

AMÉNAGEMENTS URBAINS ET PRODUITS DE VOIRIE EN BÉTON

Conception et réalisation



**AMÉNAGEMENTS URBAINS
ET PRODUITS DE VOIRIE EN BÉTON**

Conception et réalisation

**Cet ouvrage a été mis à jour par
Joseph Abdo, CIMBÉTON, et Lionel Monfront, CERIB,
et réédité en 2011**

Les contributions à la version originale de l'ouvrage :

Joseph	ABDO	CIMBÉTON
Yves	BEACCO	FIB
Didier	BONDUE	FIB
Gérard	BONNET	CERTU
François	BONVALOT	CERTU
Jacques	BONAVENTURE	Ville de Marseille
Jean-Michel	BRASQUET	Ville de Créteil
Daniel	BRULHET	CAUE du Var
Michèle	CATHERIN	FIB
Robert	CHARVIN	CERTU
Jean-Pierre	CHRISTORY	L.R.O.P.
Jean-Marc	CLUZAUD	Ingénieur Conseil
Jean-François	CORTÉ	LCPC
Roland	DALLEMAGNE	CIMENTS VICAT
Bernard	DARBOIS	CIMBÉTON
Gérard	DEGAS	CERIB
Claude	DERACHE	CIMENTS CALCIA
Francis	DUTRUEL	CERIB
Pierre	FAUVEAU	ATILH
Jean-Pierre	FIORASO	Ville de Grenoble
Patrick	GUIRAUD	LAFARGE CIMENTS
Emmanuel	HAAG	CIMENTS D'ORIGNY
Guy	HOULÈS	FIB
François	JANSSEN	FIB
Marc	LAINÉ	FIB
Gilles	LAURENT	CETE de l'Ouest
Roger	LE FOURN	Ville de Brest
Hubert	LEPICARD	FIB
Bernard	MATOU	FIB
Jean-Noël	MONIER	FIB
Joël	ORHAN	APP-BTP
Daniel	PETITJEAN	Ville de Clermont-Ferrand
Claude	ROUSSEL	AIVF
Gérard	RICARD	Ville de Paris
Marc	SEGUELA	Ville de Toulouse
Michael	TÉMÉNIDÈS	CIMBÉTON
Catherine	VINCENSINI	AFNOR
Joseph	VIVALDACH	C.U. Bordeaux
René	VRIGNAUD	Ville de Nantes

Avant-propos

● La préoccupation actuelle des aménageurs est de rendre à l'espace public sa vocation d'origine: être un lieu de vie, de rencontres, d'échanges où tous les usagers doivent cohabiter harmonieusement.

La conception de cet espace « **d'équilibre** » doit aussi tenir compte du respect de l'environnement, de l'harmonie du site et des aspirations des élus pour le maintien de l'identité de leur ville et le souci de la qualité de vie des citoyens. Elle doit aussi intégrer le coût économique aussi bien dans la phase d'investissement que dans celle de la gestion de l'ouvrage.

Les bordures et caniveaux, les pavés et les dalles en béton apportent dans cette logique une réponse à laquelle on a fréquemment recours. Par le jeu de leurs formes, de leurs couleurs et de leurs textures multiples, ces produits personnalisent, facilitent l'usage et enrichissent l'espace par opposition aux revêtements uniformes.

Leur modularité offre aussi des avantages spécifiques particulièrement importants en milieu urbain tels que la facilité de démontage du revêtement pour les interventions sous voiries avec la possibilité de réemploi, l'interchangeabilité et une mise en service quasi immédiate.

Le rôle du mobilier urbain dans les espaces publics est tout aussi important. Là encore, le matériau béton donne le pouvoir à l'imagination. En effet, matériau moulable, le béton s'adapte à la fonction visée, se met en forme et en couleur pour mieux s'intégrer au site.

Le but du présent document est de rassembler les prescriptions essentielles nécessaires à la conception et à la réalisation d'espaces urbains et de revêtements de voirie circulés, à base de produits en béton. Il complète les documents et outils à la disposition des maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre et entrepreneurs (normes, certifications de qualité, logiciels de conception, CCTG *, guides professionnels...).

Dans l'esprit d'une réflexion, d'une conception, et d'une réalisation plus intégrées des ouvrages, le groupe de rédaction de ce document s'est efforcé de formaliser les éléments de connaissances disponibles à ce jour tant sur le plan conceptuel, organisationnel et relationnel que technique. Il était en effet important de situer l'emploi des techniques du béton modulaire au sein de l'ensemble du processus d'aménagement. Ainsi, sont successivement abordés dans le présent document les points suivants :

- la réponse aux besoins de l'aménageur et du gestionnaire – fonctionnalité et qualité des produits en béton ;**
- la conduite d'un projet d'aménagement – les intervenants, la méthode, le cheminement ;**
- la conception et le dimensionnement d'un ouvrage – les principes, les outils ;**
- la réalisation des ouvrages ;**
- l'entretien des ouvrages.**

* CCTG (Cahier des Clauses Techniques Générales)

Sommaire

● I - Réponse aux besoins de l'aménageur et du gestionnaire	11
1.1 - Introduction	12
1.2 - Les exigences en matière d'aménagements et d'exploitation	12
1.2.1 - La structuration de l'espace urbain et sa personnalisation	12
1.2.2 - Les caractéristiques superficielles	13
1.2.3 - La garantie d'ouvrages durables	13
1.2.4 - L'esthétique, l'intégration à l'environnement	14
1.2.5 - La souplesse d'emploi, de mise en œuvre et d'entretien	14
1.2.6 - Le critère économique	15
1.3 - Les éléments modulaires en béton face aux exigences de l'aménegeur et du gestionnaire	16
1.3.1 - Bordures et caniveaux modulaires en béton	16
1.3.2 - Les pavés et dalles en béton	22
1.3.3 - Le mobilier urbain en béton	31
1.4 - La réponse à l'exigence de respect de l'environnement	36
1.4.1 - Des matières premières illimitées	38
1.4.2 - Une production dans des conditions contrôlées	38
1.4.3 - Mise en oeuvre : des transports de matériaux limités	38
1.4.4 - Vie en oeuvre : une fonction assurée durablement	39
1.4.5 - Un matériau inerte aisément recyclable	39
1.4.6 - Des analyses tout au long du cycle de vie	40
● 2 - Conduite d'un projet d'aménagement	41
2.1 - Les intervenants	42
2.1.1 - Maîtrise d'ouvrage	42
2.1.2 - Maîtrise d'œuvre	43
2.1.3 - L'entreprise et ses fournisseurs	44
2.2 - Les phases de la conduite d'un projet d'aménagement	44

2.3 - La programmation	45
2.3.1 - Les études préalables	45
2.3.2 - Le programme	47
2.4 - La conception	48
2.4.1 - Le choix du maître d'œuvre	48
2.4.2 - Le choix de l'avant-projet	48
2.4.3 - Le choix du projet	50
2.5 - La réalisation	51

● **3 - Conception et dimensionnement d'un ouvrage** **53**

3.1 - Introduction	54
3.2 - Bordures et caniveaux en béton	55
3.2.1 - Documents de références spécifiques	55
3.2.2 - Choix des produits	56
3.3 - Pavés et dalles en béton	57
3.3.1 - Introduction	57
3.3.2 - Conception	58
3.3.3 - Dimensionnement	60

● **4 - Réalisation des ouvrages** **75**

4.1 - Bordures et caniveaux	76
4.1.1 - Réception des produits	76
4.1.2 - Terrassement	76
4.1.3 - Fondations	77
4.1.4 - Manutention	77
4.1.5 - Pose	78
4.1.6 - Calage	78
4.1.7 - Joints	79
4.1.8 - Réception de l'ouvrage	80
4.2 - Mise en œuvre des pavés	80
4.2.1 - Réception des produits	81

4.2.2 - Préparation de la plateforme	81
4.2.3 - Réalisation des assises	81
4.2.4 - Réalisation du revêtement	82
4.3 - Mise en œuvre des dalles	90
4.3.1 - Réception des produits	90
4.3.2 - Préparation de la plateforme	90
4.3.3 - Réalisation des assises	91
4.3.4 - Mise en œuvre des dalles selon la nature du lit de pose	91
4.3.5 - Manipulation des dalles sur chantier	98
4.4 - Travaux de drainage	98
4.5 - Ouvrages singuliers: traversées piétonnes, ralentisseurs, coussins et plateaux	99
4.6 - Mise en œuvre du mobilier urbain	102

● 5 - Entretien des ouvrages	103
5.1 - Spécificité de l'entretien des espaces urbains	104
5.2 - Faciliter le nettoyage	104
5.3 - Faciliter les réparations	105
5.4 - Les opérations d'entretien	105
5.4.1 - Petit entretien et nettoyage de surface	105
5.4.2 - Entretien préventif	105
5.4.3 - Entretien curatif du revêtement	106
5.4.4 - Entretien curatif de l'assise	106
5.5 - Recommandations pour le nettoyage du béton	106
5.6 - Recommandations pour traiter les taches sur le béton	108

● 6 - Bibliographie et adresses utiles	111
6.1 - Bibliographie	112
6.2 - Adresses utiles	114

Réponse aux besoins de l'aménageur et du gestionnaire

1.1 - Introduction

1.2 - Les exigences en matière d'aménagement et d'exploitation

1.3 - Les éléments modulaires en béton face aux exigences de l'aménageur et du gestionnaire

1.4 - La réponse à l'exigence de respect de l'environnement

1.1 Introduction

Les besoins de l'aménageur et du gestionnaire de voirie revêtent des aspects multiples qu'il convient de concilier. Pour l'aménageur, les enjeux portent à la fois sur la structuration de l'espace, sur sa personnalisation, sur l'intégration dans l'environnement, sur l'esthétique tout en renforçant la sécurité d'usage de l'espace et sur la prise en compte des exigences liées à l'intégration des personnes à mobilité réduite. On note aussi dans les nouveaux enjeux, la prise en compte croissante de la complémentarité et de l'interdépendance de la voirie et de l'assainissement pluvial dans l'aménagement de la ville pour un développement durable. Les critères du gestionnaire sont d'une autre nature. Ils concernent plus particulièrement la souplesse d'emploi et de réemploi, la facilité d'entretien et la pérennité. Les considérations d'ordre économique constituent aussi bien évidemment pour l'ensemble des acteurs un enjeu majeur.

1.2 Les exigences en matière d'aménagement et d'exploitation

1.2.1 - La structuration de l'espace urbain et sa personnalisation

Le sol occupe 30 à 50 % du champ de vision de l'utilisateur. Sa lecture se fait selon deux échelles :

- une échelle lointaine (places, rues...) où la structure et la couleur d'ensemble donnent une première impression ;
- une échelle proche où la texture, la couleur et les motifs sont perceptibles.

Le revêtement des sols se place donc comme un outil incontournable dans les projets de structuration et de personnalisation des espaces.

Ses objectifs peuvent alors être multiples :

- réaliser une nouvelle répartition dans l'affectation des sols (matérialiser des cheminements privilégiés pour une catégorie d'usagers, créer de nouveaux espaces...);
- homogénéiser un lieu, une place, un quartier;
- mettre en valeur une façade, un monument;
- renforcer la sécurité des usagers;
- favoriser les déplacements des personnes à mobilité réduite.

La grande variété de l'offre actuelle apporte des réponses intéressantes à ces nouvelles aspirations d'identité et de personnalisation de l'espace, du quartier ou même de l'agglomération.

1.2.2 - Les caractéristiques superficielles

Les besoins portent particulièrement sur le respect de la sécurité et du confort des usagers. La satisfaction à ce besoin se décline en exigences fonctionnelles tout à fait essentielles que constituent la résistance au glissement ou au dérapage et l'uni de surface, sans négliger l'aspect nettoyage qui peut en découler.

1.2.3 - La garantie d'ouvrages durables

D'une manière générale, la durabilité et la qualité à terme des ouvrages résultent de nombreux facteurs :

- la qualité du revêtement;
- la qualité de la conception de la structure de l'ouvrage;
- la qualité de la réalisation de l'ouvrage;
- la qualité de son entretien.

