LES SMART SYSTÈMES EN BÉTON

CARNET DE CHANTIER

GUIDE DE MISE EN ŒUVRE DES REVÊTEMENTS DRAINANTS EN PRODUITS PRÉFABRIQUÉS EN BÉTON

CIMbéton – Centre d'information sur le ciment et ses applications
cnatp – Les artisans des Travaux Publics et du Paysage
Les Entreprises du Paysage – chaque jardin compte
CERIB – Expertise concrète
Fédération de l'industrie du béton

ÉDITO

CES RECOMMANDATIONS TRAITENT DE LA MISE EN ŒUVRE DES REVÊTEMENTS DRAINANTS EN PRODUITS PRÉFABRIQUÉS EN BÉTON. ELLES PERMETTENT AUX DIFFÉRENTS ACTEURS (BUREAUX D'ÉTUDES, ENTREPRISES DE POSE DES PRODUITS) DE DISPOSER D'ÉLÉMENTS SYNTHÉTIQUES POUR LA CONSTRUCTION D'AMÉNAGEMENTS DURABLES ET EFFICACES.

ELLES ABORDENT NOTAMMENT LA NATURE ET LA QUALITÉ DES PRODUITS, LES TRAVAUX PRÉPARATOIRES DES ASSISES, LA POSE DES PRODUITS AVEC UNE ATTENTION PORTÉE AU CONTRÔLE DES OUVRAGES ET DE L'ENTRETIEN.

ELLES SONT COMPLÉTÉES DES PRINCIPAUX ÉLÉMENTS NÉCESSAIRES À LA CONCEPTION HYDRAULIQUE ET MÉCANIQUE DES OUVRAGES.

SOMMAIRE

1 INTRODUCTION **4**

2 DÉFINITION ET DOMAINES D'APPLICATION DES PRODUITS **5**

3 NATURE ET QUALITÉ DES PRODUITS **9**

4 ACCEPTATION DES ASSISES **13**

5 POSE **14**
- 5.1 Réalisation des blocages de rives 14
- 5.2 Drainage des assises et du lit de pose 16
- 5.3 Pose des pavés et des dalles à joints larges 17
- 5.4 Pose des pavés en béton poreux 28
- 5.5 Pose des dalles drainantes engazonnées ou gravillonnées 39

6 CONTRÔLES **44**

7 REMISE EN SERVICE **46**

8 MAÎTRISE DE LA QUALITÉ DU CHANTIER **46**

9 ENTRETIEN **48**

10 DOCUMENTS UTILES **53**

11 ADRESSES UTILES **54**

ANNEXE 1
Éléments de conception des ouvrages comprenant des revêtements drainants en produits préfabriqués en béton **55**

ANNEXE 2
Sécurité - Prévention des risques **60**

1. **INTRODUCTION**

Une ville neutre en carbone, solidaire et résiliente. Pour y parvenir les revêtements drainants constituent le moyen de réponse aux enjeux de 2050. Ces enjeux sont la décarbonatation, le confort climatique, la biodiversité et les inondations.

Rafraîchir les villes est une nécessité face aux surchauffes diurnes comme nocturnes. Grâce aux alvéoles enherbées et aux couleurs claires des revêtements drainants, la surface végétalisable réduit les élévations de températures et l'imperméabilisation des sols. De plus le comportement thermique des matériaux en béton pour la voirie est une des pistes pour améliorer le confort climatique en combinant les produits drainants et les dispositifs rafraîchissants.

Les solutions drainantes avec les produits préfabriqués en béton, pavés et dalles, à la fois esthétiques et écoresponsables rendent parfaitement résistant le revêtement en milieu circulé et autorisent l'accessibilité aux piétons et tous types de véhicules.

2. DÉFINITION ET DOMAINES D'APPLICATION DES PRODUITS

2.1 Les produits drainants préfabriqués en béton

Les revêtements drainants en produits préfabriqués en béton sont classés en trois catégories : pavés et dalles à joints larges, pavés en béton poreux, dalles drainantes engazonnées ou gravillonnées.

- **Les pavés et dalles à joints larges**

Ce sont des pavés ou des dalles préfabriqués en béton séparés par des écarteurs intégrés aux produits, créant des joints de largeur 5 mm à 30 mm, dont la surface peut représenter 10 % ou plus de la surface revêtue. L'écoulement de l'eau se fait à travers les joints, dont le matériau de remplissage doit permettre cette infiltration.

Les produits en béton sont classés comme suit :

- si le rapport de la longueur hors-tout divisée par l'épaisseur est inférieur ou égal à quatre, le produit est un pavé ;
- si le rapport de la longueur hors-tout divisée par l'épaisseur est supérieur à quatre, le produit est une dalle.

- **Les pavés en béton poreux**

Ce sont des pavés en béton poreux à granulométrie ouverte, conçus de manière à avoir une très grande porosité connectée. L'eau s'écoule principalement à travers les produits même si les joints peuvent également contribuer à l'infiltration des eaux pluviales.

- **Les dalles drainantes engazonnées ou gravillonnées**

Ce sont des dalles qui comportent de larges ouvertures dans toute leur épaisseur, afin de favoriser l'infiltration des eaux pluviales. Le profil de leur pourtour peut permettre de former également des ouvertures lors de la pose. Les ouvertures peuvent être soit engazonnées, soit remplies de gravillons ou de sable grossier.

2.2 Domaines d'emploi des produits drainants préfabriqués en béton

Les domaines d'emploi des différents produits drainants préfabriqués en béton sont définis en fonction de leur résistance au trafic routier et de leur perméabilité.

2.2.1 Résistance au trafic routier

- **Pavés et dalles à joints larges**

Les domaines d'emploi des pavés à joints larges sont définis sur la base de la norme NF P 98-335 :

	Trafic Poids Lourds ≥ 35 kN de PTAC [1]					
	T5	T4	T3-	T3+	T2	T1
	1 à 25	26 à 50	51 à 85	86 à 150	151 à 300	301 à 750
Pavés d'épaisseur nominale 6 cm posés sur sable (classe d'appellation T5)	oui	non	non	non	non	non
Pavés d'épaisseur nominale 8 cm posés sur sable (classe d'appellation T3-4)	oui	oui	oui	oui	non	non
Pavés d'épaisseur nominale 10 cm posés sur sable (classe d'appellation T3-4 épaisseur > 100 mm)	oui	oui	oui	oui	non	non

[1] Le trafic à prendre en compte est fonction de la largeur de la chaussée, si L < 5 m 100 % du trafic des deux sens (MJA : moyenne journalière annuelle), si 5 < L < 6 m 75 % et si L > 6 m 50 %

Les domaines d'emploi des dalles à joints larges sont définis par le référentiel de certification NF 187 :

Classes d'appellation NF					
S4	T7	T11	U14	U25	U30
Véhicules légers de charge par roue < 6 kN	Véhicules de livraison de charge par roue < 9 kN	Véhicules de charge par roue < 25 kN		Véhicules de charge par roue ≤ 65 kN	
		Circulation occasionnelle et à vitesse réduite	Circulation normale	Circulation occasionnelle et à vitesse réduite	Circulation normale

- **Pavés en béton poreux**

Les domaines d'emploi sont définis par le référentiel de certification NF 072 :

	Trafic PL ≥ 35 kN de PTAC					
	T5	T4	T3-	T3+	T2	T1
	1 à 25	26 à 50	51 à 85	86 à 150	151 à 300	301 à 750
Pavés d'épaisseur nominale 8 cm (classe d'appellation T3-)	oui	oui	oui	non	non	non
Pavés d'épaisseur nominale 10 cm (classe d'appellation T3-)	oui	oui	oui	non	non	non

- **Dalles drainantes engazonnées ou gravillonnées**

Les domaines d'emploi sont définis par le référentiel de certification NF 187 :

Classes d'appellation NF					
D1	D2	D3R	D4R	D5E	D5P
Véhicules légers de charge par roue < 6 kN	Véhicules de livraison de charge par roue < 9 kN	Véhicules de charge par roue < 25 kN Circulation occasionnelle et à vitesse réduite	Véhicules de charge par roue ≤ 65 kN Circulation occasionnelle et à vitesse réduite	Fourgon pompier échelle déployée	Fourgon Pompe Tonne

2.2.2 **Perméabilité**

On distingue trois classes de coefficient de perméabilité (k1, k2 et k3) pour les revêtements drainants en produits préfabriqués en béton :

- k1 $> 10^{-3}$ m/s
- 10^{-4} m/s $<$ k2 $\leq 10^{-3}$ m/s
- 10^{-5} m/s $<$ k3 $\leq 10^{-4}$ m/s

Le coefficient de perméabilité des produits drainants préfabriqués en béton doit être supérieur au coefficient de perméabilité requis du revêtement déterminé par l'étude de dimensionnement hydraulique (voir Annexe 1) prenant en compte les caractéristiques des surfaces dont on veut récupérer les eaux.

3. NATURE ET QUALITÉ DES PRODUITS

Préalablement au chantier, l'entrepreneur vérifie que les produits et leurs matériaux de jointoiement et de remplissage pour les dalles drainantes engazonnées ou gravillonnées correspondent aux perméabilités requises issues du dimensionnement hydraulique de l'ouvrage (voir Annexe 1) et à leur exposition au trafic routier.

La réception des produits et matériaux sur chantier est effectuée par l'entrepreneur en présence du maître d'œuvre.

Les produits doivent être conformes au référentiel technique « Éléments modulaires en béton pour revêtement des ouvrages d'infiltration des eaux pluviales » (Cerib 353.E_v2), cité dans le Fascicule n° 70-2 du CCTG Ouvrages de recueil, de stockage, de restitution des eaux pluviales (09/2019).

La conformité peut être prouvée :

- **par la certification**

  Marquage des produits NF pour les pavés et dalles à joints larges, pavés en béton poreux et les dalles drainantes engazonnées ou gravillonnées.

- **à défaut de certification, au moyen d'une réception par lot et de la détermination de la perméabilité des produits**

  Les essais à réaliser sont ceux spécifiés par le référentiel technique CERIB 353.E_v2 (perméabilité, tolérances dimensionnelles, résistance mécanique, usure…).

