 mars 2019)

[14] Exemple adapté de l'identification CE+BENOR pour les dalles en béton, conformément au Règlement sur les produits de construction (RPC) et fourni par P. Bauweraerts à partir des exemples de l'Annexe E de: Probeton (2018)

Produits en béton pour revêtements.
Bruxelles : Probeton. (Règlement d'application BENOR, RA 11 A). Edition 2. Consultable en ligne
http://www.probeton.be/uploads/docs/DOC_FR/RA/RA11A.pdf (dernière consultation le 25 mars 2019)

[15] Bureau de Normalisation (NBN) (2016)

CEN/TS 16165: Détermination de la résistance à la glissance des surfaces piétonnières : méthodes d'évaluation.
Bruxelles : NBN.

[16] Bureau de Normalisation (NBN) (2011)

NBN EN 13036-4: Caractéristiques de surface des routes et aérodromes : méthodes d'essai. Partie 4, méthode d'essai pour mesurer l'adhérence d'une surface: l'essai au pendule.
Bruxelles : NBN.

[17] Health and Safety Executive (HSE) (2012)

Assessing the slip resistance of flooring: a technical information sheet.
London, e.a.: HSE. Consultable en ligne www.hse.gov.uk/pubns/geis2.pdf (dernière consultation le 25 mars 2019)

[18] Transportation Research Laboratory (TRL) (1969)

Instructions for using the portable skid-resistance tester.
Crowthorne (UK): TRL. (Road Note, 27). Deuxième édition.

[19] Bureau de Normalisation (NBN) (2010)

NBN EN 13501-1: Classement au feu des produits et éléments de construction. Partie 1, classement à partir des données d'essais de réaction au feu (+A1).
Bruxelles : NBN.

[20] Probeton (2016)

Éléments préfabriqués en béton architectonique.
Bruxelles : Probeton. (Prescriptions techniques, PTV 21-601). Edition 3. Consultable en ligne
http://qc.spw.wallonie.be/fr/normes/doc/PT%2021-601_Edition%203.pdf (dernière consultation le 25 mars 2019)

[21] Probeton (2017)

Produits en béton pour pavages drainants.
Bruxelles : Probeton. (Prescriptions techniques, PTV 126). Edition 1. Consultable en ligne http://www.probeton.be/uploads/docs/DOC_FR/PTV/PT126.pdf (dernière consultation le 25 mars 2019)

[22] Centre scientifique et technique de la construction (CSTC) (2014)

Toitures-parkings. 1re partie, sollicitations, principes de conception et composition
Bruxelles : CSTC (Notes d'information technique, NIT 253).

[23] Centre de recherches routières (CRR) (2012)

Code de bonne pratique pour la gestion et la maîtrise des mauvaises herbes sur les revêtements modulaires par voie non chimique.
Bruxelles : CRR. (Recommandations, R 84).

[24] Organisme impartial de contrôle de produits pour la construction (COPRO) (2018)

Prescriptions techniques pour dalles à gazon/gravier en plastique.
Zellik : COPRO. (Prescriptions techniques, PTV 828). Version 5.0. Consultable en ligne <https://www.copro.eu/fr/document/ptv-828-50-technische-voorschriften-voor-gras-grindkunststofplaten-nl> (dernière consultation le 25 mars 2019)

[25] Rens, L. (2018)

Soulèvements de chaussées en béton.
Bruxelles : FEBELCEM. (Publication I11 - Dossier ciment et béton). Consultable en ligne https://www.febelcem.be/fileadmin/user_upload/dossiers-ciment-2008/fr/I11_FR_Soulevements.pdf (dernière consultation le 25 mars 2019)

Autres sources

Région de Bruxelles-Capitale (2015)

CCT2015: Cahier des charges type (CCT) relatif aux voiries en Région de Bruxelles-Capitale.

Bruxelles : Région de Bruxelles-Capitale. Consultable en ligne <https://mobilite-mobiliteit.brussels/sites/default/files/cct2015fr.pdf> (dernière consultation le 25 mars 2019)

Service Public de Wallonie (SPW) - Direction Générale Opérationnelle des Routes et des Bâtiments (DGO1) (2012 [Version 2016 consolidée])

CCT Qualiroutes: cahier des charges type.

Namur: SPW - DGO1. Consultable en ligne <http://qc.spw.wallonie.be/fr/qualiroutes/index.html> (dernière consultation le 25 mars 2019)

Betonverband Straße, Landschaft, Garten e.V. (SLG) (2009)

Merkblatt für die Planung und Ausführung von Verkehrsflächen mit großformatigen Pflastersteinen und Platten aus Beton.

Bonn: SLG.

Dietmar Ulonska & Betonverband Straße, Landschaft, Garten e.V. (SLG) (2015)

Circulation areas with large format paving elements from concrete.

Cologne: ad-media. In: Concrete Plant International (CPI), (2015)2, édition spéciale p. 1-5.

Interlocking Concrete Pavement Institute (ICPI) (2016)

Segmental concrete paving units for roof decks.

Chantilly (USA): ICPI. (ICPI Tech Spec, 14). Consultable en ligne www.icpi.org/sites/default/files/Tech%20Spec%2014%20Roof%20Decks%20Gov.pdf (dernière consultation le 25 mars 2019)

KIWA (2008)

Bedrijfsvloerplaten van constructief beton (inclusief wijzigingsblad BRL 1104 d.d. 9 maart 2016).

Rijswijk (Pays-Bas): KIWA. (Nationale Beoordelingsrichtlijn, BRL 1104). Consultable en ligne <https://www.kiwa.com/nl/nl/service/komo-attest-met-productcertificaat-bedrijfsvloerplaten-van-constructief-beton-brl-1104/11042.pdf> (dernière consultation le 25 mars 2019)

Godelmann (2016)

GroßformatplattenTechnik: Großformatige Pflastersteine & Platten aus Beton unter Verkehrsbelastung.