Les différents acteurs concernés disposent de nombreux outils contribuant à obtenir cette qualité dont :

- la certification de qualité et les normes attachées aux produits de revêtement, aux bordures et caniveaux qui constituent une garantie de leur tenue vis-à-vis des sollicitations mécaniques liées au trafic, des sollicitations climatiques ou des sollicitations résultant de l'entretien. Les spécifications correspondantes portent notamment sur les tolérances dimensionnelles, sur l'aspect, sur la résistance mécanique et sur la résistance au gel-dégel ;
- les normes de mise en œuvre des produits et les recommandations professionnelles ;
- les outils d'aide à la conception mécanique des ouvrages : guides et logiciels ;
- les CCTG et les CCTP ; etc.

1.2.4 - L'esthétique, l'intégration à l'environnement

Les exigences de l'aménageur portent là sur la variété des formes, des dimensions, des teintes et des textures qui lui permettent d'enrichir, de personnaliser, d'intégrer son projet tout en assurant les fonctions usuelles dévolues aux revêtements de sols. Les variétés offertes sont actuellement quasi sans limites. En effet, matériau moulé, le béton adapte sa forme. La palette de couleurs est étendue grâce au jeu des colorants et des granulats. Par ailleurs, les techniques de fabrication modernes permettent de proposer des textures diverses telles que l'aspect lavé, sablé, grenailé, flammé, etc.

1.2.5 - La souplesse d'emploi, de mise en œuvre et d'entretien

Compte tenu des multiples interventions sur la voirie urbaine, il convient de s'assurer de la bonne réparabilité du revêtement utilisé. À cet égard, les éléments modulaires, par nature démontables, apportent une réponse adaptée.

Même si la mise en œuvre est simple, elle nécessite néanmoins une technicité bien maîtrisée.

La modularité autorise une adaptation aisée à la réalisation des contours mouvementés ou à la réalisation des points singuliers sous réserve d'un calepinage préalable. Cette modularité facilite également les mariages avec d'autres matériaux.

1.2.6 - Le critère économique

L'approche financière doit tenir compte du niveau de satisfaction aux réponses apportées vis-à-vis des exigences précédemment évoquées.

Il convient de considérer qu'une solution esthétique n'est pas nécessairement une solution onéreuse. Dans la gamme des revêtements « qualitatifs » les coûts des produits modulaires en béton sont tout à fait compétitifs.

Par ailleurs, le poste « coût initial » du revêtement ne représente le plus souvent qu'une fraction limitée de l'enveloppe budgétaire globale de l'aménagement pris dans son ensemble, alors que sa contribution est tout à fait déterminante pour les usagers.

1.3 Les éléments modulaires en béton face aux exigences de l'aménageur et du gestionnaire

Bénéficiant d'une offre variée, suivie et complète, les produits en béton destinés aux aménagements urbains apportent des réponses adaptées aux exigences des aménageurs et des gestionnaires.

Il existe principalement trois grandes familles de produits :

- les bordures et caniveaux ;
- les pavés et les dalles ;
- le mobilier urbain.

1.3.1 - Bordures et caniveaux modulaires en béton

■ **1.3.1.1 - Structuration de l'espace**

Une composante essentielle dans la structuration des espaces grâce à des fonctions multiples.

● 1.3.1.1.1 - Traitement des emprises et des tracés

Le traitement des emprises et des tracés sont présentés ci-après sous forme d'illustrations.

Chicane à terre-plein central (figure 1)

Bordures d'accotement (type A) ou de trottoir (type T) associées éventuellement à des caniveaux de type CS.

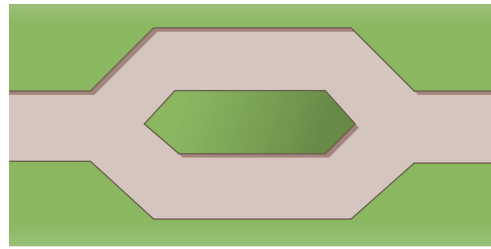


Figure 1

Rétrécissement à deux ou à une voie (figure 2 et 3)

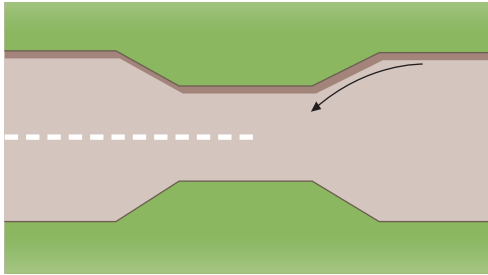


Figure 2

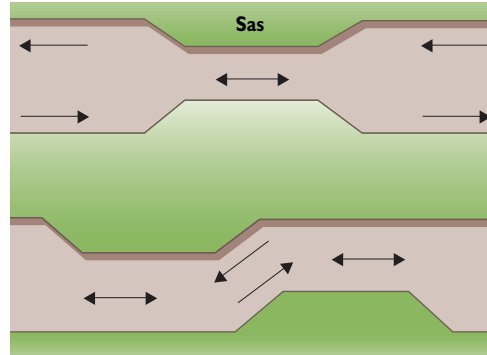


Figure 3

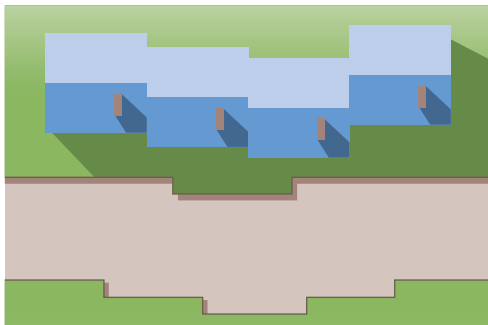


Figure 4

Cassure d'alignement, déport de chaussée (figure 4)

Bordures d'accotement (type A) ou de trottoir (type T) associées éventuellement à des caniveaux de type CS.

Séparation des voies circulées et des trottoirs



Séparation des îlots directionnels



• 1.3.1.1.2 - Traitement des espaces à usages et fonctions multiples

Bordure franchissable et caniveau associé



Fonctions et usages :

- traversées piétonnes et passages pour personnes à mobilité réduite ;
- stationnement possible des véhicules ;
- assainissement pluvial.

Caniveau double pente



Fonctions et usages :

- cohabitation piétons-véhicule ;
- assainissement pluvial.

■ 1.3.1.2 - Une grande variété de modèles

Les différents profils des bordures et caniveaux sont fournis par la figure 5.

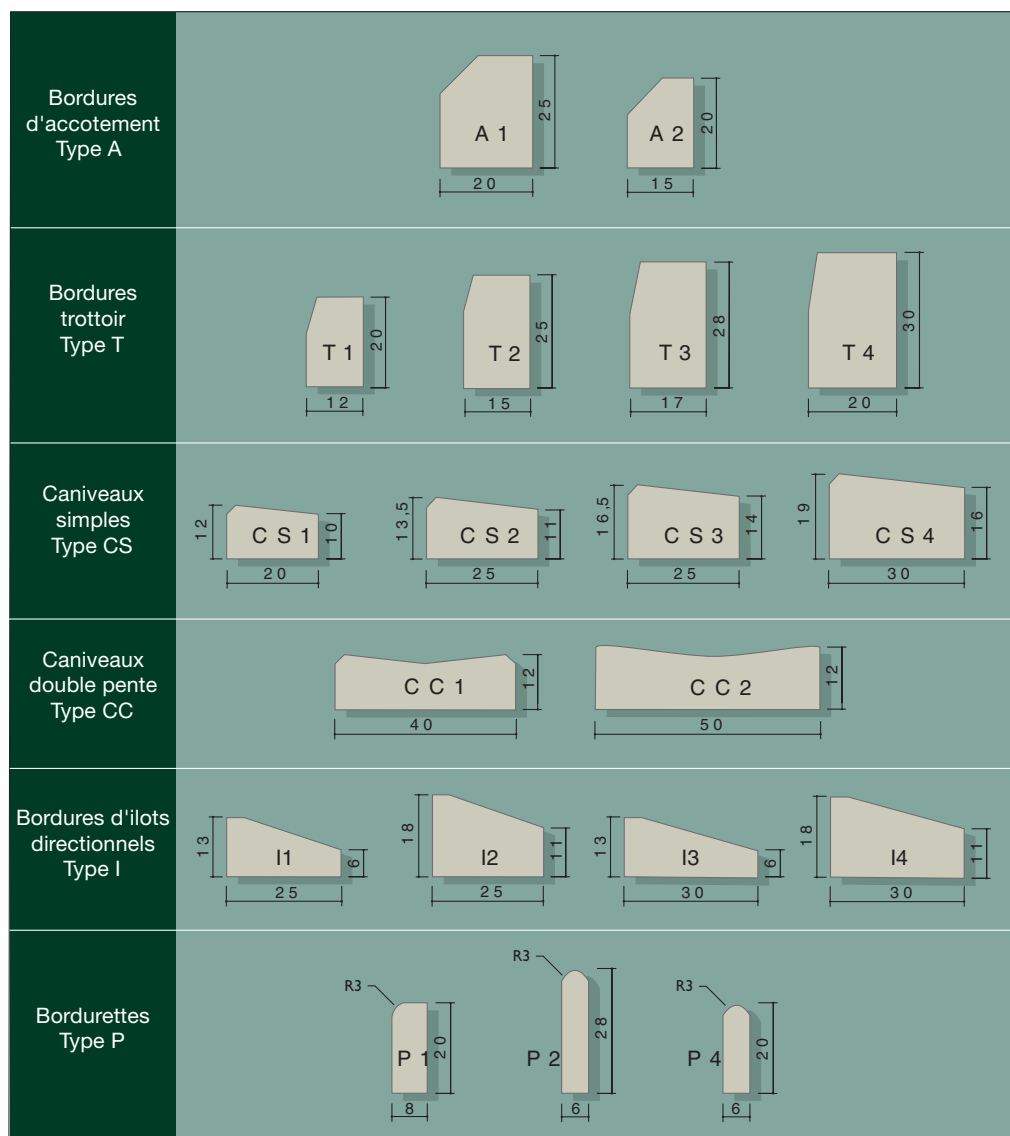


Figure 5 : Profils de bordures et de caniveaux selon NF EN 1340 et NF P 98-340/CN.

■ 1.3.1.3 - Caractéristiques superficielles et esthétiques

Des qualités d'adhérence et une nouvelle esthétique grâce à des couleurs et des textures variées bien maîtrisées.



Les bordures et caniveaux préfabriqués en béton offrent des formes, coloris et textures très diversifiés. Cette diversité autorise une bonne intégration des produits dans leur environnement.



■ 1.3.1.4 - *Souplesse d'emploi, mise en œuvre et entretien*

Les bordures en béton s'adaptent à tous les sites. Leur modularité est le facteur clé de cette adaptation. Il est en effet possible de traiter simplement aussi bien les changements de pente que les courbes. Des éléments de faible longueur permettent en effet de traiter des courbes de rayons réduits. Leur mise en œuvre est simple et doit être exécutée avec soin.

■ 1.3.1.5 - Garantie des produits

Une qualité des produits certifiée par la marque NF.

La marque NF complémentaire au marquage réglementaire CE garantit la conformité des produits à la norme NF EN 1340 et son complément national NF P 98-340/CN bordures et caniveaux préfabriqués en béton.

Exemples de double marquage CE et NF

CE 6,0 04 DUPONT 28 NF U 181 +DH +14

1 4 6 2 3 5

CE 6,0 1	NF U +DH 2 3
04 4	181 + 14 5
DUPONT à Épernon 6	

1 Résistance mécanique déclarée
 2 Classe de résistance mécanique certifiée
 3 ++ indique les caractéristiques optionnelles certifiées (D : gel/dégel/sels ; H : abrasion ≤ 23 mm)
 4 Année de fabrication
 5 Date de fabrication + délai avant mise en œuvre (jours)
 6 Nom du fabricant + site de production

Document pouvant figurer dans la documentation commerciale de l'usine (catalogue, verso des bords de livraison...)