> Note
>
> *Le marquage CE n'est applicable qu'aux pavés et dalles à joints larges qui relèvent respectivement de la NF EN 1338 et de la NF EN 1339. Il atteste que les performances des produits ont été identifiées par le fabricant. Ce n'est pas une marque de qualité.*

⚠ Seule la marque NF est une marque de qualité

TEXTES DE RÉFÉRENCE

Normes produits :
NF EN 1338 : Pavés en béton - Prescriptions et méthodes d'essai
NF EN 1339 : Dalles en béton - Prescriptions et méthodes d'essai

Référentiel technique :
Rapport 353.E_V2 « Éléments modulaires en béton pour revêtement des ouvrages d'infiltration des eaux pluviales : Référentiel technique »

Référentiels de certification :
NF 072 « Pavés de voirie en béton »
NF 187 « Dalles de voirie et toiture en béton »

Fascicule 70-2 du CCTG « Ouvrages de recueil, de stockage, de restitution des eaux pluviales »

CONDITIONS D'ACCEPTATION DES PRODUITS SUR CHANTIER

Produits fournis par l'entrepreneur

Produits NF

La vérification porte sur la conformité par rapport à la commande, le marquage, l'aspect, l'intégrité des produits et les quantités.

Produits non certifiés

L'acceptation des produits repose sur l'approbation du maître d'ouvrage qui doit comprendre la détermination de la perméabilité des produits et la réception par lots pour apporter la preuve de leur conformité au référentiel technique Cerib 353.E_V2. Les essais portent sur les spécifications du référentiel technique (perméabilité, tolérances dimensionnelles, résistance mécanique, usure…).
Il convient également de vérifier le marquage, l'aspect, l'intégrité des produits et les quantités.

Produits fournis par le maître d'ouvrage

Si les produits font l'objet de réserves de la part de l'entrepreneur, il doit en informer le maître d'œuvre qui prend seul la responsabilité de leur mise en œuvre. L'entrepreneur se conforme alors aux instructions du maître d'œuvre.

Exemple de marquage des produits NF pour les **pavés à joints larges**

CE 3,6 DUPONT 28 NF T5 k1 + D 181-19 + 14
1 2 3 4 5 6

CE 3,6 (1)	NF	T5 k1 + D (3 4 5) 181-19 + 14 (6)
DUPONT à Épernon (2)		

1 Résistance à la rupture en traction par fendage
2 Coordonnées de l'usine ou sigle identifiant l'usine
3 Classe d'appellation (T3-4 ou T5)
4 **« k1, k2 ou k3 » : coefficient de perméabilité d'infiltration des eaux pluviales**
5 « +D » : avec option résistance renforcée aux agressions climatiques
6 Date de fabrication quantième + année (ou date) + délai de livraison

Le marquage est apposé, soit directement sur le produit par tampon encreur ou jet d'encre, soit par étiquettes agrafées ou collées.
Lorsque les produits sont livrés en charges unitaires nettement définies, le marquage peut être réduit à 0,5 % des produits.

Exemple de marquage des produits NF pour les **dalles à joints larges**

CE DUPONT 28 NF U14 k1 + D 181-19 + 14
1 2 3 4 5

CE	NF	U14 k1 + D (2 3 4) 181-19 + 14 (5)
DUPONT à Épernon (1)		

1 Coordonnées de l'usine ou sigle identifiant l'usine
2 Classe d'appellation (S4, T7, T11, U14, U25, U30)
3 **« k1, k2 ou k3 » : coefficient de perméabilité d'infiltration des eaux pluviales**
4 « +D » : avec option résistance renforcée aux agressions climatiques
5 Date de fabrication quantième + année (ou date) + délai de livraison

Le marquage est apposé, soit directement sur le produit par tampon encreur ou jet d'encre, soit par étiquettes agrafées ou collées.
Lorsque les produits sont livrés en charges unitaires nettement définies, le marquage peut être réduit à 0,5 % des produits.

Exemple de marquage des produits NF pour les **dalles drainantes engazonnées ou gravillonnées**

DUPONT 28 NF 181-19 + 14
1 2

NF	181-19 + 14 2
DUPONT à Épernon 1	

1 Coordonnées de l'usine ou sigle identifiant l'usine
2 Date de fabrication quantième + année (ou date) + délai de livraison

Le marquage est apposé, soit directement sur le produit par tampon encreur ou jet d'encre, soit par étiquettes agrafées ou collées.
Lorsque les produits sont livrés en charges unitaires nettement définies, le marquage peut être réduit à 0,5 % des produits.

Exemple d'affichette NF pour les **dalles drainantes engazonnées ou gravillonnées**

Dalles drainantes
Sté DUPONT rue des peupliers F-28230 EPERNON

L'ensemble des informations attachées au marquage CE de ce produit figure { dans la documentation commerciale OU au verso de cette affichette }

D3R(3) + D-(4) DRAINANT K3 avec mélange terre (1/3)/sable (2/3)
K1 avec un gravillon 2/4(5)

AFNOR Certification : 11, rue Francis de Préssensé
F-93571 SAINT DENIS LA PLAINE Cedex

CERIB
CS10010 – F-28233 ÉPERNON CEDEX

Le produit marqué NF est conforme au référentiel de certification NF 187. Pour information, consulter www.cerib.com

3 Classe d'appellation (D1, D2, D3R, D4R, D5E, D5P)
4 « +D- » : avec option résistance renforcée aux agressions climatiques
(5) **« k1, k2, k3 » : coefficient de perméabilité des eaux pluviales**

Exemple de marquage des produits NF pour les **pavés en béton poreux**

DUPONT 28 NF T3- k1 + H 181-19 + 14
1 2 3 4 5

NF	T3- k1 + H 2 3 4 181-19 + 14 5
DUPONT à Épernon 1	

1 Coordonnées de l'usine ou sigle identifiant l'usine
2 Classe d'appellation (T3-)
3 **« k1, k2 ou k3 » : coefficient de perméabilité d'infiltration des eaux pluviales**
4 « +H » : avec option résistance à l'abrasion
5 Date de fabrication quantième + année (ou date) + délai de livraison

Le marquage est apposé, soit directement sur le produit par tampon encreur ou jet d'encre, soit par étiquettes agrafées ou collées.
Lorsque les produits sont livrés en charges unitaires nettement définies, le marquage peut être réduit à 0,5 % des produits.

4. ACCEPTATION DES ASSISES

La conception hydraulique et le dimensionnement mécanique des assises sont réalisés préalablement à la pose des revêtements drainants en produits préfabriqués en béton. Des éléments de conception sont donnés en Annexe 1. L'entreprise de pose vérifie au début des travaux, que la planéité et les pentes des assises sont conformes aux plans.

Les tolérances géométriques de l'assise sont les suivantes :

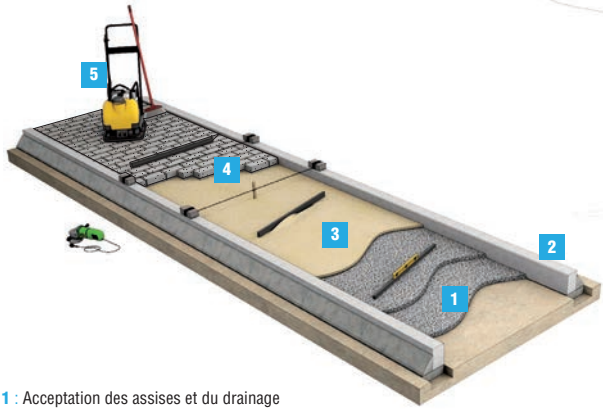
Caractéristiques	**Tolérances** (cm)
Altimétrie	± 1,5
Planimétrie	± 1,5

D'une manière générale, la résultante des pentes en long et en travers doit en tout point être comprise entre 1 % (pour prévenir la stagnation de l'eau et limiter les flaques) et 5 % (pour assurer la stabilité du lit de pose et prévenir le dégarnissage des joints).

L'entreprise de pose soumet au maître d'œuvre les éventuelles défectuosités. Les travaux de mise en conformité ne sont pas à sa charge. Après exécution des travaux, elle ne peut élever aucune réclamation portant sur l'implantation, les dimensions et les côtes de l'assise.

5. POSE

La pose s'effectue selon le phasage général ci-dessous :

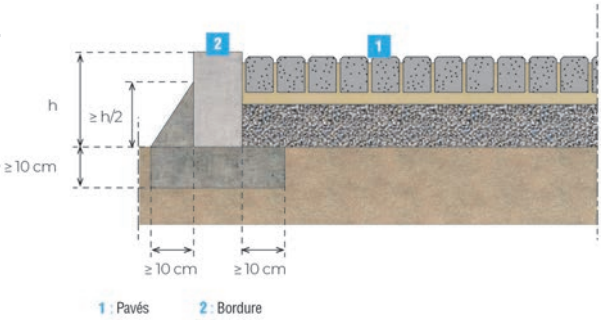


1 : Acceptation des assises et du drainage
2 : Réalisation des blocages de rives
3 : Réalisation du lit de pose
4 : Pose des produits drainants
5 : Réalisation des joints et remplissage des ouvertures pour les dalles drainantes engazonnées ou gravillonnées

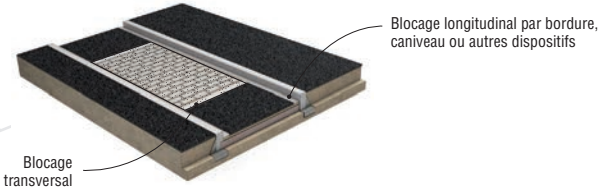
5.1 Réalisation des blocages de rives

Pour prévenir le glissement des pavés ou des dalles sous l'effet des efforts horizontaux liés à la circulation des véhicules et par suite l'ouverture des joints, chaque zone traitée en pavés ou dalles à joints larges, pavés en béton poreux ou dalles drainantes engazonnées ou gravillonnées doit être butée longitudinalement par des bordures scellées ou encastrées, des pavés scellés ou des longrines en béton armé ou non armé.

Les bordures sont conformes aux normes NF EN 1340 et NF P 98/340/CN. Leur mise en œuvre doit respecter le « Guide de pose - Bordures et caniveaux préfabriqués en béton » (Cerib 153.E).