Coesfeld (Allemagne): Klostermann; Fensterbach (Allemagne): Godelmann. 4. Aktualisierte Auflage. Consultable en ligne <https://www.godelmann.de/sites/default/files/XXL-Technik.pdf> (dernière consultation le 25 mars 2019)

Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen (FGSV) (2013)

Merkblatt für Flächenbefestigungen mit Grossformaten: M FG.

Cologne: FGSV. (FGSV-R2, 619)

Shackel, B. & Pearson, A. (2003)

Concrete flag paving in municipal engineering.

In: National conference of the Institute of Public Works Engineering Australia, Hobart, Tasmania, Australia, s.d., 2003. Sydney: Institute of Public Works Engineering Australia (IPWEA). Consultable en ligne <https://cmaa.blob.core.windows.net/media/1055/tp3-concrete-flag-paving-in-municipal-engineering.pdf> (dernière consultation le 25 mars 2019)

Cement Concrete & Aggregates Australia (CCAA) (2006)

Slip resistance of polished concrete surfaces.

St Leonards (Australie): CCAA. (CCAA Datasheet). Consultable en ligne <https://cdn2.hubspot.net/hub/94143/file-17569159-pdf/docs/slipresistanceofpolishedconcretesurfaces.pdf> (dernière consultation le 25 mars 2019)

Hein, D.K. (2016)

Pavement design for large element paving slabs.

In: Proceedings of the 2016 conference of the Transportation Association of Canada: innovations in pavement management, engineering and technologies: design applications session, Toronto, September 25-28 2016.

Ottawa: Association des Transports du Canada (ATC). Consultable en ligne https://www.tac-atc.ca/sites/default/files/conf_papers/hein.pdf (dernière consultation le 25 mars 2019)

FEBELARCH (2012)

Le béton architectonique: possibilités et utilisations du béton architectonique.

Bruxelles : Febelarch. Consultable en ligne <http://www.febelarch.be/application/public/upload/0/default/182.pdf> (dernière consultation le 25 mars 2019)



Sources des photos/figures

AB-Roads bvba

Buzon Pedestal International nv

Ebema nv

Eurodal nv

FEBE vzw

FEBELCEM vzw

Lithobeton nv

PROBETON vzw

Solidor bvba

Stradus nv

Zoontjens België nv

Les membres ressortissants et les membres adhérents reçoivent gratuitement les nouvelles publications CRR.

Les non-membres peuvent commander une version papier au CRR.

Pour commander cet ouvrage:

publication@brrc.be – Tél.: +32 (0)2 766 03 26

Référence: R 97 – Prix: 16,00 €.

Egalement dans la collection «Recommandations»

Orientés sur la conception, l'exécution et l'entretien des routes, les codes de bonne pratique (référence R) rassemblent les résultats de recherches de groupes de travail créés par le CRR en vue d'étudier des sujets bien déterminés.

Référence	Titre	Prix
R 96	Code de bonne pratique pour la mise en oeuvre des revêtements bitumineux	20,00 €
R 95	Revêtements modulaires en pierre naturelle	18,00 €
R 88	Code de bonne pratique pour la protection des routes contre les effets de l'eau	18,00 €
R 84	Code de bonne pratique pour la gestion et la maîtrise des mauvaises herbes sur les revêtements modulaires par voie non chimique	20,00 €
R 83	Code de bonne pratique pour la conception, la mise en oeuvre et l'entretien des complexes étanchéité-revêtement de ponts à tablier en béton	32,00 €
R 82	Code de bonne pratique pour les revêtements industriels extérieurs en béton	17,00 €
R 81	Code de bonne pratique pour le traitement des sols à la chaux et/ou aux liants hydrauliques (+ 4 Guides pratiques)	26,50 €

Autres collections CRR

-  Compte rendu de recherche
-  Méthode de mesure
-  Synthèse



Centre de recherches routières

Votre partenaire pour des routes durables

Etablissement reconnu par application de l'arrêté-loi du 30 janvier 1947
Boulevard de la Woluwe
1200 Bruxelles
Tél.: 02 775 82 20
www.crr.be

Le présent code de bonne pratique pour les revêtements en dalles, en dalles de grand format et en dalles préfabriquées en béton est un fil conducteur pour le choix du champ d'application, du dimensionnement de la structure, de la pose et de l'entretien de tels revêtements routiers.

Les différents produits et finitions de surface correspondantes sont discutés, ainsi que la certification de qualité et le contrôle des éléments de pavage. Plusieurs applications spéciales, comme les revêtements perméables et les revêtements sur toitures, sont également présentées.

Enfin, plusieurs exemples pratiques sont fournis qui démontrent comment la théorie peut être appliquée et comment éviter les dommages causés par une mauvaise utilisation de ces éléments en béton.

Ce code de bonne pratique repose sur une analyse critique de la littérature existante, sur des modélisations et des méthodes empiriques, associées à la pratique et à l'expérience belge. Il s'adresse aux concepteurs, architectes, entrepreneurs, fabricants, gestionnaires routiers privés ou publics. Il vise à fournir un document technique de base afin d'encourager à l'avenir de nouvelles applications de qualité de ce type de revêtement en béton.

Mots-clés ITRD

0177 - RECOMMANDATION ; 2885 - AMENAGEMENT ; 2963 - PAVAGE ; 3623 - MISE EN OEUVRE (APPL) ;
3847 - ENTRETIEN ; 4509 - PAVE EN BETON ; 4792 - BETON PREFABRIQUE ; 5255 - ALTERATION (GEN) ;
9011 - DIMENSIONNEMENT ; 9063 - QUALITE

Terme additionnel

DALLE