<div style="font-size: 2em; font-weight: bold;">CE</div>	Bordures et caniveaux 04 EN 1340	DUPONT P 98-340/CN ÉPERNON
Pour revêtement de sol en extérieur, en intérieur (ignon 2) et pour trottoirs (ignon 2)		
Pour revêtement de sol en extérieur, en intérieur (ignon 2) et pour trottoirs (ignon 2)		
→ Réaction au feu : classe A1 (non combustible) (à partir 2) (selon NF EN 13501-2) → Performance au feu antérieur : réputée satisfaisante (à partir 2) (selon NF EN 13501-2) → Taux de contraction : faible (à partir 2) (selon NF EN 13501-2) → Résistance à la rupture (MPa) : 3,5 et 5,0 MPa ⁽¹⁾ (à partir 2) (selon NF EN 13501-2) → Résistance à la glissance au séchage (R ₁₀) : (à partir 2) (selon NF EN 13501-2) → des bordures courbes : satisfaisantes (à partir 2) (selon NF EN 13501-2) → des bordures dont la face supérieure est moulée au pelle : (selon 2) (selon NF EN 13501-2) → Conductivité thermique : (selon 2) (selon NF EN 13501-2) → Durabilité de la résistance mécanique et de la résistance à la glissance ou au dérapage : satisfaisante (à partir 2) (selon NF EN 13501-2)		
(1) Pour ce produit dans le tableau de la résistance mécanique figure au marquage.		
NF EN 1340 NF P 98-340/CN		
Les performances déclarées sont :		
Profil largeur hauteur	Classe de résistance mécanique Classe de réaction au feu Classe de performance au feu antérieur Classe de résistance à la rupture Classe de résistance à la glissance au séchage Classe de conductivité thermique Classe de durabilité de la résistance mécanique et de la résistance à la glissance ou au dérapage	Valeur Valeur Valeur Valeur Valeur Valeur Valeur
Le produit marqué NF est conforme au référentiel de certification NF (NF). Les spécifications techniques sont celles de la notice non réglementaire de la norme NF (NF EN 1340 complétée par la norme NF P 98-340/CN).		
Les données permettent de réaliser des ouvrages conformes au Règlement CE – Directive Produits – Casse des Classes Techniques Généralistes – Bordures et caniveaux en pierre naturelle ou en béton et dispositifs de revêtement en béton.		
Pour toute information consulter www.nf.fr		
(2) Le classe de performance certifiée figure directement sur le produit.		

La marque NF associe à chaque profil une utilisation définie et à chaque classe de résistance un domaine d'emploi recommandé. Elle garantit que les performances ont été contrôlées par un organisme tiers et qu'elles sont effectivement respectées de façon continue par le fabricant. Contractuellement, la marque NF (ou équivalent) peut être exigée comme mode de preuve de conformité aux normes précitées, car elle permet notamment de s'affranchir des essais de réception des produits sur chantier.

Les caractéristiques et niveaux de performances garanties par la marque NF concernent :

- les profils ;
- les tolérances dimensionnelles ;
- la résistance mécanique (trois classes) ;
- la résistance aux agressions climatiques (caractéristique complémentaire optionnelle) ;
- la résistance à l'abrasion (caractéristique complémentaire optionnelle) ;
- la résistance à la glissance pour les bordures et caniveaux polis.

La liste des usines fournissant des produits certifiés NF est consultable sur le site internet : www.cerib.com

■ 1.3.1.6 - Durabilité

La durabilité des bordures et caniveaux préfabriqués en béton est contrôlée en usine selon les normes applicables. Le référentiel de la marque NF des bordures et caniveaux préfabriqués en béton définit différentes classes de résistance aux agressions climatiques et à l'abrasion.

■ 1.3.1.7 - Critère économique

Les techniques de fabrication actuelles et les traitements de surface associés permettent la mise sur le marché de produits esthétiques, disponibles localement, à des coûts très compétitifs dans la gamme des produits qualitatifs.

1.3.2 - Les pavés et dalles en béton

■ 1.3.2.1 - Modules variés

Les normes NF EN 1338 « Pavés en béton » et NF EN 1339 « Dalles en béton » donnent les définitions suivantes :

- un produit est un pavé si le rapport de sa longueur à son épaisseur est au plus égal à 4 et si la dimension horizontale de toute section transversale distante de 50 mm d'une arête est supérieure à 50 mm ;
- un produit est une dalle dans les autres cas, étant précisé que leur plus grande dimension est limitée à 1 m.

Il existe sur le marché une grande variété de modules conformes à ces définitions aussi bien pour les pavés que pour les dalles. Toutefois, des **dalles de plus grandes dimensions** sont commercialisées. Ces dalles, généralement armées et dont les dimensions peuvent aller jusqu'à 2,00 × 2,00 m, font l'objet de dispositions spécifiques relatives à leur méthode de dimensionnement, leurs conditions de mise en œuvre et la garantie de leurs performances.

■ 1.3.2.2 - Structuration de l'espace

Une composante essentielle dans la création des espaces où l'on circule et où l'on vit. Les pavés et dalles permettent de réaliser, par le jeu des teintes, des formes et des textures, un meilleur repérage des zones affectées aux diverses catégories d'utilisateurs et des signalisations de surface très claires.





Les dalles podotactiles sont destinées à éveiller la vigilance des personnes aveugles ou malvoyantes lors de leurs cheminements (en particulier en cas de danger). Ces surfaces tactiles sont implantées au droit de traversées de chaussées en bordure de quais ferroviaires et de tramway, en bordure de trottoir non surélevé, au droit des traversées de voies ferrées non protégées par barrière de passage à niveau ou par feux de signalisation ou en haut de marches d'escalier. L'utilisation de dalles en béton de couleur claire ou colorée est particulièrement adaptée du fait de leur contraste visuel par rapport à la surface environnante.

■ 1.3.2.3 - *Caractéristiques superficielles*

Des qualités de résistance au glissement éprouvées grâce à des textures variées, adaptées à l'usage et bien maîtrisées.

La norme NF EN 1338 précise en ces termes: « Les pavés en béton présentent une résistance satisfaisante à la glissance et au dérapage, sous réserve que l'intégralité de leur surface supérieure n'ait été meulée et/ou polie pour obtenir une surface lisse. » Si une valeur est exigée, la méthode appliquée est celle du pendule SRT.



Essai SRT: pendule « Skid Resistance Test ».

■ 1.3.2.4 - Esthétique et intégration à l'environnement

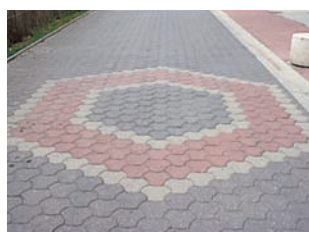
● 1.3.2.4.1 - Une vocation esthétique affirmée grâce à une large variété de couleurs, de formes, de dimensions et de combinaisons

Le revêtement doit être cohérent avec l'environnement. Les composantes de cette cohérence sont :

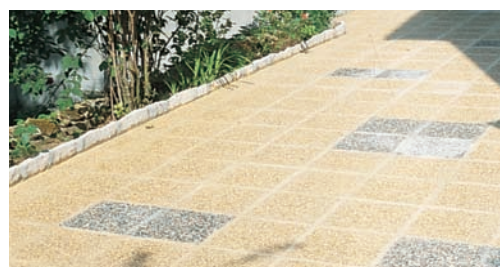
- l'intégration au site (ancien, moderne, urbain, rural, etc.) ;
- la liberté de créativité des architectes ;
- la personnalisation d'un site, d'un quartier ou d'une ville.

L'éventail des solutions qu'offrent les revêtements modulaires en béton vis-à-vis de ces composantes est sans limite. En effet, l'aménageur peut jouer sur la forme des modules, leur couleur et leur texture, leur appareillage et sur les mariages des modules entre eux.

La forme des modules



La couleur et la texture



Dalles et pavés veinés ou polychromes

Chapitre 1 • Réponse aux besoins de l'aménageur et du gestionnaire



Dalles et pavés à reliefs



Dalles et pavés lavés



Dalles et pavés grenillés



Pavés à l'aspect vieilli

Les appareillages et les mariages

Les appareillages et les mariages les plus couramment utilisés sont donnés par les figures 6, 7 et 8.

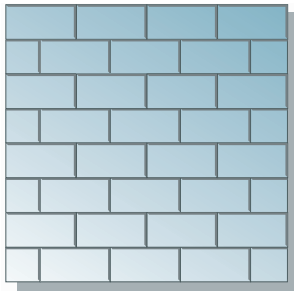


Figure 6:
pose à joints décalés.

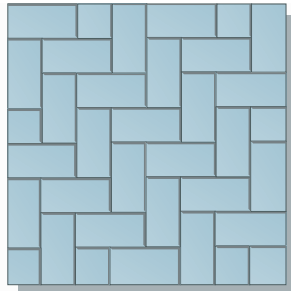
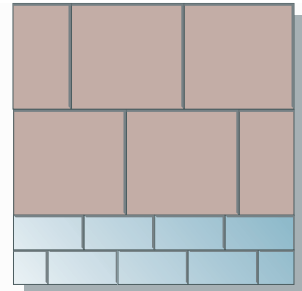


Figure 7:
pose en chevrons.



**Figure 8: mariage
de pavés et de dalles.**

● 1.3.2.4.2 - Une vocation écologique et « hydraulique »

– les pavés et les dalles gazon autorisent une bonne cohabitation entre espaces verts et automobiles ;



– les pavés et les dalles en béton perméables à l'eau, spécialement conçus pour assurer l'infiltration directe des eaux pluviales, apportent une réponse aux « techniques d'assainissement alternatives » et en particulier à la technique des chaussées réservoirs. En effet, la voirie représente une grande partie des surfaces

urbaines d'où l'idée d'utiliser les structures des chaussées pour stocker provisoirement les eaux de ruissellement, à la manière d'un bassin de rétention. L'infiltration au travers du revêtement s'effectue soit par l'utilisation d'éléments en béton perméable soit au travers des joints. Une autre possibilité de stockage temporaire des eaux de pluie est obtenue grâce à l'utilisation de pavés en béton perméables associés à une structure en éléments creux de stockage (figure 9).

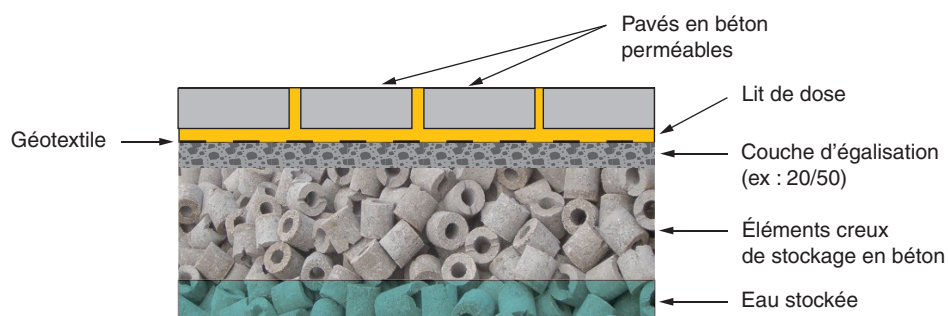


Figure 9 : Revêtement et structure réservoir en produits préfabriqués en béton

■ 1.3.2.5 - Souplesse d'emploi, mise en œuvre et entretien

Grâce à la modularité, les pavés et les dalles en béton s'adaptent à tous les sites. Il est en effet possible de traiter simplement, aussi bien les grandes surfaces que les surfaces réduites, les pentes que les courbes. Des éléments de faible module permettent de traiter des courbes de rayons réduits. Leur mise en œuvre est simple et doit être exécutée avec soin selon la norme NF P 98-335 « Mise en œuvre des pavés et dalles en béton, des pavés en terre cuite et des pavés et dalles en pierre naturelle ». La pose sur sable autorise les déposes et les réemplois permettant ainsi des interventions localisées.

■ 1.3.2.6 - Garantie des produits

Une qualité certifiée par la marque NF.

La marque NF complémentaire au marquage réglementaire CE garantit la conformité des produits à la norme NF EN 1338 pour les pavés et NF EN 1339 pour les dalles. La marque NF garantit que les performances ont été contrôlées par un

organisme tiers et qu'elles sont effectivement respectées de façon continue par le fabricant. Contractuellement, la marque NF (ou équivalent) peut être exigée comme mode de preuve de conformité aux normes précitées, car elle permet notamment de s'affranchir des essais de réception des produits sur chantier.

La norme NF P 98-335 précise :

- pour les produits titulaires de la marque NF ou faisant l'objet d'une certification étrangère reconnue équivalente la conformité des produits est assurée par la vérification de la classe de résistance prescrite et des prescriptions complémentaires éventuelles, du marquage, de l'intégrité des produits et des quantités livrées ;
- pour les produits non titulaires de la marque NF ou d'une certification étrangère équivalente le contrôle de conformité des produits se fait par lot de produits retenus pour le chantier dans un lieu convenu entre l'acheteur et le fournisseur avant leur mise en œuvre selon l'annexe normative B des normes NF EN 1338 et NF EN 1339. Il est rappelé que l'ensemble des caractéristiques prescrites doit être vérifié y compris la résistance au gel-dégel si elle est prescrite.