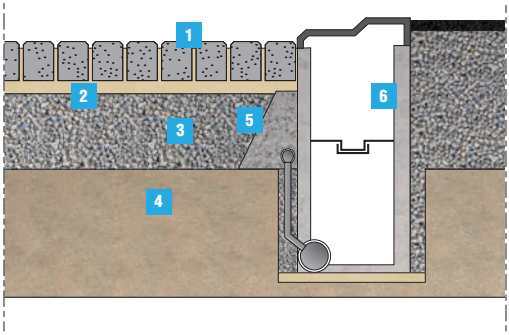


Un blocage transversal, perpendiculaire au sens principal de circulation, est obligatoire sur les ouvrages circulés.



5.2 Drainage des assises et du lit de pose

Les travaux à réaliser sont fonction de la perméabilité du sous-sol et des assises. Les dispositions à mettre en œuvre sont déterminées préalablement à la pose lors de la conception hydraulique et du dimensionnement mécanique des assises.



1 : Pavés
2 : Lit de pose
3 : Assise
4 : Fondation
5 : Béton poreux pour drainage de l'assise
6 : Avaloir

L'entreprise de pose vérifie au début des travaux que le système de drainage est conforme aux plans.

L'acceptation du système de drainage de l'ouvrage est faite contradictoirement avec le maître d'œuvre.

5.3 Pose des pavés et des dalles à joints larges

5.3.1 Réalisation du lit de pose

- **Caractéristiques des matériaux**

Le lit de pose peut être réalisé en sable ou gravillons.

Le sable du lit de pose, siliceux ou silico-calcaire, est conforme à la norme NF EN 13242 de granularité 0/4 ou 0/6,3.

Il doit être propre, dépourvu d'éléments fins et exempt d'éléments argileux ou organiques :

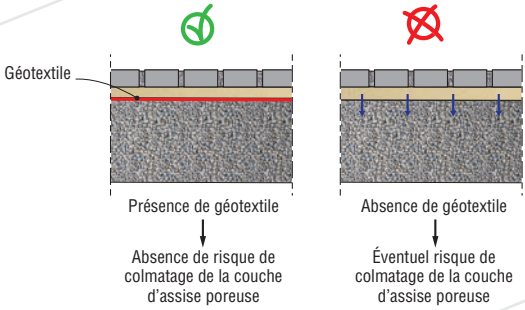
- Pourcentage en masse de passant au tamis de 0,063 mm : inférieur ou égal à 3 (catégorie f3).
- Équivalent de Sable ES > 60.

Les gravillons du lit de pose sont conformes à la norme NF EN 13242 de granularité 2/4, 4/6,3 ou 2/6,3 :

- Pourcentage en masse de passant au tamis de 0,063 mm : inférieur ou égal à 4 (catégorie f4).
- Coefficient Los Angeles inférieur ou égal à 25.

- **Mise en œuvre**

Lorsque la couche d'assise est poreuse (grave non traitée poreuse, béton poreux), elle doit être recouverte d'un géotextile pour éviter la migration du sable ou des gravillons du lit de pose.



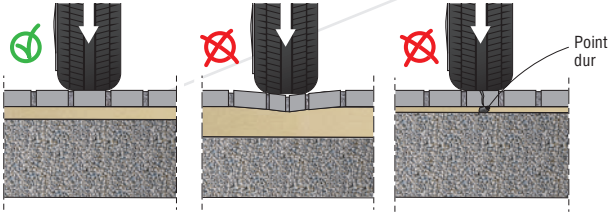
Si des migrations de fines sont possibles de l'assise vers le lit de pose, un géotextile anticontaminant doit être placé en interface.

Des éléments d'aide au choix des géotextiles sont donnés dans le Cahier Technique n° 5811 du Moniteur élaboré par le Comité Français des Géosynthétiques (CFG).

Le lit de pose est nivelé à la règle.

En cas de pose mécanique des pavés, le lit de pose est pré-compacté à la plaque vibrante pour éviter l'orniérage éventuel provoqué par la machine évoluant sur les pavés non compactés.

La conservation de la planéité du lit de pose doit être préservée pendant l'exécution du chantier.



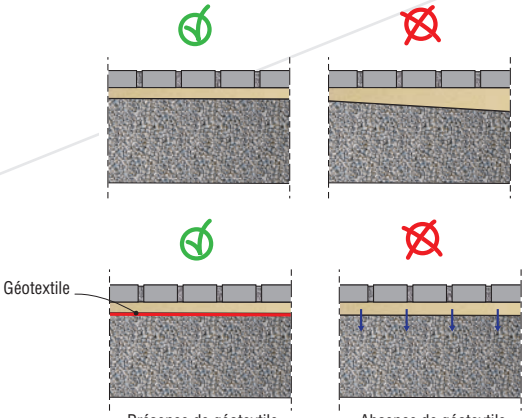
Épaisseur de sable égale à 3 cm ± 1 cm après pose des pavés
OUI

Épaisseur de sable trop importante (tassement différentiel)
NON

Épaisseur de sable trop faible ou lit de pose inexistant (poinçonnement du pavé)
NON

⚠ Épaisseur du lit de pose après compactage des pavés : 3 cm ± 1 cm.

L'épaisseur du lit de pose doit être uniforme. Les variations d'épaisseur du lit de pose ne doivent pas servir à donner une pente au revêtement ni servir à corriger les défauts de planéité de l'assise qui doit être réglée en fonction du profil définitif.



Présence de géotextile
↓
Absence de risque de colmatage de la couche d'assise poreuse

Absence de géotextile
↓
Éventuel risque de colmatage de la couche d'assise poreuse

5.3.2 Pose des pavés et des dalles à joints larges

- **Appareillage des pavés et des dalles**

Le type d'appareillage à mettre en œuvre doit correspondre à celui prescrit dans le CCTP*.

L'appareillage participe à la résistance aux efforts horizontaux (freinage, accélération, virages).

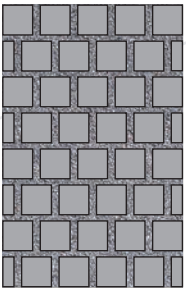
Le tableau ci-après indique les modes d'appareillage des pavés à mettre en œuvre selon le trafic envisagé :

Utilisation	Nombre PL**/Jour/Sens	Appareillage
Zone piétonne	/	Tout appareillage possible
Classe de trafic T5	0 < PL ≤ 25	Ligne de joint discontinue dans le sens principal de circulation
Classe de trafic T4	25 < PL ≤ 50	
Classe de trafic T3-	50 < PL ≤ 85	Disposition en chevron
Classe de trafic T3+	85 < PL ≤ 150	Disposition en chevron

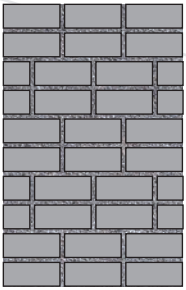
** Poids Lourds (PTAC ≥ 3,5 tonnes)

⚠ Les pavés à joints larges ne doivent pas être utilisés dans les ronds-points soumis à de fortes contraintes horizontales (virages, freinages, accélérations).

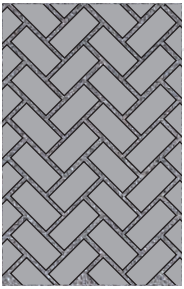
** Cahier des Clauses Techniques Particulières*



Pose à lignes de joints discontinues



Pose parquets



Pose en chevrons

Sens principal de la circulation

Pour les dalles, en présence de circulation de véhicules, il y a lieu de recourir à des appareillages à lignes de joints discontinues dans le sens principal de circulation.

- **Dispositions générales**

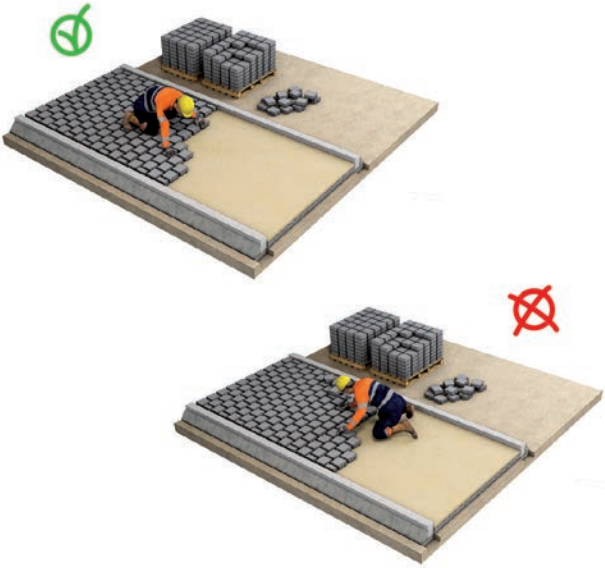
Le mode de pose « manuelle » ou « mécanisée » tient compte de la surface à réaliser, des sujétions locales, de l'espace disponible pour l'évolution d'une machine.

Il convient dans tous les cas de respecter les préconisations du fabricant.

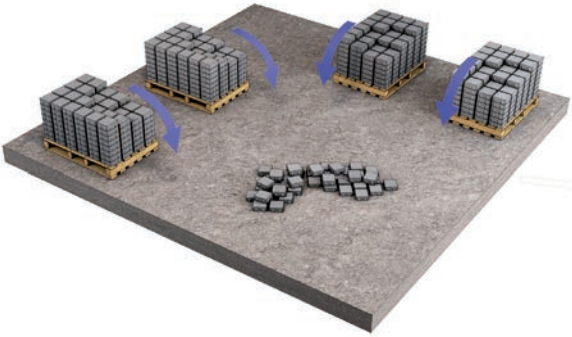
Les conditions de mise en œuvre et le matériel de pose doivent être adaptés à la réglementation en vigueur.

- Pose manuelle

La pose s'effectue à l'avancement, le poseur évoluant sur la surface déjà réalisée.



⚠ Le choix de certaines teintes de pavés ou de dalles impose dans certains cas le panachage des nuances, ce que le poseur peut obtenir en mélangeant les pavés ou les dalles issus de palettes différentes.



⚠ L'alignement des pavés ou des dalles doit être vérifié au cordeau au minimum tous les 5 m.

- Pose mécanisée

Tout en réduisant la pénibilité et les risques de lombalgie, la mise en œuvre des pavés par des machines spécialement conçues permet d'augmenter sensiblement les cadences de pose tout en assurant la qualité de l'ouvrage fini.

Ce type de pose est particulièrement adapté aux pavés d'épaisseur supérieure ou égale à 80 mm.

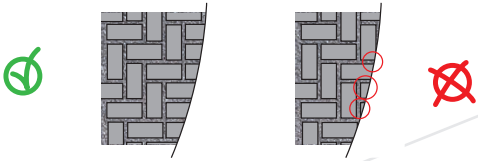
- **Raccordement avec les butées de rives et les ouvrages émergents**

Les raccordements s'effectuent de préférence avec des pavés ou des dalles spécialement prévus à cet effet (boutisses).

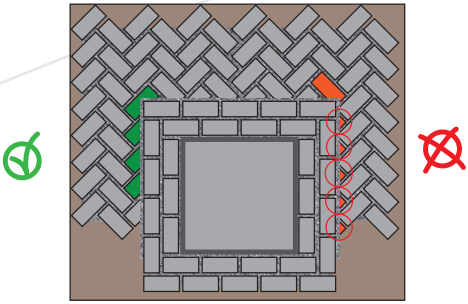
Si la découpe des pavés ou des dalles est nécessaire, seuls des éléments dont la surface est supérieure ou égale à celle d'un demi produit sont utilisables, en évitant les angles aigus trop prononcés.

Le raccordement ne doit pas être réalisé au niveau des écarteurs des pavés ou des dalles à joints larges.

Exemple de machine pour couper les pavés. Les coupes peuvent aussi être obtenues par sciage (prévoir dans ce cas un masque anti poussières). Dans tous les cas, prévoir des gants adaptés.



Exemple de raccordement en rive



Exemple de raccordement à une émergence carrée

5.3.3 Réalisation des joints

- **Caractéristiques des matériaux**

La granulométrie du matériau de jointoiement doit être continue et compatible avec la largeur minimale du joint, pour permettre au sable de pénétrer entièrement dans le joint, et avec la nature du lit de pose, afin d'éviter la migration des éléments fins.

Les joints doivent être remplis par le matériau préconisé par le fabricant de pavés ou de dalles à joints larges, ce matériau devant correspondre à celui utilisé lors des essais de perméabilité selon le référentiel technique Cerib 353.E_v2. Il peut s'agir de sable ou gravillons dépourvus d'éléments fins (usuellement gravillons de granulométrie 2/4, 2/6 ou 4/6) ou de mélange terre-sable (usuellement en proportion 1/3 de sable pour 2/3 de terre végétale) pour des zones de stationnement de véhicules légers.

⚠ Sur un cheminement accessible aux personnes à mobilité réduite, il convient de veiller à limiter la largeur des joints à 2 cm.

- **Mise en œuvre**

Le garnissage des joints en sable ou gravillons s'effectue à l'avancement. Le sable ou les gravillons excédentaires sont enlevés par balayage avant l'opération de compactage.

⚠ Les dalles ne doivent pas être soumises à l'opération de damage qui risquerait de les endommager.

Lorsque le revêtement est réalisé avec des pavés, on procède ensuite à un damage en partant du centre de la surface et en finissant au droit des rives, en prenant soin de déborder sur le passage précédent.

Il convient de veiller à ne pas passer avec la plaque vibrante à moins d'un mètre de la zone de pose en cours.

L'opération de damage est réalisée au moyen d'une plaque vibrante dont la semelle est recouverte d'une couche élastomère.

⚠ Un balayage soigné est nécessaire pour éviter tout endommagement des produits lors du passage de la plaque vibrante.

Le sable ou les gravillons ayant pénétré dans les joints lors de l'opération de damage, il y a lieu de regarnir. Le processus est renouvelé si nécessaire jusqu'à refus de garnissage.

- Engazonnement

Le mélange terre-sable est mis en remblai à refus en plusieurs passes avec arrosage pour tasser le matériau.
Il est souhaitable de laisser tasser quelques jours en arrosant, si possible.
Il est à prévoir un nettoyage du revêtement qui préserve l'intégrité des produits.
L'engazonnement est alors réalisé avec des graines robustes à croissance lente, adaptées au climat, et le remblai est achevé avec un mélange de terre végétale et d'humus ou d'humus pur.
En tout état de cause, les règles de l'art pour l'engazonnement doivent être respectées.

⚠ La teneur en eau du matériau de jointoiement doit permettre sa mise en œuvre.

5.4 Pose des pavés en béton poreux

5.4.1 Réalisation du lit de pose

- **Caractéristiques des matériaux**

Le lit de pose peut être réalisé en sable ou gravillons.

Le sable du lit de pose, siliceux ou silico-calcaire, est conforme à la norme NF EN 13242 de granularité 0/4 ou 0/6,3.

Il doit être propre, dépourvu d'éléments fins et exempt d'éléments argileux ou organiques :

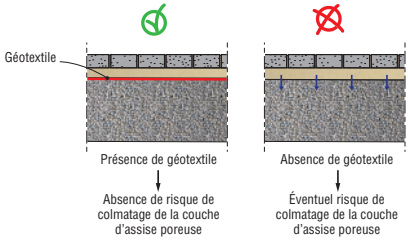
- Pourcentage en masse de passant au tamis de 0,063 mm : inférieur ou égal à 3 (catégorie f3).
- Équivalent de Sable ES > 60.

Les gravillons du lit de pose sont conformes à la norme NF EN 13242 de granularité 2/4, 4/6,3 ou 2/6,3 :

- Pourcentage en masse de passant au tamis de 0,063 mm : inférieur ou égal à 4 (catégorie f4).
- Los Angeles inférieur ou égal à 25.

- **Mise en œuvre**

Lorsque la couche d'assise est poreuse (grave non traitée poreuse, béton poreux), elle doit être recouverte d'un géotextile pour éviter la migration du sable ou des gravillons du lit de pose.



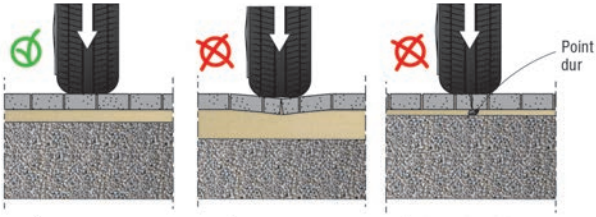
Si des migrations de fines sont possibles de l'assise vers le lit de pose, un géotextile anticontaminant doit être placé en interface.

Des éléments d'aide au choix des géotextiles sont donnés dans le Cahier Technique n° 5811 du Moniteur élaboré par le Comité Français des Géosynthétiques (CFG).

Le lit de pose est nivelé à la règle.

En cas de pose mécanique, le lit de pose est pré-compacté à la plaque vibrante pour éviter l'orniérage éventuel provoqué par la machine évoluant sur les pavés non compactés.

La conservation de la planéite du lit de pose doit être préservée pendant l'exécution du chantier.



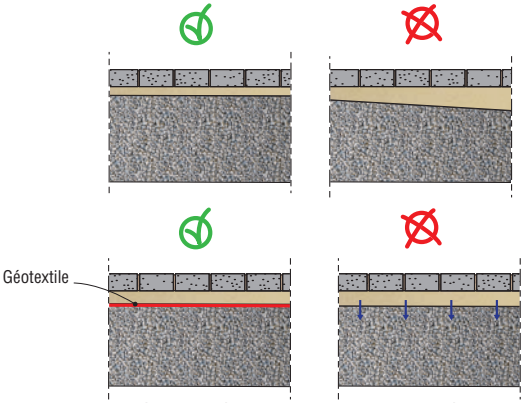
Épaisseur de sable égale à 3 cm ± 1 cm après pose des pavés
OUI

Épaisseur de sable trop importante (tassement différentiel)
NON

Épaisseur de sable trop faible ou lit de pose inexistant (poinçonnement du pavé)
NON

⚠ Épaisseur du lit de pose après compactage des pavés : 3cm ± 1cm.

L'épaisseur du lit de pose doit être uniforme. Les variations d'épaisseur du lit de pose ne doivent pas servir à donner une pente au revêtement ni servir à corriger les défauts de planéité de l'assise qui doit être réglée en fonction du profil définitif.



Présence de géotextile
↓
Absence de risque de colmatage de la couche d'assise poreuse

Absence de géotextile
↓
Éventuel risque de colmatage de la couche d'assise poreuse

5.4.2 Pose des pavés en béton poreux

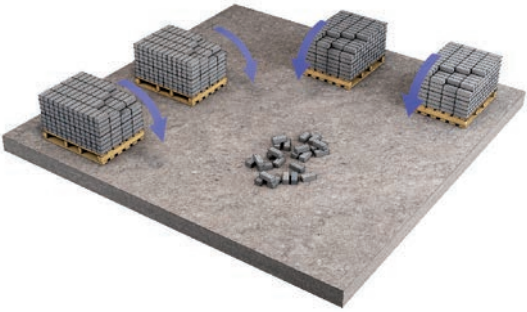
- **Appareillage des pavés**

Le type d'appareillage à mettre en œuvre doit correspondre à celui prescrit dans le CCTP*.

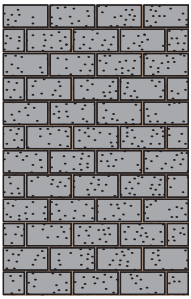
L'appareillage participe à la résistance aux efforts horizontaux (freinage, accélération, virage).

En présence de circulation de véhicules, il y a lieu de s'orienter sur des appareillages à lignes de joints discontinues dans le sens principal de circulation.

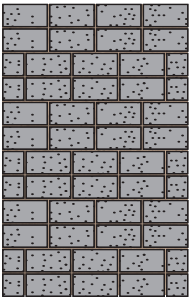
⚠ Le choix de certaines teintes de pavés impose dans certains cas le panachage des nuances, ce que le poseur peut obtenir en mélangeant les pavés issus de palettes différentes.