Les caractéristiques et niveaux de performances garanties par la marque NF concernent :

- les tolérances dimensionnelles
- la résistance mécanique (charge de rupture et résistance) ;
- la résistance aux agressions climatiques (deux classes) ;
- la résistance à l'abrasion ;
- la résistance à la glissance pour les pavés et dalles polis.

La marque NF définit pour chaque classe d'appellation le lien entre le domaine d'emploi et les performances des produits.

La norme NF P 98-335 précise le domaine d'emploi des produits en fonction des classes de trafic et des conditions de pose.

Exemple de double marquage CE et NF

✓ directement sur le produit :

CE 3,6 DUPONT 37 NF T5 + D 181 + 14
 (1) (2) (3) (4) (5)



1 résistance au fendage déclarée
 2 nom du fabricant + site de production
 3 classe d'appellation
 4 ++D- : résistance renforcée aux agressions climatiques (caractéristique optionnelle)
 5 date de fabrication + délai avant mise en œuvre (jours).

✓ sur les affichettes CE & NF dans les housses de palette et/ou dans la documentation commerciale du fabricant :



Exemple de double marquage CE et NF

✓ directement sur le produit :

CE 5,0 DUPONT 37 NF U25 + D 181 + 14
 (1) (2) (3) (4) (5)

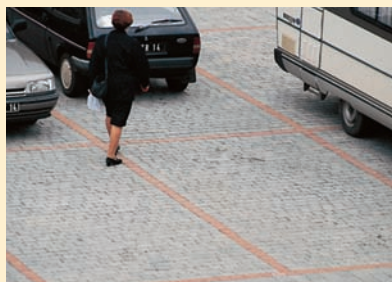


1 résistance à la flexion déclarée
 2 nom du fabricant + site de production
 3 classe d'appellation
 4 ++D- : résistance renforcée aux agressions climatiques (caractéristique optionnelle)
 5 date de fabrication + délai avant mise en œuvre (jours).

✓ sur les affichettes CE & NF dans les housses de palette et/ou dans la documentation commerciale du fabricant :



ENCART I – QUELQUES EXEMPLES D'AMÉNAGEMENTS
ET DE MARIAGE DE MATÉRIAUX



■ 1.3.2.7 - Durabilité

La maîtrise des techniques de production industrielle permet de fabriquer des produits de grande durabilité. Les performances liées à la durabilité des produits sont certifiées par la marque NF. Elles concernent la résistance aux agressions climatiques et la résistance à l'abrasion. Des essais spécifiques réalisés en laboratoire permettent d'évaluer ces performances.

■ 1.3.2.8 - Critère économique

Une technique éprouvée pour un coût global compétitif

La technique des revêtements modulaires est très ancienne et bénéficie à ce titre d'une riche expérience. Aujourd'hui :

- le logiciel de dimensionnement **VoiriB** développé par le CERIB et proposé aux prescripteurs permet l'optimisation technico-économique des ouvrages projetés ;
- l'approche financière d'un projet doit prendre en compte le coût global de l'ouvrage intégrant les notions de durée de vie, de démontabilité et de réemploi pour accès aux réseaux enterrés, de temps de mise à disposition, d'entretien, etc. ;
- l'aptitude au démontage et au réemploi des revêtements modulaires conduit donc à terme à un coût d'exploitation et à un coût global plus faibles que les solutions classiques tout en préservant la fonction esthétique.

Nota

Une étude canadienne* confirme en effet que, si l'on intègre les faibles coûts de maintenance et la possibilité d'une réutilisation après démontage, la solution du type revêtement modulaire présente un coût global inférieur aux solutions à base d'enrobés bitumineux.

* *Whole-life cost analysis of concrete block paving par Anthony NS Beaty, Royal Military College, Canada.*

1.3.3 - Le mobilier urbain en béton

■ 1.3.3.1 - Structuration de l'espace et sa personnalisation

● 1.3.3.1.1 - Une grande variété d'équipements pour des fonctions multiples

Le caractère malléable du béton, la grande variété des couleurs et des aspects de surface possibles, sont autant d'atouts pour une réponse intéressante à ces aspirations d'identité et de personnalisation.





● 1.3.3.1.2 - L'art dans la rue et sur la place



● 1.3.3.1.3 - La personnalisation de l'espace, du quartier, de l'agglomération

Actuellement, les élus recherchent la personnalisation de leurs espaces tendant à leur conférer une identité, voire un cachet en parfaite harmonie avec l'environnement. Face à ces aspirations, le mobilier urbain apporte des réponses variées.



■ 1.3.3.2 - Garantie des produits

Ces produits sont visés par la norme NF EN 13198 « Mobilier urbain et de jardin ». Il existe, depuis 1989, une certification de produit, le QUALIF-IB « Produits d'Environnement ».

Cette certification s'adresse à tous les produits en béton qui ne sont pas déjà couverts par un texte normatif: il s'agit par exemple, des murs de soutènement, des petits éléments de soutènement, des bancs publics, des bornes, des jardinières, des entourages d'arbres...

Le principe du certificat est basé sur:

- l'établissement par le fabricant d'un cahier des charges par famille de produits définissant pour chaque famille de produits les performances garanties ainsi que les méthodes d'essais permettant de vérifier qu'elles sont atteintes, ce cahier des charges référentiel étant approuvé par la Commission de gestion du certificat (composée, comme toutes les autres, de manière tripartite: utilisateurs, organismes techniques, fabricants);
- la mise en place, par le fabricant, d'un système d'assurance de la qualité intégrant notamment des essais sur produits finis.

L'application correcte du système fait régulièrement l'objet d'audits de l'organisme chargé des inspections (CERIB). Il est à noter que ce certificat prend en compte les aspects liés à la sécurité en service des produits: c'est par exemple le cas pour les

bancs publics pour lesquels il est demandé la conformité à la norme NF P 99-610 : « Mobilier urbain d'ambiance et de propreté. Caractéristiques de robustesse et de stabilité des bancs publics ». De manière générale, et pour tous les types de produits, l'aspect, les caractéristiques dimensionnelles, mécaniques, physiques ou de stabilité sont vérifiés.

■ 1.3.3.3 - *Esthétique et intégration à l'environnement*

Pour mieux satisfaire les usagers, le béton se met en forme et soigne son parement. Fabriqué par moulage, le mobilier urbain en béton offre en effet une grande liberté de création dans la forme, mais aussi dans l'aspect par le choix des granulats, des colorants et des traitements de surface. La gamme des éléments de mobilier urbain et de jardin préfabriqués en béton est très diversifiée. Pour ces produits dont les caractéristiques d'aspect et esthétique sont très importantes, les techniques modernes employées permettent une grande variété de formes et de couleurs répondant aux exigences les plus pointues.

1.4 La réponse à l'exigence de respect de l'environnement

La qualité environnementale d'un produit s'apprécie en considérant l'ensemble des étapes de son cycle de vie : depuis l'extraction des matières premières jusqu'à son recyclage ou son élimination, en passant par sa fabrication, sa mise en oeuvre et son utilisation. Selon cette approche, les éléments préfabriqués en béton possèdent de nombreux atouts (figure 10).

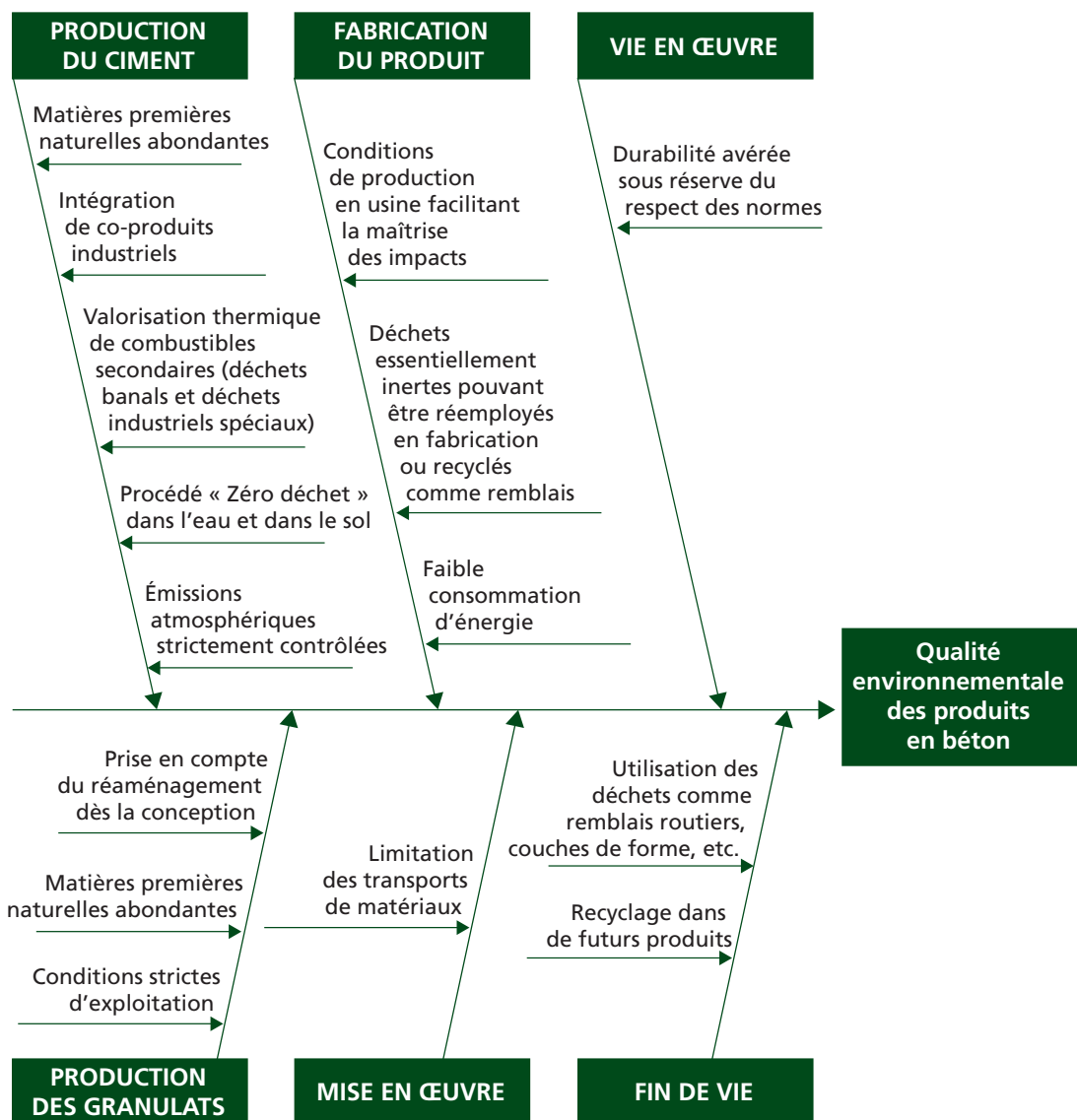


figure 10 : Atouts environnementaux des produits de voirie en béton

1.4.1 - Des matières premières illimitées

Le béton est constitué de matières premières naturelles minérales (diverses roches, sables, etc.), de ciment, qui est issu des mêmes minéraux, et d'eau. Ces ressources comptent parmi les plus abondantes sur terre.

1.4.2 - Une production dans des conditions contrôlées

La fabrication du ciment entrant dans la composition des produits en béton offre l'opportunité de valoriser proprement des déchets en provenance d'autres secteurs industriels (sous forme de matière première ou d'énergie). L'extraction des granulats en carrière est soumise à des conditions de réaménagement très strictes, qui dépassent la simple remise en état du site, certains sites pouvant être valorisés par la création de plans d'eau ou de zones humides. Les impacts environnementaux induits par la fabrication des produits en béton sont aisément maîtrisés en usine. Les déchets générés, en faible quantité et majoritairement inertes, peuvent être recyclés ou réutilisés comme matériaux de remblayage. Les produits en béton ne nécessitent en outre, qu'une faible quantité d'énergie pour leur production.

1.4.3 - Mise en œuvre : des transports de matériaux limités

Les usines de préfabrication sont nombreuses et maillent de façon homogène le territoire, limitant ainsi les distances de transport des produits.

1.4.4 - Vie en œuvre : une fonction assurée durablement

Bien entendu, la caractéristique environnementale essentielle des produits en béton est d'assurer leur fonction sans défaillance tout au long de leur durée de service. Les spécifications correspondantes sont définies dans les normes attachées aux produits et la certification constitue une garantie de leur conformité à ces normes.