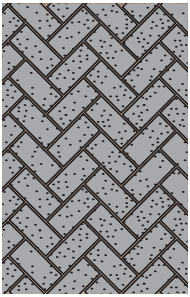
** Cahier des Clauses Techniques Particulières*



Pose à lignes de joints discontinues



Pose parquets



Pose en chevrons

Sens principal de la circulation

Le tableau ci-après indique les modes d'appareillages à mettre en œuvre selon le trafic envisagé :

Utilisation	Nombre PL*/Jour/Sens	Appareillage
Zone piétonne	/	Tout appareillage possible
Classe de trafic T5	0 < PL ≤ 25	Ligne de joint discontinue dans le sens principal de circulation
Classe de trafic T4	25 < PL ≤ 50	
Classe de trafic T3-	50 < PL ≤ 85	Disposition en chevron

* Poids Lourds (PTAC ≥ 3,5 tonnes)

- **Dispositions générales**

Le mode de pose « manuelle » ou « mécanisée » tient compte de la surface à réaliser, des sujétions locales, de l'espace disponible pour l'évolution d'une machine.

Il convient dans tous les cas de respecter les préconisations du fabricant.

Les conditions de mise en œuvre et le matériel de pose doivent être adaptés à la réglementation en vigueur.

La largeur des joints entre les pavés doit être comprise entre 2 et 4 mm.

⚠ La pose bord à bord des produits est proscrite car aucun ajustement n'est possible et les tolérances de fabrication des produits ne peuvent pas être compensées.

- Pose manuelle

La pose s'effectue à l'avancement, le poseur évoluant sur la surface déjà réalisée.

- Pose mécanisée

Tout en réduisant la pénibilité et les risques de lombalgie, la mise en œuvre des pavés par des machines spécialement conçues, permet d'augmenter sensiblement les cadences de pose tout en assurant la qualité de l'ouvrage fini.

Ce type de pose est particulièrement adapté aux pavés d'épaisseur supérieure ou égale à 80 mm.

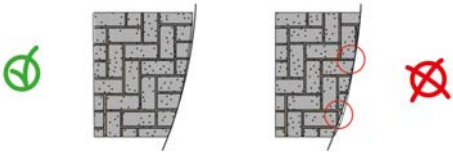
⚠ L'alignement des pavés doit être vérifié au cordeau au minimum tous les 5 m.

- **Raccordement avec les butées de rives et les ouvrages émergents**

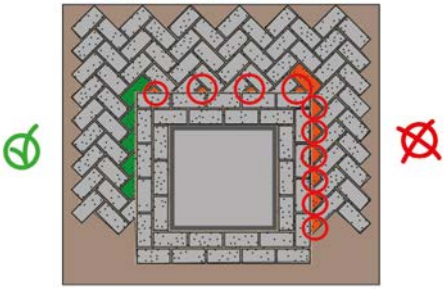
Les raccordements s'effectuent de préférence avec des pavés spéciaux prévus à cet effet (boutisses).

Si la découpe des pavés est nécessaire, seuls des éléments dont la surface est supérieure ou égale à celle d'un demi pavé sont utilisables, en évitant les angles aigus trop prononcés.

Exemple de machine pour couper les pavés. Les coupes peuvent aussi être obtenues par sciage (prévoir dans ce cas un masque anti poussières). Dans tous les cas, prévoir des gants adaptés.



Exemple de raccordement en rive



Exemple de raccordement à une émergence carrée

5.4.3 Réalisation des joints

• Caractéristiques des matériaux

La granulométrie du sable de jointoiement doit être continue et compatible avec la largeur minimale du joint, pour permettre au sable de pénétrer entièrement dans le joint, et avec la nature du lit de pose, afin d'éviter la migration des éléments fins. Elle doit aussi permettre d'éviter le colmatage des produits, lors du garnissage des joints par balayage.

Les joints doivent être remplis par le matériau préconisé par le fabricant de pavés en béton poreux, ce matériau devant correspondre à celui utilisé lors des essais de perméabilité selon le référentiel technique Cerib 353.E_V2.

Il peut s'agir de sable dépourvu d'éléments fins (usuellement de granulométrie 0,5/2, 0,5/4 ou 1/2).

• Mise en œuvre

Le garnissage des joints s'effectue à l'avancement. Le matériau de jointoiement excédentaire est enlevé par balayage avant l'opération de compactage.

⚠ En cas de circulation, l'absence de remplissage des joints est proscrite.

Le pavage est ensuite damé en partant du centre de la surface et en finissant au droit des rives, en prenant soin de déborder sur le passage précédent.

Il convient de veiller à ne pas passer avec la plaque vibrante à moins d'un mètre de la zone de pose en cours.

L'opération de damage est réalisée au moyen d'une plaque vibrante dont la semelle est recouverte d'une couche élastomère.

Le matériau de jointoiement ayant pénétré dans les joints lors de l'opération de damage, il y a lieu de les regarnir. Le processus est renouvelé si nécessaire jusqu'à refus de garnissage.

5.5 Pose des dalles drainantes engazonnées ou gravillonnées

5.5.1 Réalisation du lit de pose

- **Caractéristiques des matériaux**

Le lit de pose peut être réalisé en sable ou gravillons.

Le sable du lit de pose, siliceux ou silico-calcaire, est conforme à la norme NF EN 13242 de granularité 0/4 ou 0/6,3.

Il doit être propre, dépourvu d'éléments fins et exempt d'éléments argileux ou organiques :

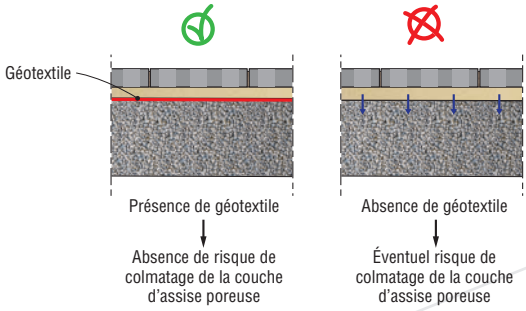
- Pourcentage en masse de passant au tamis de 0,063 mm : inférieur ou égal à 3 (catégorie f3).
- Équivalent de Sable ES > 60.

Les gravillons du lit de pose sont conformes à la norme NF EN 13242 de granularité 2/4, 4/6,3 ou 2/6,3 :

- Pourcentage en masse de passant au tamis de 0,063 mm : inférieur ou égal à 4 (catégorie f4).
- Los Angeles inférieur ou égal à 25.

- **Mise en œuvre**

Lorsque la couche d'assise est poreuse (grave non traitée poreuse, béton poreux), elle doit être recouverte d'un géotextile pour éviter la migration du sable ou des gravillons du lit de pose.

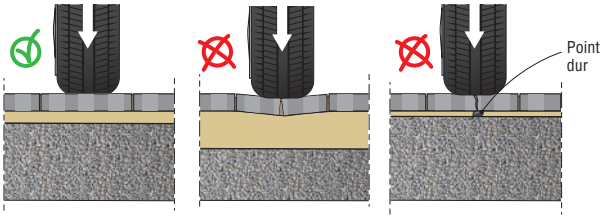


Si des migrations de fines sont possibles de l'assise vers le lit de pose, un géotextile anticontaminant doit être placé en interface.

Des éléments d'aide au choix des géotextiles sont donnés dans le Cahier Technique n° 5811 du Moniteur élaboré par le Comité Français des Géosynthétiques (CFG).

Le lit de pose est nivelé à la règle.

La conservation de la planéité du lit de pose doit être préservée pendant l'exécution du chantier.



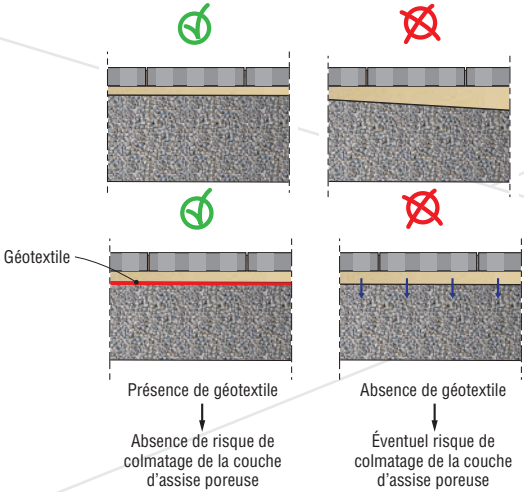
Épaisseur de sable égale à 3 cm ± 1 cm après pose des dalles
OUI

Épaisseur de sable trop importante (tassement différentiel)
NON

Épaisseur de sable trop faible ou lit de pose inexistant (poinçonnement de la dalle)
NON

⚠ Épaisseur du lit de pose après compactage des dalles : 3 cm ± 1 cm.

L'épaisseur du lit de pose doit être uniforme. Les variations d'épaisseur du lit de pose ne doivent pas servir à donner une pente au revêtement ni servir à corriger les défauts de planéité de l'assise qui doit être réglée en fonction du profil définitif.



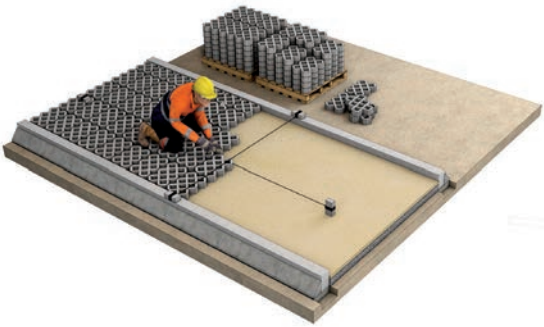
5.5.2 Pose des dalles

Il convient de respecter les préconisations du fabricant.

Les conditions de mise en œuvre et le matériel de pose doivent être adaptés à la réglementation en vigueur.

La pose s'effectue à l'avancement, le poseur évoluant sur la surface déjà réalisée.

⚠ L'alignement des dalles doit être vérifié au cordeau au minimum tous les 5 m.



On cherchera à éviter les découpes des dalles drainantes par un calepinage adapté lors de la conception.