1.4.5 - Un matériau inerte aisément recyclable

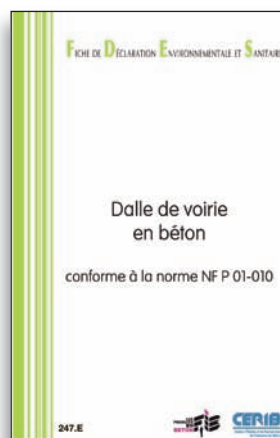
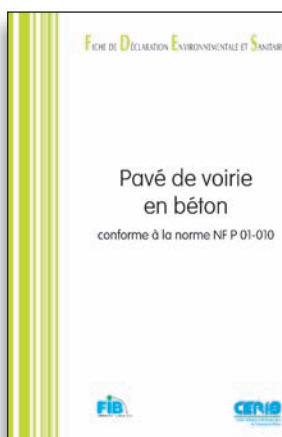
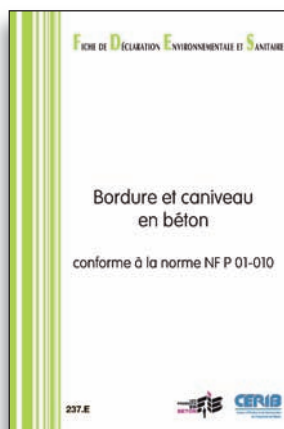
Le béton est un matériau minéral inerte qui ne pose aucun problème particulier pour procéder à son recyclage. En fin d'utilisation, le béton composant les produits est totalement recyclable sous forme de granulats pouvant être réutilisés comme couche de forme, de fondation, ou de base de structures routières. Ces granulats constituent aussi un gisement potentiel de matières premières pour la fabrication de futurs produits.

1.4.6 - Des analyses tout au long du cycle de vie

L'Analyse de Cycle de Vie (A-C-V) permet d'évaluer les impacts environnementaux tout au long du cycle de vie du produit, depuis l'extraction des matières premières jusqu'au recyclage du produit. Elle a permis d'établir des Fiches de Déclaration Environnementale et Sanitaire (FDES) qui attestent des très bonnes performances environnementales des produits préfabriqués en béton utilisés en voirie et aménagement urbain.

La certification  se base sur les Fiches de Déclaration Environnementales et Sanitaires et permet :

- de garantir l'aptitude à l'emploi des produits ;
- d'assurer que le fabricant maîtrise les impacts environnementaux et sanitaires de ses produits ;
- de favoriser une démarche d'amélioration continue des paramètres de fabrication et d'optimisation des ressources naturelles.



Conduite d'un projet d'aménagement

2.1 - Les intervenants

2.1.1 - Maîtrise d'ouvrage

2.1.2 - Maîtrise d'œuvre

2.1.3 - L'entreprise et ses fournisseurs

2.2 - Les phases de la conduite d'un projet d'aménagement

2.3 - La programmation

2.3.1 - Les études préalables

2.3.2 - Le programme

2.4 - La conception

2.4.1 - Le choix du maître d'œuvre

2.4.2 - Le choix de l'avant-projet

2.4.3 - Le choix du projet

2.5 - La réalisation

Quelle que soit l'importance de l'aménagement considéré, celui-ci s'inscrit dans une suite d'opérations logiques qu'il convient de prévoir le plus en amont possible ; depuis l'expression du besoin jusqu'à la réalisation et même l'exploitation.

Ces opérations sont le fait des intervenants habituels en matière de marchés publics.

L'identification de ces divers intervenants, ainsi que leurs préoccupations et leurs motivations dans le cadre des aménagements sont rappelés ci-après.

2.1 Les intervenants

2.1.1 - Maîtrise d'ouvrage

■ 2.1.1.1 - Le maître d'ouvrage

Personne morale pour laquelle l'ouvrage est construit. Il peut s'agir de l'État, de collectivités territoriales représentées par leurs élus : Maires, Conseillers Généraux, etc., de Promoteurs ou de Sociétés d'Économie Mixte (cas de voiries d'accès aux bâtiments et aux usines), d'industriels ou de particuliers (accès privés).

■ 2.1.1.2 - La personne responsable du marché

Personne physique habilitée à signer les marchés.

PRÉOCCUPATIONS

Pour l'ensemble des maîtres d'ouvrage :

- meilleur rapport qualité/prix/délais ;
- esthétique ;
- réduction des coûts d'équipement et d'entretien par un aménagement fonctionnel ;
- diminution du temps d'intervention sur chantier.

En plus, pour les élus :

- satisfaire les usagers électeurs ;
- faire des investissements marquants ;
- affirmer l'identité propre de leurs communes ;

■ 2.1.1.3 - *Le conducteur d'opération*

Personne qui assure, pour le compte du maître d'ouvrage, le déroulement financier et technique des travaux. Il assure l'assistance générale au maître d'œuvre.

- structurer l'espace, faciliter sa compréhension par les usagers et renforcer la sécurité de tous les usagers (piétons, vélos, véhicules) ;
- séduire par l'esthétique, la décoration et l'intégration à l'environnement local.

2.1.2 Maîtrise d'œuvre

■ 2.1.2.1 - *Le maître d'œuvre*

Personne choisie par la Maîtrise d'ouvrage pour concevoir le projet (études préliminaires éventuellement, études d'avant-projet) et/ou pour contrôler les moyens utilisés par l'entrepreneur et les matériaux mis en œuvre (vérifier s'ils sont adaptés aux buts contractuellement définis entre le maître d'ouvrage et l'entrepreneur) et enfin pour assurer la direction des travaux.

Leurs motivations sont :

- satisfaire leurs clients par des projets réussis ;
- assurer pendant l'exécution des travaux, la traduction de leur projet de façon esthétique, fonctionnelle et durable ;
- avoir à leur disposition une palette de solutions techniques notamment en revêtement de surface ;
- améliorer leur compétence par la connaissance des nouveautés techniques ;
- satisfaire les maîtres d'ouvrage par des conseils judicieux.

■ 2.1.2.2 - *Le contrôleur technique*

Il assiste le maître d'œuvre à sa demande pour toute décision technique et assure les contrôles pour le compte du maître d'ouvrage.

Leurs motivations sont :

- la qualité de l'ouvrage réalisé ;
- l'image de marque ;
- la rentabilité ;
- la satisfaction du client ;
- les délais d'exécution ;
- les références ;
- l'innovation.

2.1.3 - L'entreprise et ses fournisseurs

■ 2.1.3.1 - L'entreprise

Elle est chargée de l'exécution des travaux.

■ 2.1.3.2 - Les fournisseurs de l'entreprise

Ils peuvent être choisis par l'entrepreneur ou imposés dans le cadre du marché. Ils peuvent assurer une assistance technique au maître d'œuvre.

2.2 Les phases de la conduite d'un projet d'aménagement

La conduite d'un projet nécessite trois étapes :

- la programmation : les études préalables, le programme ;
- la conception : le choix du maître d'œuvre, le choix de l'avant-projet, le choix du projet ;
- la réalisation : l'exécution, la mise en service, l'entretien.

Chaque étape est constituée d'une ou de plusieurs phases.

Ces différentes phases ne sont pas indépendantes. Elles se succèdent dans un ordre bien défini. L'enchaînement, ainsi obtenu, constitue le processus de décision pour tout projet d'aménagement (voir la figure 11).

Il convient de souligner que le partenariat entre les différents intervenants doit s'instituer le plus en amont possible du projet.

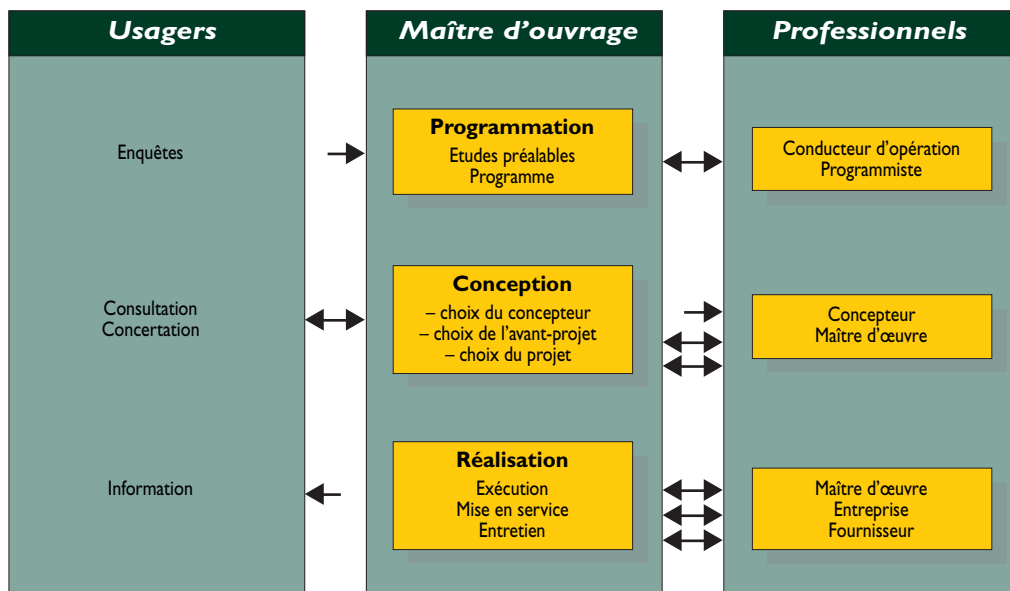


Figure 11 : interconnexion entre les différents intervenants.

2.3 La programmation

2.3.1 - Les études préalables

■ 2.3.1.1 - Contenu des études

Cette phase d'approche du projet est nécessaire car elle va permettre au maître d'ouvrage de mieux cerner le sujet et d'aboutir, par conséquent, à une réalisation réussie.

- Dans les cas courants, les études préalables permettent, au plan technique :
- de prendre en compte les contraintes technico-juridico-administratives (enquêtes diverses réglementaires, concertation avec le public, modification éventuelle d'un POS, étude d'impact...);
 - de poser et de bien délimiter les problèmes initiaux et les échelles;
 - de recenser les besoins (souvent à hiérarchiser et évolutifs);
 - de sensibiliser les personnes concernées par le projet (partenaires, usagers, etc.);
 - d'envisager les aspects économiques de la réalisation, de l'entretien et du fonctionnement (la possibilité d'utiliser différents matériaux doit être déjà présente à l'esprit);
 - de mettre en place une méthode adéquate pour une réponse appropriée (financement, partenaires);

- de prendre en compte les contraintes de délai (acquisitions financières, interférences avec d'autres occupants des lieux, phasage nécessaire des travaux, travaux préparatoires, temps de construction de certains ouvrages, etc.).

■ 2.3.1.2 - Déroulement des études

Les études préalables se déroulent en plusieurs phases :

- **étude de la situation globale :** celle-ci correspond à l'analyse des espaces environnant l'emplacement du projet, sa situation juridique et les servitudes le frappant ;
- **l'analyse du cadre environnant l'opération :** type de bâti, mode d'occupation, style et qualité architecturale, modifications effectuées, état physique, etc. ;
- **les choix des objectifs :** découlant des deux phases précédentes ;
- **l'analyse des fonctions à remplir ;**
- **les études de faisabilité :** pour envisager les délais, coûts et possibilités techniques locales, en fonction du lieu, de son contexte physique et géographique ;
- **l'avant-programme :** qui conclut les études préalables. Simple ébauche, premier outil de travail, il comprend le type d'interventions prévues, leur localisation, une estimation de la superficie, leurs objectifs principaux, les premières estimations et un plan de financement.

COMPÉTENCES ET MOYENS

Les études préalables s'appuient sur de nombreuses données de différents types :

- humaines : sociales, sociologiques, démographiques, etc. ;
- économiques ;
- historiques ;
- locales : architecture, climat, relief, hydrographie, etc.

Les données existent en grande partie. Il suffit de s'entourer de compétences et de moyens appropriés.

Assistance technique :

Il est possible de consulter les professionnels publics ou privés de l'aménagement.*

* DDE, DDA, STV, CAUE, urbanistes, géomètres-experts, architectes, paysagistes, bureaux d'études VRD, etc.

Nota : les études préalables sont très importantes mais souvent oubliées. Elles permettent en effet d'adapter le projet à l'enveloppe financière.

2.3.2 - Le programme

■ 2.3.2.1 - Objectifs du programme

Le programme est une base de dialogue entre les différents partenaires : maître d'ouvrage, maître d'œuvre et usagers. Il doit pouvoir :

- mettre en valeur l'idée directrice du projet ;
- préciser les enjeux sociaux, culturels et économiques ;
- faire ressortir les qualités attendues et souhaitées ;
- définir avec précision le rôle de chacun.

Ce programme peut être élaboré avec l'aide des professionnels publics ou privés de l'aménagement.

Il est indispensable au montage du dossier de demande de subvention.

■ 2.3.2.2 - Le contenu du programme

Le maître d'ouvrage remplit une fonction d'intérêt général dont il ne peut se démettre. Il lui appartient de définir dans le programme les objectifs, les besoins, les contraintes et ses exigences.

Le programme contient :

- **une introduction :**
le maître d'ouvrage précise ici la règle du jeu qu'il souhaite établir ;
- **une présentation du projet :** historique, nature, contexte, acteurs, etc. ;
- **une présentation des objectifs principaux :** fonction de l'espace, usagers concernés, résultats attendus ;
- **un rappel du contexte physique et urbain :** caractéristiques du site, milieu physique, environnement bâti, dessertes et réglementation, etc. ;

OBSERVATIONS

Une règle du jeu mal définie rend difficile un réel dialogue avec l'ensemble des parties concernées et empêche :

- le maître d'œuvre de disposer d'une base de travail claire, précise et sûre ;
- les usagers de contrôler que les besoins formulés ont bien été pris en compte ;
- dito
- dito

- **des précisions sur les exigences spécifiques du projet :**
 - exigences techniques générales : passage de poids lourds, VRD, etc.
 - exigence de fonctionnement : sécurité des usagers, entretien, etc. ;
 - **des exigences concernant les matériaux :** nature, aspect, couleur, apport esthétique, résistance, qualité, durabilité ;
 - **des précisions sur les délais et coûts :** délais précis, opération conduite en plusieurs tranches, enveloppe budgétaire, etc.
- l'absence de précisions risque d'aboutir à choisir des solutions « passe-partout », monotones, inadaptées, sous-dimensionnées, ou à des modifications importantes en cours de travaux ;
 - à ce stade, possibilité d'introduire la notion de produits en béton bien appropriés à l'ensemble de ces exigences ;
 - adapter l'opération au budget prévu (opération conduite en plusieurs tranches, le cas échéant) tout en favorisant les techniques ayant les meilleurs rapports qualité/prix.

2.4 La conception

2.4.1 - Le choix du maître d'œuvre

En fonction de l'ampleur du projet et de son impact sur un site, il est important de choisir une équipe pluridisciplinaire de façon à regrouper les compétences et il est souhaitable que les fonctions de conception et de maîtrise d'œuvre soient assurées par les mêmes intervenants.

Le maître d'œuvre sera :

- un homme adapté à la situation ;
- un homme de l'art et de dialogue.

2.4.2 - Le choix de l'avant-projet

Aidé ou non d'une commission technique ou d'un jury (en cas de concours), le maître d'ouvrage, avant de choisir l'avant-projet, doit l'analyser suivant un certain nombre de critères :

- fiabilité technique et financière ;
- fidélité et adéquation au programme ;
- qualités spécifiques de la réponse.

Les critères de choix possibles peuvent être :

■ 2.4.2.1 - *Qualité et type de mise en scène*

- relations avec les espaces environnants ;
- possibilité d'utilisation et d'appropriation par les usagers ;
- richesse et liaison des événements proposés.

■ 2.4.2.2 - *Personnalité et aspects sensibles*

Caractère global (homogénéité de l'espace, caractère rural, minéral) :

- richesse dans le traitement des différents aménagements ;
- originalité ;
- rapport végétal/minéral ;
- intégration au fonctionnement du quartier, de la ville ;
- lisibilité et clarté des espaces définis.

■ 2.4.2.3 - *Aspects esthétiques*

- Relations avec le site.
- Qualité esthétique d'ensemble.
- Qualité des détails proposés.

■ 2.4.2.4 - *Contribution au développement durable*

- Caractéristiques environnementales et sanitaires déclarées (FDES*)

■ 2.4.2.5 - *Maintenance*

- Capacité d'évolution.
- Facilité d'entretien.

■ 2.4.2.6 - *Sécurité*

Avantages apportés par le projet en termes de sécurité pour les piétons, cyclistes, automobilistes, personnes à mobilité réduite, etc.

OBSERVATIONS

- Éviter une multiplicité des ouvrages et des matériaux ;
- recueillir l'avis des usagers de l'espace à aménager et organiser une consultation autour de l'avant-projet ;
- en fonction de l'importance du projet, s'appuyer sur des études spécifiques (étude de sol, étude de circulation...);
- le cas échéant, visiter des aménagements similaires et rencontrer leurs utilisateurs de façon à mieux appréhender les solutions proposées.

Critères permettant d'évaluer les qualités spécifiques du projet (référence « Espaces urbains agréables à vivre » Michel Sabet, Le Moniteur).

*FDES : Fiche de Déclaration Environnementale et Sanitaire.

■ 2.4.2.7 - Respect de l'environnement

Les facteurs suivants sont à considérer :

- choix de matériaux respectant l'environnement ;
- conditions de pose respectant l'environnement ;
- ouvrages à vocation environnementale associant la prise en compte de l'hydrologie urbaine.

2.4.3 - Le choix du projet

Le choix doit se porter sur le projet qui allie l'art et l'utilitaire avec modernité et qualité en utilisant les techniques actuelles.

Une surenchère de moyens ou de matériaux ne cachera pas la pauvreté d'un projet mal étudié.

Quelques éléments essentiels* doivent être présents à l'esprit :

- **la lecture du sol** (échelle lointaine et proche, création de cheminement) ;
- **la liaison du revêtement du sol avec la fonction de l'espace** : piétons, cycles, véhicules, etc. ;
- **la nature et la densité du trafic**, type de produit (dalles ou pavés), épaisseur, pose ;
- **l'évacuation des eaux pluviales** ;
- **la gestion des réseaux** en sous-sol et de leurs émergences ;
- **la gestion du stockage** ou de l'infiltration des eaux pluviales.

* Voir « Traversées d'agglomération – Matériaux d'aménagement sur chaussées » Guide technique CETUR-SETRA 1990.

OBSERVATIONS

Au fil de nombreuses observations, il apparaît que :

- l'emploi de matériaux variés met en évidence différents usages et facilite la cohabitation des usagers. Mais l'utilisation de trop nombreux matériaux complique la lecture d'un lieu ;
- les piétons empruntent plus facilement les chemins en matériaux clairs.

Ceux-ci peuvent donc être employés pour dessiner des cheminements privilégiés, spécifiques aux piétons. Mais les matériaux utilisés ne doivent pas être glissants : l'utilisation de pavés et/ou de dalles facilite l'accès et l'entretien des réseaux.

2.5 La réalisation

Les qualités de l'aménagement et sa pérennité dépendent de sa conception, mais aussi en grande partie de la qualité des composants utilisés et de leur mise en œuvre.

La préparation du chantier est essentielle. Trois atouts pour réussir :

- **des documents d'exécution précis** (plans, bordereaux des prix, CCTP*);
- **le choix d'une entreprise voire d'un sous-traitant compétent;**
- **le choix de produits certifiés.**

PRÉCAUTIONS

Ces précautions sont très importantes car la mise en œuvre des bordures, caniveaux, dalles et pavés doit être très soignée si l'on veut un résultat esthétique :

- implantation planimétrique et altimétrique du fond de forme;
- relevé planimétrique et altimétrique des réseaux et des fourreaux mis en place (plan de récolement);
- réception des ouvrages (essais sur réseau d'assainissement, réception réseau des Télécommunications, mise à l'essai câble EDF...);
- mise à niveau des émergences de réseau;
- protection du chantier;
- nettoyage en fin de chantier.

* Un CCTP type intitulé « Mise en œuvre des matériaux modulaires et de leur assise avec ou sans fourniture des constituants. Assistance à la rédaction du cahier des clauses techniques particulières et du bordereau des prix unitaires » est disponible sur le site internet du CERTU (www.certu.fr)

Conception et dimensionnement d'un ouvrage

3.1 - Introduction

3.2 - Bordures et caniveaux en béton

3.2.1 - Documents de références spécifiques

3.2.2 - Choix des produits

3.3 - Pavés et dalles en béton

3.3.1 - Introduction

3.3.2 - Conception

3.3.3 - Dimensionnement

3.1 Introduction

D'une manière générale, la qualité d'un ouvrage est le produit des quatre facteurs clé suivants : qualité des composants, qualité de la conception, qualité de la mise en œuvre et de l'entretien (figure 12).

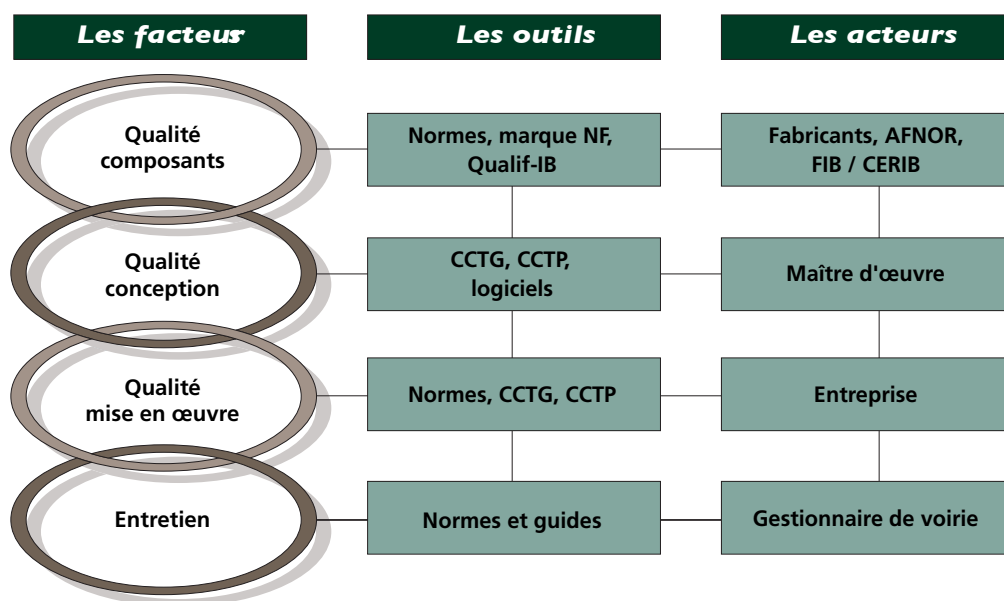


Figure 12: les facteurs de réussite.

Comme dans le cas d'une chaîne, la défaillance d'un seul de ces quatre facteurs peut en effet entraîner la défaillance de l'ouvrage.

Le présent chapitre est consacré à la conception et au dimensionnement des ouvrages ainsi qu'aux méthodes et aux outils d'aide à la conception (logiciels, guides, etc.).

Les données qu'il contient s'appuient sur l'expérience acquise depuis une trentaine d'années confortée par des études approfondies menées en particulier par le CERIB, ainsi que sur des contributions du réseau technique du Ministère de l'Équipement (LCPC, SETRA, CERTU, etc.).

Le guide « Voirie et aménagements urbains : Guide de conception des ouvrages réalisés à partir de pavés, dalles, bordures et caniveaux préfabriqués en béton » complète ces règles de conception générale.



3.2 Bordures et caniveaux en béton

3.2.1 - Documents de référence spécifiques

- **Norme NF EN 1340 et son complément national NF P 98-340/CN** bordures et caniveaux préfabriqués en béton. Cette norme définit les caractéristiques et les niveaux de performance: profils, tolérances géométriques, résistance mécanique, résistance aux agressions climatiques, résistance à l'abrasion et résistance à la glissance pour les produits polis;
- **référentiel de la marque NF** « Bordures et caniveaux en béton ». Il précise les conditions selon lesquelles la marque NF « Bordures et caniveaux en béton » peut être apposée sur les produits conformes aux normes;
- **cahier des Clauses Techniques Générales – Fascicule 31** « Bordures et caniveaux en pierre naturelle ou en béton et dispositifs de retenue en béton » d'octobre 1983;
- note de rappel aux maîtres d'œuvre quant à l'application du fascicule 31 du CCTG relative aux bordures et caniveaux en béton (courrier de la direction des routes 4 août 1999).