5.5.3 Réalisation du remplissage des ouvertures

- **Caractéristiques des matériaux**

La granulométrie du matériau de remplissage des ouvertures doit être continue et compatible avec la nature du lit de pose afin d'éviter la migration des éléments fins.

Les ouvertures sont soit gravillonnées, soit engazonnées (mélange terre-sable).

Les ouvertures doivent être remplies par le matériau préconisé par le fabricant de dalles drainantes engazonnées ou gravillonnées, ce matériau devant correspondre à celui utilisé lors des essais de perméabilité selon le référentiel technique Cerib 353.E_v2. Il peut s'agir de gravillons dépourvus d'éléments fins (usuellement de granulométrie 2/4, 2/6 ou 4/6) ou de mélange terre-sable (usuellement en proportion 1/3 de sable pour 2/3 de terre végétale).

- **Mise en œuvre**

- Gravillons

Le garnissage des vides s'effectue à l'avancement, à la pelle et au râteau.

⚠ Les dalles ne sont pas soumises à l'opération de damage qui risquerait de les endommager.

- Engazonnement

Le mélange terre-sable est mis en remblai à refus par plusieurs passes avec arrosage pour tasser le matériau.

Il est souhaitable de laisser tasser quelques jours en arrosant, si possible.

L'engazonnement est alors réalisé avec des graines robustes à croissance lente, adaptées au climat, et le remblai est achevé avec un mélange de terre végétale et d'humus ou d'humus pur.

En tout état de cause, les règles de l'art pour l'engazonnement doivent être respectées.

⚠ La teneur en eau du matériau doit permettre sa mise en œuvre.

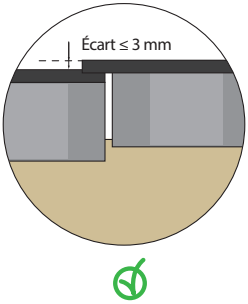
6. CONTRÔLES

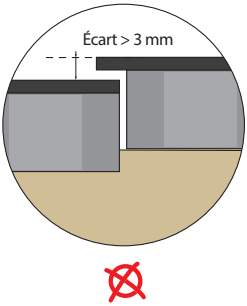
- **Contrôle de nivellement**

Les tolérances par rapport aux côtes prescrites dans chacun des profils en travers et des profils en long du projet sont de ± 10 mm.

Le nivellement est réputé convenir lorsque cette tolérance est respectée pour 95 % des points contrôlés, tout écart n'étant jamais supérieur à 20 mm.

Le désaffleurement entre deux éléments contigus, mesuré à l'aide de deux réglettes identiques adaptées à la longueur des éléments de part et d'autre du joint, ne doit pas être supérieur à 3 mm s'il y a présence d'un chanfrein et à 2 mm dans les autres cas.

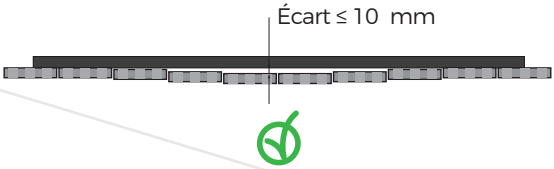


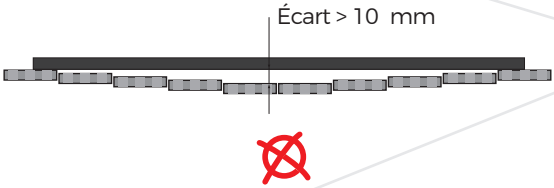


• Contrôle de planimétrie

Dans le cas de surfaces planes, les contrôles de planimétrie sont effectués à la règle fixe ou roulante de 3 m selon les normes NF P 98-218-1 et NF P 98-218-2 dans deux directions perpendiculaires.

La hauteur maximale de défaut d'uni doit être inférieure ou égale à 10 mm.





• Contrôle visuel

Les contrôles visuels concernent

- la propreté du revêtement
- l'intégrité des produits
- le respect des textures et des teintes prescrites
- le respect du calepinage et de l'appareillage
- la qualité du remplissage des joints
- la régularité de la largeur des joints et de leur éventuel désaxement

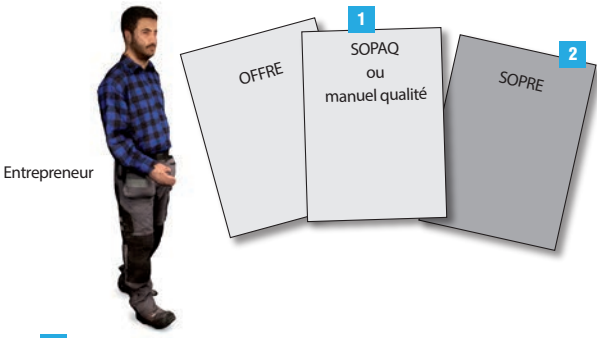
7 REMISE EN SERVICE

La circulation peut être rétablie directement après la réception de l'ouvrage.

⚠ Après plusieurs jours de mise en service, une opération de regarnissage des joints/des vides peut s'avérer nécessaire.

8 MAÎTRISE DE LA QUALITÉ DU CHANTIER

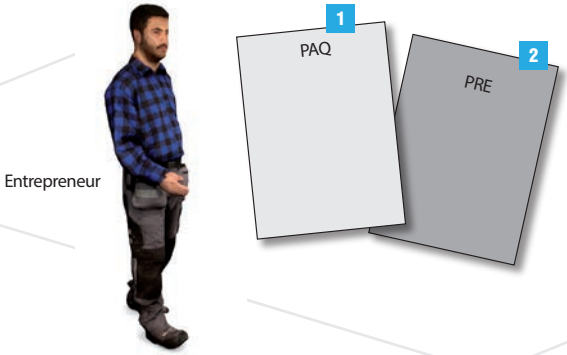
A la remise de l'offre :



1 Schéma Organisationnel du Plan d'Assurance Qualité SOPAQ

2 Schéma d'Organisation du Plan de Respect de l'Environnement SOPRE

Pendant la période de préparation :



1 Plan d'Assurance Qualité PAQ

2 Plan de Respect de l'Environnement PRE

Le PAQ (Plan Assurance Qualité) de l'entrepreneur définit et décrit tous les éléments généraux du système qualité mis en place en termes de moyens, d'organisation et de procédures. Il reprend et complète le SOPAQ (Schéma Organisationnel du Plan d'Assurance Qualité) ou le Manuel Qualité de l'entrepreneur.

Le PRE (Plan de Respect de l'Environnement) définit les moyens et procédures mis en œuvre pour respecter les prescriptions environnementales fixées par le maître d'ouvrage et réaliser ses engagements en matière de performances environnementales. Il précise et complète le SOPRE (Schéma d'Organisation du Plan de Respect de l'Environnement).

Le CCTP précisera s'il impose ou non la fourniture d'un PAQ et d'un PRE. Pour les petits chantiers (inférieurs à 15 jours par exemple), le PAQ et le PRE peuvent être constitués par des extraits du Manuel Qualité et de procédures de l'entrepreneur.

Le contrôle extérieur est réalisé par le maître d'œuvre, indépendamment de l'entrepreneur.

9 ENTRETIEN

9.1 Maîtrise du colmatage

La perméabilité des revêtements drainants est conditionnée par leur entretien régulier. La fréquence d'intervention dépend de la quantité de sédiments qui risque de s'accumuler dans le temps sur la surface drainante. La fréquence est à définir par des contrôles visuels ou par des évaluations (essais in situ à l'aide de l'essai du double anneau par exemple) de la drainabilité de la surface drainante.

Quelle que soit la fréquence prévue, un entretien avant la période hivernale est recommandé car il élimine les débris qui peuvent entraîner le colmatage du réseau de vides communiquant.

Les méthodes de nettoyage recommandées sont le lavage et l'aspiration. Il faudra cependant limiter la puissance et la fréquence des nettoyages par aspiration afin d'éviter le dégarnissage des joints.

Lorsqu'un lavage à l'eau sous pression est pratiqué, la pression ne doit pas dépasser 4 à 5 MPa (40 à 50 bars) et l'angle d'attaque doit être inférieur à 30 degrés par rapport à la surface afin de limiter le plus possible le dégarnissage des joints et ouvertures de drainage.

En cas de dégarnissage des joints et ouvertures de drainage, des opérations de regarnissage sont nécessaires.

9.2 Gestion des polluants

En cas de pollution chronique (retombées atmosphériques sèches, apports des véhicules, usure des chaussées), les revêtements drainants peuvent contribuer à diminuer la pollution.

Les revêtements drainants permettent d'éviter le ruissellement de l'eau et donc son chargement en polluants et peuvent faciliter le piégeage, voire la destruction, des polluants par diverses actions (filtre des couches poreuses, décantation, réduction de la pollution organique via l'oxygène, infiltration dans le sol sous-jacent).

S'il y a un risque de contamination du sol sous-jacent, il peut être nécessaire de mettre en place un géotextile destiné à piéger les polluants. Certains géotextiles permettent également d'éliminer les polluants fixés.

Des éléments d'aide au choix des géotextiles sont donnés dans le Cahier Technique n° 5811 du Moniteur élaboré par le Comité Français des Géosynthétiques (CFG).

9.3 Gestion hivernale

- **Action du gel**

A cause des échanges thermiques plus rapides sur les revêtements drainants dont la surface spécifique est plus importante qu'un revêtement traditionnel, le verglas risque d'apparaître plus rapidement que sur des surfaces imperméables. Cet aspect doit donc être pris en compte par le gestionnaire de la voirie, en adaptant les conditions de salage.

Il convient d'éviter le sablage des surfaces revêtues de revêtements drainants en produits préfabriqués en béton.

- **Action des agents de déverglaçage ou fondants**

Lors de l'utilisation des agents de déverglaçage ou fondants sur les revêtements drainants en produits préfabriqués en béton, il convient de veiller à :

- choisir un agent de déverglaçage à faible quantité d'insolubles (sel de classe A de préférence, selon la norme NF EN 16811-1), afin d'éviter le colmatage
- utiliser de manière raisonnée le salage (quantité et fréquence)

- **Déneigement**

Quel que soit l'outil de déneigement utilisé (pelle, brosse rotative, souffleuse ou fraise à neige, déneigeuse…), les grattoirs en caoutchouc ou en plastiques doivent être privilégiés et les grattoirs métalliques évités.

⚠ Les revêtements drainants ne doivent pas être utilisés pour une zone de stockage de la neige (risque de colmatage dû à des débris et de pollution de la nappe en présence d'une forte teneur en sels de déverglaçage).

9.4 Maintenance et réparations

- **Regarnissage des joints**

Les joints doivent être vérifiés régulièrement et regarnis pour qu'ils continuent à assurer le contact entre les produits.

Un regarnissage périodique des joints peut être à prévoir en fonction des conditions d'utilisation et d'entretien du revêtement. Il se pratique de la même façon que lors de la pose initiale.

Le regarnissage doit être réalisé avec le matériau préconisé par le fabricant des produits préfabriqués en béton, ce matériau devant correspondre à celui utilisé lors des essais de perméabilité selon le référentiel technique Cerib 353.E_V2.

- **Endommagement des produits**

De par la modularité du revêtement en produits préfabriqués, les produits éventuellement abimés peuvent être déposés, puis remplacés par des produits neufs.

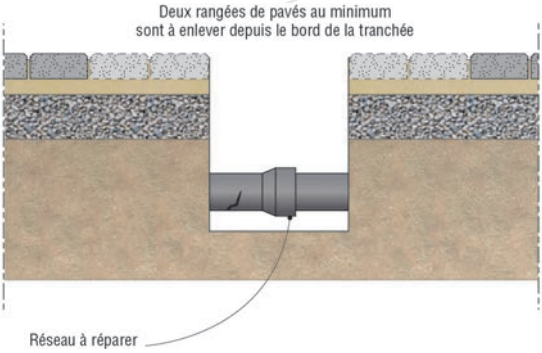
- **Orniérage/enfoncement**

Lors d'enfoncement et/ou d'orniérage constatés de la voirie, il convient de déposer le revêtement, procéder au remplissage et/ou à la réparation de la couche de fondation, puis de reposer les produits.

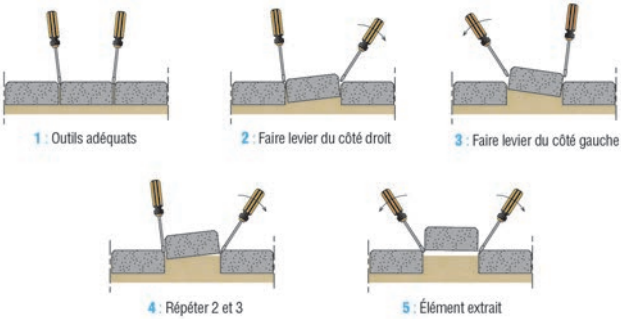
Le lit de pose doit être identique au matériau d'origine et le regarnissage des produits doit être réalisé avec le matériau préconisé par le fabricant, ce matériau devant correspondre à celui utilisé lors des essais de perméabilité selon le référentiel technique Cerib 353.E_v2.

- **Travaux de voirie nécessitant le démontage des produits**

Lors d'une intervention de voirie (pose ou réparation d'un réseau ou d'une canalisation par exemple), il peut être nécessaire de déposer le revêtement de la chaussée ou du trottoir pour accéder à la zone d'intervention, comme le montre la figure ci-après.



La nature démontable des pavés et des dalles permet de les enlever et de les stocker afin de pouvoir les remettre en place une fois les travaux achevés.



La repose des produits nécessitera de respecter l'ensemble des spécifications de pose à neuf.

Préalablement à leur réemploi, les produits seront brossés pour retirer tous débris ou particules de sol fixés sur le produit.

- **Entretien des revêtements végétalisés**

L'engazonnement de dalles drainantes nécessite pour conserver sa densité un entretien adapté :

- Fertilisation : par un apport d'engrais à action prolongée, deux fois par an.
- Arrosage : par un apport régulier d'eau suffisant et adapté à l'essence végétale, surtout dans les périodes de faible pluviométrie ou de sécheresse.
- Tonte : sa fréquence varie en fonction des conditions météorologiques et des essences choisies. Il est préférable de tondre régulièrement au printemps et à l'automne en laissant 5 cm de pousse au-dessus de la surface de revêtement. Il convient d'éviter la tonde en période de sécheresse pour éviter son dessèchement et par temps humide pour éviter la propagation des maladies.
- Désherbage : le recours aux pesticides et aux désherbants est évité par une gestion différenciée. Elle est possible en « laissant faire la nature », afin de conserver des refuges de biodiversité qu'un entretien intensif contribuerait à appauvrir et menacer.

Il est recommandé de prendre en compte les précautions d'usage suivantes :

- Ramasser systématiquement les déchets de tonte
- Ramasser impérativement les feuilles mortes régulièrement à l'automne

- Déneiger mécaniquement, l'utilisation de sel de déneigement est à proscrire
- Éviter les stationnements de longue durée afin d'assurer au gazon une exposition régulière à la lumière et à la pluie.

10. **DOCUMENTS UTILES**

- NF EN 1338
  Pavés en béton - Prescriptions et méthodes d'essai
- NF EN 1339
  Dalles en béton - Prescriptions et méthodes d'essai
- NF EN 1340
  Éléments pour bordures de trottoir en béton - Prescriptions et méthodes d'essai
- NF P 98-340/CN
  Éléments pour bordures de trottoir en béton - Prescriptions et méthodes d'essai (complément national à la NF EN 1340)
- NF P 98-335
  Chaussées urbaines - Mise en œuvre des pavés et dalles en béton, des pavés en terre cuite et des pavés et dalles en pierre naturelle
- NF P 98-086
  Dimensionnement structurel des chaussées routières - Application aux chaussées neuves
- NF 072
  Pavés de voirie en béton
- NF 187
  Dalles de voirie et toiture en béton
- Fascicule 70-2 du CCTG « Ouvrages de recueil, de stockage, de restitution des eaux pluviales »
- Rapport CERIB 353.E_v2
  Éléments modulaires en béton pour revêtement des ouvrages d'infiltration des eaux pluviales : Référentiel technique
- CERIB 153.E
  Guide de pose - Bordures et caniveaux préfabriqués en béton

- DP 139
  Les revêtements drainants en produits préfabriqués en béton - Des solutions pour lutter contre l'imperméabilisation des surfaces urbaines
- VoirIB
  Logiciel de dimensionnement des chaussées revêtues de pavés et de dalles en béton préfabriqué

- Cahier technique Le Moniteur / Comité Français des Géosynthétiques n° 5811
  Définition, mise en œuvre et dimensionnement des géosynthétiques

11. **ADRESSES UTILES**

• CERIB - 1 rue des Longs Réages - CS 10010 - 28233 Épernon Cedex
Tél. 02 37 18 48 00
www.cerib.com

• FIB - 15 boulevard du Général de Gaulle - 92120 Montrouge
Tél. 01 49 65 09 09
www.fib.org

ANNEXE **1**

Éléments de conception des ouvrages comprenant des revêtements drainants en produits préfabriqués en béton

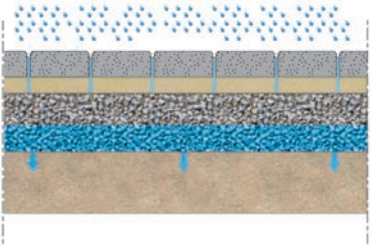
1. **Conditions préalables à la mise en œuvre**

A l'élaboration du projet, le maître d'œuvre doit prendre en compte :

- Le contexte urbain (réseaux, encombrement…), l'usage de l'espace projeté et la topographie du site (pentes, obstacles, exutoires possibles).
- Le contexte géotechnique et hydrologique : perméabilité des sols en place, capacité de rétention, possibilité de créer des ouvrages souterrains, présence et niveau de la nappe phréatique, divers écoulements…
- Les exigences et prescriptions requises applicables sur le site (SDAGE, PLU, zonage pluvial…) ainsi que la caractérisation des évènements pluvieux propres au site d'étude (intensité, durées et périodes de retour).

La perméabilité du sol conditionne l'emploi des revêtements drainants en produits préfabriqués en béton :

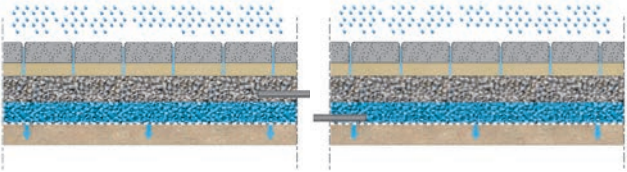
- Si le coefficient de perméabilité du sol en place est supérieur à 10^{-6} m/s, l'emploi de revêtements drainants en produits préfabriqués en béton est envisageable pour une infiltration directe dans le sol.



Note : Si le coefficient de perméabilité du sol en place est supérieur à 10^{-2} m/s, des dispositions pour prévenir un risque de pollution sont alors à considérer (couche filtrante, système de prétraitement des eaux…).

- Si le coefficient de perméabilité du sol en place est inférieur à 10^{-5} m/s, l'emploi de revêtements drainants en produits préfabriqués en béton est envisageable mais il peut être nécessaire de coupler l'infiltration

dans le sol en place à une structure réservoir permettant de différer la restitution des eaux pluviales stockées.



Le tableau ci-dessous synthétise les possibilités d'infiltration en fonction des types de sols en place :

K (m/s)	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	10^{-10}	10^{-11}
Types de sols	Gravier sans sable ni éléments fins			Sable avec gravier Sable grossier à sable fin		Sable très fin Limon grossier à limon argileux			Argile limoneuse à argile homogène		
Possibilités d'infiltration	Excellentes			Bonnes		Moyennes à faibles			Faibles à nulles		

L'environnement du projet conditionne également la possibilité de recourir à des revêtements drainants en produits préfabriqués en béton :

Les solutions d'infiltration ne sont pas adaptées :

- dans les zones d'eaux protégées (périmètre de protection de captage d'eau potable, zone de Plan de Prévention de Risques, Zone Naturelle d'Intérêt Écologique…), en raison du risque de pollution accidentelle par infiltration ;
- dans les sols non propices à la présence d'eau (dissolution des sols, problèmes de retrait-gonflement…) ;
- lorsque le niveau de la nappe phréatique est situé à moins de deux mètres sous la base de la zone d'infiltration (nappe affleurante ou sub-affleurante) et que toute injection dans la nappe phréatique est proscrite ;
- dans les zones de forte utilisation de sels de déverglaçage à cause du risque de pollution de la nappe et de la dégradation éventuelle des produits poreux.