Le fascicule 31 s'applique en particulier aux marchés de travaux des collectivités publiques. Il y est fait état du choix des produits et des matériaux utilisés, du mode d'exécution des travaux, de la mise en œuvre des produits, du contrôle des tolérances et de la réception de l'ouvrage.

Il convient de souligner que dans le cadre des marchés publics (État ou Collectivités Territoriales), la conformité aux normes est obligatoire.

3.2.2 - Choix des bordures et caniveaux

Le nouveau référentiel **NF** garantit la conformité à la partie volontaire de la norme européenne et à son complément national NF P 98-340/CN. Par son système de classification des caractéristiques, il permet la sélection de produits adaptés à l'ouvrage (tableaux 1, 2 et 3).

Tableau 1 : utilisation des produits en fonction de leurs profils

Profil	Modèles	Utilisation
Type A	A1 - A2	Bordures d'accotements de routes ou autoroutes, franchissables après réalisation complète de la voirie
Type P	P1 - P2 - P4	Bordures pour parcs de stationnement, allées, terrains de sport
Type T	T1 - T2 - T3 - T4	Bordures de trottoirs plus spécialement destinées aux voiries urbaines
Type I	I1 - I2 - I3 - I4	Bordures d'îlots directionnels qui peuvent être, soit simplement posées sur la chaussée (I1 - I3), soit encastrées dans la chaussée (I2 - I4)
Type CS	CS1 - CS2 - CS3 - CS4	Caniveaux simple pente destinés à être utilisés, soit avec des bordures de type A, soit avec des bordures de type T
Type CC	CC1 - CC2	Caniveaux double pente

Tableau 2 : domaine d'emploi des produits en fonction de leurs classes de résistance mécanique

Classe de résistance mécanique NF	Contrainte minimale (en MPa)	Domaine d'emploi recommandé
U (ancienne classe A)	6,0	Voiries urbaines à circulation intense. Chaque fois que des efforts particulièrement importants sur les bordures et caniveaux peuvent être escomptés
T (ancienne classe B)	5,0	Emplois courants
S (ancienne classe C)	3,5	Lorsqu'on peut avoir la certitude que les éléments ne seront soumis qu'à des efforts réduits

Tableau 3 : domaine d'emploi des produits en fonction de leur résistance aux agressions climatiques

Classe de résistance aux agressions climatiques NF	Conditions climatiques	Classe d'exposition correspondante de NF EN 206-1*	Spécifications (voir la norme NF EN 1340)
B (anciennement option +R)	- gel sévère, salage peu fréquent - gel modéré, salage peu fréquent à fréquent	XF1 à XF3	Absorption d'eau \leq 6 % en masse
D	- gel sévère, salage peu fréquent à très fréquent - gel modéré, salage très fréquent	XF4	Absorption d'eau \leq 6 % en masse + perte de masse à l'essai gel/dégel \leq 1,0 kg/m ² en moyenne avec un résultat \geq 1,5 kg/m ²

*La référence à la norme NF EN 206-1 concerne uniquement la codification des classes d'exposition. En effet, la norme NF EN 1340 et son complément national NF P 98-340/CN incluent l'ensemble des exigences applicables aux bordures et caniveaux préfabriqués en béton.

La résistance à l'usure par abrasion des bordures et caniveaux est satisfaisante dans des conditions courantes d'usage. Pour des sollicitations plus sévères, une classe optionnelle de résistance à l'usure par abrasion est proposée. Pour les bordures et caniveaux dont la face supérieure a été intégralement polie, la valeur minimale de résistance à la glissance ou au dérapage obtenue en pratiquant l'essai normalisé (essai SRT) est garantie par la marque NF.

3.3 Pavés et dalles en béton

3.3.1 - Introduction

Le dimensionnement des chaussées revêtues de pavés et de dalles en béton s'effectue simplement grâce au logiciel **VoiriB** développé en particulier par le CERIB.

Il est possible de se procurer ce logiciel en s'adressant directement au :

CERIB BP 23059 F - 28231 EPERNON CEDEX
Tél.: 02 37 18 48 00 Fax: 02 37 18 48 68

ou en le téléchargeant directement sur le site www.cerib.com



La méthode de calcul utilisée dans ce logiciel repose sur la méthode rationnelle de dimensionnement des chaussées développée par le SETRA et le LCPC (catalogue 1998 des structures types de chaussées neuves) complétée par les travaux réalisés par le CERIB sur les pavés et les dalles au cours de ces dernières années :

- publication technique n° 91 « Étude du comportement structurel des chaussées revêtues par des pavés en béton » ;
- publication technique n° 83 « Choix des classes de résistance des dalles de voirie en béton par une méthode de simulation numérique » ;
- publication technique n° 76 « Contribution à l'étude du comportement structurel des chaussées revêtues de pavés en béton » ;
- publication technique n° 44 « Étude du comportement en service des dalles en béton posées sur sable ou sur mortier » ;
- publication technique n° 43 « Étude du comportement en service des dalles en béton posées sur plots ».

Autres documents de référence :

- normes : NF EN 1338 « Pavés en béton – Spécifications et méthodes d'essai » ;
NF P 98-306 « Pavés jardins en béton » ;
NF EN 1339 « Dalles en béton – Spécifications et méthodes d'essai » ;
NF P 98-335 « Mise en œuvre des pavés et dalles en béton, des pavés en terre cuite et des pavés et dalles en pierre naturelle » ;
- guide « Traversées d'agglomération – Matériaux d'aménagement sur chaussées » CETUR-SETRA 1990 ;
- fascicule 29 du CCTG : « Exécution des revêtements de voiries et espaces publics en produits modulaires » ;
- référentiel de la marque NF « Pavés de voirie en béton » ;
- référentiel de la marque NF « Dalles de voirie et toiture en béton » ;
- plates-formes de tramway – Tome 1 – Matériaux modulaires CERTU LROP.

3.3.2 - Conception

■ 3.3.2.1 - Structure type

Les éléments de structure d'une chaussée* pavée ou dallée sont précisés sur la figure 13 :

- la plateforme : elle constitue le support des assises. Elle correspond soit au sol décapé – traité ou non au ciment – et compacté, soit au sol décapé et surmonté d'une couche de forme ou d'un géotextile en cas de portance insuffisante ou de risque de remontées argileuses ;

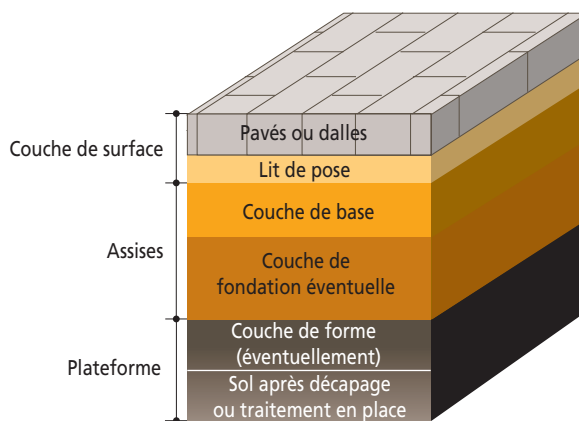


Figure 13: exemple de structure de chaussée.

* Le terme *chaussée* s'entend ici au sens large en tant qu'ouvrage destiné à supporter une circulation ou un stationnement de véhicules ou de piétons.

- les couches d’assises : leur rôle est de répartir les contraintes dues au trafic. Elles sont inutiles dans le cas d’un aménagement sans trafic ou dans le cas d’une plate-forme de portance P5 ;
- la couche de surface constituée des pavés ou des dalles et du lit de pose.

■ **3.3.2.2 - Infrastructure**

Il convient de distinguer le cas d’une voirie neuve de celui d’une réfection de voirie ancienne. En effet, dans ce dernier cas la mise en place d’assises peut se révéler inutile. C’est aussi souvent le cas pour une voirie neuve destinée à un trafic strictement piétonnier.

D’une manière générale, il est toujours utile de faire effectuer une étude géotechnique du sol. Toutefois, s’il s’agit de travaux de faible importance, une étude géotechnique coûteuse ne se justifie pas toujours et le simple examen du sol décapé est une indication souvent suffisante.

■ **3.3.2.3 - Collecte des eaux superficielles**

La réalisation d’un système de drainage satisfaisant est nécessaire afin d’une part d’assurer la pérennité de l’ouvrage et d’autre part d’éviter la formation de flaques d’eau en surface nuisant au bon usage du revêtement et pouvant ainsi affecter la sécurité des automobilistes et des piétons. En général une pente de 1 à 2 % est suffisante. Cette pente doit être réalisée au niveau des assises finies afin de garder une épaisseur du lit de pose constante. Pour les grandes surfaces, le drainage pourra être réalisé grâce à un découpage en plusieurs zones en assurant l’évacuation des eaux soit grâce à des caniveaux, soit au moyen d’avaloirs (figure 14).

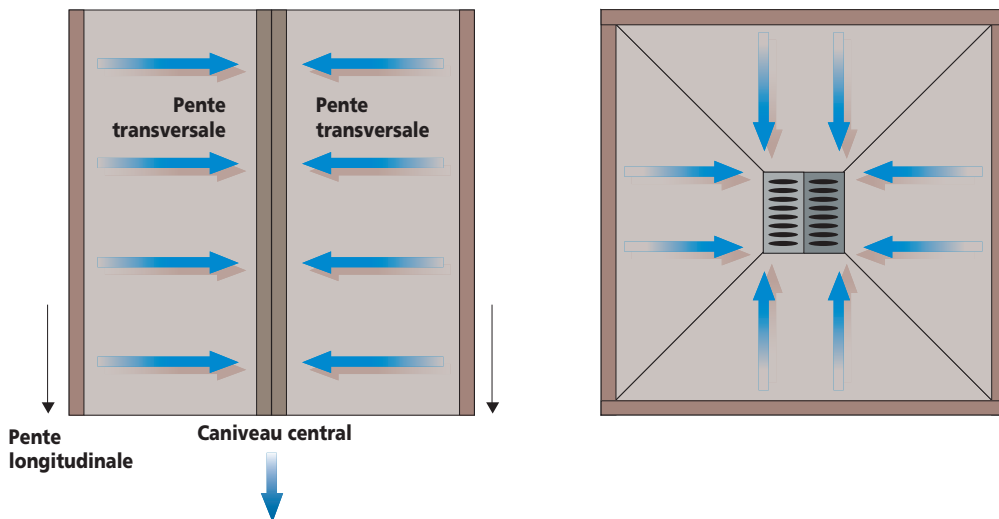


Figure 14: exemples de systèmes de collecte des eaux superficielles.

■ 3.3.2.4 - Performance et durabilité

Les facteurs clés qui conditionnent la performance du revêtement à long terme sont :

- le drainage du lit de pose en cas d'assise imperméable ;
- le blocage des rives ;
- le choix de l'appareillage.

Ces principales dispositions sont développées au chapitre *Mise en œuvre*.

3.3.3 - Dimensionnement

■ 3.3.3.1 - Principe

Le principe du dimensionnement consiste, compte tenu du trafic, des caractéristiques de la couche de surface et du matériau d'assise, à calculer les épaisseurs des couches d'assises convenables pour faire en sorte que la pérennité de ces dernières soit assurée et que la pression admissible sur le sol support (plateforme) ne soit pas atteinte (figures 15 et 16).

● 3.3.3.1.1 - Cas des assises souples (grave non traitée, grave bitume)

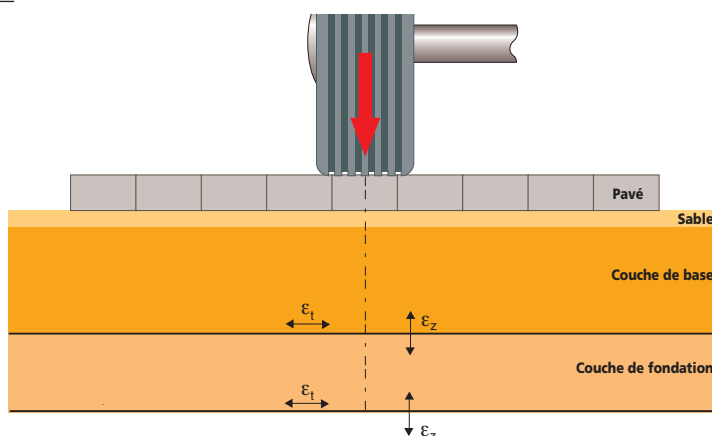


Figure 15: principe de dimensionnement dans le cas d'assise souple.