2. Choix des produits se basant sur le dimensionnement hydraulique

Le détail de la méthode de dimensionnement hydraulique d'un projet

d'infiltration est présenté dans le rapport du CERIB 353.E_v2 « Éléments modulaires pour revêtement des ouvrages d'infiltration des eaux pluviales : référentiel technique ».

L'objectif du dimensionnement hydraulique est de déterminer le coefficient de perméabilité du revêtement requis par le projet. Il nécessite la connaissance :

- des évènements pluvieux à prendre en compte (pluies types définies par le maître d'ouvrage) ;
- des caractéristiques des surfaces dont on veut récupérer les eaux pluviales (surface, coefficients de ruissellement…).

A partir de ces données, on détermine le coefficient de perméabilité K requis du revêtement de la surface d'infiltration qui doit tenir compte d'un coefficient de sécurité (couramment pris égal à 10) pour intégrer le changement climatique et le colmatage du revêtement pendant son utilisation.

Il est à rapprocher aux classes de performances définies dans les référentiels de certification (k1, k2 et k3) pour la sélection des produits.

Il est défini trois classes de coefficient de perméabilité (k1, k2 et k3) pour les revêtements drainants en produits préfabriqués en béton :

- $k1 > 10^{-3}$ m/s
- 10^{-4} m/s $< k2 \leq 10^{-3}$ m/s
- 10^{-5} m/s $< k3 \leq 10^{-4}$ m/s

⚠ Le coefficient de perméabilité peut être exprimé dans d'autres unités usuelles :

$$1\,\frac{mm}{min} = \frac{1}{60 * 1000}\,\frac{m}{s} = \frac{1}{60 * 1000}\,\frac{m^3}{s\,m^2} = \frac{10\,000 * 1000}{60 * 1000}\,\frac{L}{s\,ha} = \frac{10\,000}{60}\,\frac{L}{s\,ha}$$

Dans le cas d'une chaussée à structure réservoir, le volume d'eau à retenir ainsi que la hauteur totale de stockage nécessaire peuvent également être déterminés à l'aide du logiciel DUC+ en prenant en compte une pluie de projet.

⚠ Les éléments préfabriqués en béton Hydrocyl® permettant de constituer une structure réservoir ont une capacité de stockage de 600 litres d'eau par mètre cube apparent (p = 60 %).

3. Sélection des produits se basant sur le dimensionnement mécanique

Dans un premier temps, l'objectif du dimensionnement mécanique est de déterminer l'épaisseur des couches de la structure de chaussée nécessaire pour le trafic attendu pour la durée de service prévue.

Les critères pris en compte sont :

- Le trafic poids lourds caractérisé par le nombre de poids lourds sur la voie la plus chargée et leur agressivité
- La portance de la plateforme
- Les caractéristiques mécaniques des matériaux et des produits

Dans la pratique et pour les projets courants, on peut recourir à des « catalogues de structures ».

Des exemples structures de chaussées intégrant des revêtements drainants en produits préfabriqués en béton sont donnés pour différentes classes de trafic dans le document DP 139 « Les revêtements drainants en produits préfabriqués en béton - Des solutions pour lutter contre l'imperméabilisation des surfaces urbaines ».

⚠ Le dimensionnement mécanique des structures de chaussées en pavés et dalles en béton peut être réalisé à l'aide du logiciel VoirIB.

Les domaines d'emploi des différents revêtements drainants en produits préfabriqués en béton sont :

• Pavés et dalles à joints larges

Les domaines d'emploi sont définis, suivant la norme NF P 98-335, comme suit :

	Trafic PL ≥ 35 kN de PTAC [1]					
	T5	T4	T3-	T3+	T2	T1
	1 à 25	26 à 50	51 à 85	86 à 150	151 à 300	301 à 750
Pavés d'épaisseur nominale 6 cm posés sur sable (classe d'appellation T5)	oui	non	non	non	non	non
Pavés d'épaisseur nominale 8 cm posés sur sable (classe d'appellation T3-4)	oui	oui	oui	oui	non	non
Pavés d'épaisseur nominale 10 cm posés sur sable (classe d'appellation T3-4 épaisseur supérieure à 100 mm)	oui	oui	oui	oui	non	non

[1] Le trafic à prendre en compte est fonction de la largeur de la chaussée, si L < 5 m 100 % du trafic des deux sens (MJA : moyenne journalière annuelle), si 5 < L < 6 m 75 % et si L > 6 m 50 %

Les domaines d'emploi des dalles à joints larges sont définis par le référentiel de certification NF 187 :

Classes d'appellation NF					
S4	T7	T11	U14	U25	U30
Véhicules légers de charge par roue < 6 kN	Véhicules de livraison de charge par roue < 9 kN	Véhicules de charge par roue < 25 kN		Véhicules de charge par roue ≤ 65 kN	
		Circulation occasionnelle et à vitesse réduite	Circulation normale	Circulation occasionnelle et à vitesse réduite	Circulation normale

• Pavés en béton poreux

Le domaine d'emploi est défini, suivant le référentiel de certification NF 072, comme suit :

	Trafic PL ≥ 35 kN de PTAC					
	T5	T4	T3-	T3+	T2	T1
	1 à 25	26 à 50	51 à 85	86 à 150	151 à 300	301 à 750
Pavés d'épaisseur nominale 8 cm (classe d'appellation T3-)	oui	oui	oui	non	non	non
Pavés d'épaisseur nominale 10 cm (classe d'appellation T3-)	oui	oui	oui	non	non	non

- **Dalles drainantes engazonnées ou gravillonnées**

Les domaines d'emploi des produits sont validés par un essai mécanique en conditions de pose.
Ils sont définis, suivant le référentiel de certification - certification NF 187 :

<table>
<tr><th colspan="6">Classes d'appellation NF</th></tr>
<tr><th>D1</th><th>D2</th><th>D3R</th><th>D4R</th><th>D5E</th><th>D5P</th></tr>
<tr><td rowspan="2">Véhicules légers de charge par roue < 6 kN</td><td rowspan="2">Véhicules de livraison de charge par roue < 9 kN</td><td>Véhicules de charge par roue < 25 kN</td><td>Véhicules de charge par roue ≤ 65 kN</td><td rowspan="2">Fourgon pompier échelle déployée</td><td rowspan="2">Fourgon Pompe Tonne</td></tr>
<tr><td>Circulation occasionnelle et à vitesse réduite</td><td>Circulation occasionnelle et à vitesse réduite</td></tr>
</table>

ANNEXE **2**

Sécurité - Prévention des risques

L'OPPBTP précise dans la publication « Bases règlementaires de la prévention dans le bâtiment et les travaux publics » les principes généraux de la prévention énumérés dans le Code du travail pour que les entreprises mettent en œuvre des actions destinées à préserver la santé et la sécurité des salariés :

- Éviter les risques et évaluer ceux qui ne peuvent être évités
- Combattre les risques à la source et adapter le travail à l'homme
- Tenir compte de l'état d'évolution de la technique et remplacer ce qui est dangereux par ce qui ne l'est pas ou l'est moins
- Planifier la prévention
- Prendre des mesures de protection collective en leur donnant la priorité sur les équipements de protection individuelle
- Donner des instructions appropriées aux travailleurs

Pour les salariés, l'OPPBTP évoque dans la publication « Bons comportements prévention pour les salariés des entreprises du BTP » des principes visant à prévenir les risques :

- M'engager en améliorant mon comportement :
  - sur le chantier : application des méthodes prévues, respect des consignes
  - sur la route : ceinture de sécurité en conduite, respect du Code de la route
- Maîtriser les risques de mon poste de travail : conscience des risques du métier, utilisation des protections collectives, port des protections individuelles, vérification de l'absence de danger avant de quitter le poste de travail
- Remonter les informations : signalement des dangers immédiats aux collaborateurs, proposition d'amélioration
- M'informer et me former : participation aux formations, application des formations, partage de connaissances

- Connaître mes devoirs : responsabilité de sa sécurité et de celle des autres, usage précautionneux du matériel et des installations
- Respecter l'organisation du chantier : utilisation des circulations prévues, utilisation des zones de stockage définies, application des consignes du poste de travail
- Bien utiliser le matériel : vérification du matériel, alerte en cas de matériel défectueux, respect des consignes
- Préserver ma santé et respecter les consignes d'hygiène : respect des consignes d'utilisation des produits dangereux, respect des règles usuelles d'hygiène, bon usage de la visite médicale, réduction de l'effort physique par des moyens de manutention ou par l'entraide
- Secourir en cas d'urgence : connaissance des secouristes, formation aux « gestes qui sauvent »
- Préserver l'environnement : usage des bennes à déchet mises à disposition (proscrire les rejets à l'égout de produits dangereux/les déchets brulés sur le chantier)

Pour compléter cette information : https://www.preventionbtp.fr/

NOTE

LES
SMART
SYSTÈMES
EN BÉTON

SMART SYSTÈMES EN BÉTON est le nouveau programme de valorisation de l'industrie des produits préfabriqués en béton et de l'intelligence embarquée dans chacun de ses systèmes. Cette intelligence est le fruit d'une expérience passionnée, engagée et collective, qui s'enrichit de chaque nouvel enjeu émergeant pour les professionnels de la construction.

Les SMART SYSTÈMES EN BÉTON, c'est une industrie humaine et responsable, un matériau intelligent au cœur de la vie et au service de tous, des systèmes intelligents pour vous, qui construisez le futur de nos territoires et cadres de vie.

www.fib.org

CERIB Expertise concrète

FÉDÉRATION DE L'INDUSTRIE DU BÉTON

DP 136 - Mars 2021 - Crédits photos : ©Alkern - ©Celtys - ©Ceriib - ©Fabemi - ©Groupe Saint Léonard - ©Heinrich & Book - ©Stradal - www.ceriib.com