Les critères de dimensionnement sont alors les suivants :

- l’allongement ε_t à la base des couches bitumineuses doit rester inférieur à une valeur admissible (fatigue) ;
- la déformation verticale ε_z à la surface des couches non liées et du sol support doit rester inférieure à une valeur limite (orniérage).

Pour ce type d’assise et dans le cas de revêtements pavés, l’apport structurel de la plaque pavée est pris en compte.

● 3.3.3.1.2 - Cas des assises rigides (grave ciment, béton de ciment, etc.)

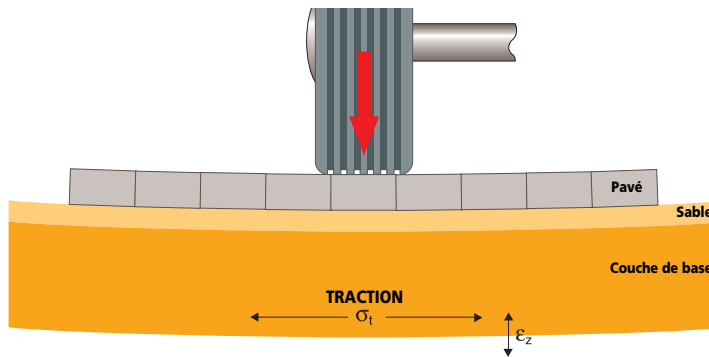


Figure 16: principe de dimensionnement dans le cas d’assise rigide.

Le comportement « RIGIDE » se caractérise par un fonctionnement des assises en flexion comparable à celui d’une dalle, induisant à la base de celle-ci des contraintes de traction. Le principe de dimensionnement consiste, compte tenu du trafic, des caractéristiques de la couche de surface et du matériau d’assise, à calculer l’épaisseur d’assise, telle que la contrainte admissible en traction ne soit pas atteinte dans l’assise.

Les critères de dimensionnement sont :

- la contrainte de traction σ_t à la base des couches traitées aux liants hydrauliques doit rester inférieure à une valeur admissible (fatigue) ;
- la déformation verticale ε_z à la surface du sol support doit rester inférieure à une valeur limite (orniérage).

Pour ce type d’assises, l’apport structurel du revêtement est négligé.

■ **3.3.3.2 - Le trafic**

Une bonne connaissance du trafic est nécessaire en vue, d’une part de faire le choix des revêtements et d’autre part d’effectuer le dimensionnement mécanique de la structure de la chaussée.

• 3.3.3.2.1 - Évaluation du trafic pour les revêtements pavés

Conformément à la norme NF P 98-082, un poids lourd est au sens de la mécanique des chaussées, un véhicule de poids total autorisé en charge au moins égal à 35 kN (3,5 t). Le trafic est défini par classes sur la base du nombre de poids lourds par jour.

Le trafic à prendre en compte est le trafic par sens de circulation pour les voies de largeur supérieure à 6 m. Pour les voies de largeur inférieure à 5 m, on prendra le trafic dans les deux sens de circulation et, pour les largeurs comprises entre 5 et 6 m, on prendra les trois quarts du trafic dans les deux sens.

Tableau 4 : classification des trafics et types de chaussées correspondants

Classes de trafic		Trafic maximal par jour		Types de chaussées correspondants (exemples)
LCPC/SETRA		Nombre de poids lourds	Nombre de total véhicules sans distinction de charge	
t5	I	2	40	- Voies de lotissement desservant moins de 30 logements (voies de desserte) - Espaces urbains réservés aux piétons avec accès de véhicules de service - Parkings résidentiels
	II	10	200	- Voies de lotissement desservant de 30 à 300 logements (voies de distribution) - Voies urbaines réservées aux piétons avec accès de véhicules de service et de livraison - Trottoirs pouvant être utilisés en stationnement - Parkings urbains
	III	25	500	- Voies urbaines ou routes correspondant à un trafic maximal de 500 véhicules sans distinction de charge par jour et par sens de circulation
t4		50	700	- Voies urbaines ou routes correspondant à un trafic maximal de 700 véhicules sans distinction de charge par jour et par sens de circulation - Parkings pour poids lourds
t3 ⁻		85	850	- Voies urbaines ou routes correspondant à un trafic maximal de 850 véhicules sans distinction de charge par jour et par sens de circulation - Parkings pour poids lourds
t3 ⁺		150	1500	- Voies urbaines ou routes correspondant à un trafic maximal de 1 500 véhicules sans distinction de charge par jour et par sens de circulation - Parkings pour poids lourds

Le trafic peut aussi être appréhendé par comptage des véhicules ou par référence au trafic total sans distinction de charge et à titre indicatif, en fonction du type de voie comme l'indique le tableau 4.

● 3.3.3.2.2 - Évaluation du trafic pour les revêtements dallés

Compte tenu de la spécificité d'usage des dalles, la définition du trafic correspondant fait l'objet, selon les techniques de pose, d'une classification particulière. Le trafic peut être appréhendé sur la base des principales destinations de la voirie telles que définies par le tableau 5.

Tableau 5: destination de la voirie

Pose sur sable	Véhicules de charge par roue < 6 kN	Véhicules de charge par roue < 9 kN	Véhicules de charge par roue < 25 kN		Véhicules de charge pour roue ≤ 65 kN	
			Circulation occasionnelle et à vitesse réduite ≤ 30 km/h	Circulation normale	Circulation occasionnelle et à vitesse réduite ≤ 30 km/h	Circulation normale
Pose sur plots	-	Accès piétons exclusivement		Véhicules de charge par roue < 9 kN circulant à vitesse réduite et à raison de 40 véhicules/jour/sens au maximum (aires de stationnement, etc.)	-	-
		Usage modéré sur petite surface et hauteur des plots ≤ 15 cm	Usage collectif ou public			

Nota : cas de la pose sur sable ou sur mortier

Compte tenu de leurs dimensions, les dalles, sous l'effet des charges de roues, sont essentiellement soumises à des sollicitations de flexion. Le choix de la classe de résistance convenable est donc directement lié à la charge maximale par roue des véhicules. Ainsi, le passage unique d'un poids lourd sur l'ouvrage doit conduire à l'utilisation d'une classe de résistance élevée.

■ 3.3.3.3 - Plateforme

Par définition, la portance d'un sol ou d'une plateforme caractérise son aptitude à supporter des charges sans déformation excessive.

L'évaluation de cette aptitude s'effectue soit directement sur chantier par des essais de chargement à la plaque (module EV2, module de réaction du sol K), soit en laboratoire sur la base d'un échantillon de sol (indice CBR).

Dans le cas de surfaces de faibles dimensions, il est possible d'appréhender la portance de manière empirique, tout simplement en examinant l'orniérage résultant du passage d'un camion.

Dans tous les cas, la portance peut être traduite en classes variant de p0 à p5 sur la base du tableau 6.

Tableau 6 : portance des sols – classification et essais

p	Examen visuel (essieu de 13 t)	Indice portant CBR	Module de déformation à la plaque EV2 (MPa)	Module de réaction du sol : K (daN/cm ³)	Type de sol	
p0	Circulation impossible ; sol inapte, très déformable	$CBR \leq 3$	$EV2 \leq 15$	$K \leq 3$	Argiles fines saturées, sols tourbeux, faible densité sèche, sol contenant des matières organiques, etc.	
p1	Ornières derrière l'essieu de 13 t, déformable	$3 < CBR \leq 4$	$15 < EV2 \leq 20$	$3 < K \leq 4$	Limons plastiques, argileux et argiloplastiques, argiles à silex, alluvions grossières, etc., très sensibles à l'eau	
p2	Pas d'ornières derrière l'essieu de 13 t	Déformable	$4 < CBR \leq 10$	$20 < EV2 \leq 50$	$4 < K \leq 6$	Sables alluvionnaires argileux ou fins limoneux, graves argileuses ou limoneuses, sols marneux contenant moins de 35 % de fines
p3		Peu déformable	$10 < CBR \leq 20$	$50 < EV2 \leq 120$	$6 < K \leq 7$	Sables alluvionnaires propres avec fines < 5 %, graves argileuses ou limoneuses avec fines < 12 %
p4		Très peu déformable	$20 < CBR \leq 40$	$120 < EV2 \leq 200$	$7 < K \leq 12$	Matériaux insensibles à l'eau, sables et graves propres, matériaux rocheux sains, etc., chaussées anciennes
p5		Très peu déformable	$CBR > 40$	$EV2 > 200$	$K > 12$	Matériaux insensibles à l'eau, sables et graves propres, matériaux rocheux sains, etc., chaussées anciennes

• 3.3.3.3.1 - Qualités requises d'une plateforme

La plateforme support d'un revêtement pavé ou dallé doit avoir une portance minimale fixée en fonction de la nature des assises. Le tableau 7 donne les classes de portance minimale à respecter pour les natures d'assises.

Tableau 7 : portance minimale requise en fonction de la nature des assises

Nature des assises	Classe de portance minimale
Grave ciment et Grave bitume	p3
Autres matériaux	p2

● 3.3.3.3.2 - Amélioration de la portance

En fonction de la nature des assises, des améliorations de la portance sont nécessaires chaque fois que la qualité du sol après compactage (lorsque celui-ci est possible) est insuffisante par rapport aux exigences définies dans le tableau 7.

Amélioration de la portance par traitement du sol en place

Les sols graveleux demandent en général un traitement au ciment seul avec un dosage en ciment de 3 à 9 % en poids de sol sec.

Les sols argileux, argileux limoneux, les sols fins et les sols gorgés d'eau demandent un traitement préalable à la chaux (chaux vive dans le dernier cas) à raison de 1 à 2 % de chaux. Ce traitement est suivi par un autre au ciment, 24 ou 48 heures après, à raison de 4 à 6 % de ciment. Dès que le traitement est terminé, le terrain est immédiatement circulaire et l'augmentation de l'indice portant peut aller jusqu'à 2 classes.

Selon le trafic et les caractéristiques du sol, l'épaisseur à traiter varie de 20 à 40 cm.

Amélioration de la portance par la réalisation d'une couche de forme

Selon les matériaux utilisés et leurs épaisseurs, les gains de portance correspondants sont définies dans le tableau 8.

Tableau 8 : amélioration de la portance de la couche de forme

Nature de la couche de forme	Gain de portance
30 cm de sable fin par exemple de type sable de Fontainebleau	+ 1 classe
20 cm de grave 0/40 ou 0/60 (20 < ES < 40)	+ 1 classe
35 cm de sable fin + géotextile de 200 à 300 g/m ²	+ 2 classes
25 cm de grave 0/40 ou 0/60 (20 < ES < 40) et film tissé ou non de 200 à 300 g/m ²	+ 2 classes
20 cm de grave traitée au ciment	+ 2 classes

■ 3.3.3.4 - Choix des matériaux d'assises

Lorsque la mise en place d'une assise est nécessaire, le choix du matériau constitutif doit tenir compte du trafic et de la portance du sol. Le coût est aussi un élément à considérer lors du choix, compte tenu des disponibilités locales des matériaux.

On envisagera :

- soit une structure de chaussée souple qui peut comporter une couche en grave non traitée, ou une couche en grave bitume éventuellement sur une couche de grave non traitée ;
- soit une structure de chaussée rigide constituée de grave ciment, de béton de ciment, de grave laitier, de sable ciment ou de sable laitier.

Le choix du matériau d'assise devra aussi considérer le type de revêtement. En particulier, pour les revêtements dallés soumis à un trafic de véhicules, il convient d'orienter son choix sur une structure rigide.

■ 3.3.3.5 - Choix du revêtement

Les critères de choix sont d'ordre esthétique, fonctionnel, technique et économique, comme nous l'avons vu au chapitre 1.

● 3.3.3.5.1 - Choix des pavés

Pour les pavés de voirie, la marque NF définit des classes d'appellation en fonction de l'intensité du trafic. Ces classes sont en adéquation avec la norme NF P 98-335 « Mise en œuvre des pavés et dalles en béton, des pavés en terre cuite et des pavés et dalles en pierre naturelle ».

À chaque classe d'appellation correspond un ensemble de caractéristiques et de niveaux de performances, sélectionnés dans la norme NF EN 1338. Le tableau 9 précise pour chaque classe d'appellation, utilisée pour les pavés de voirie, le lien entre le domaine d'emploi et les performances des produits.

Caractéristiques et niveaux de performance	Classes d'appellation NF	
	T3-4	T5
Épaisseur minimale exigée (tolérances incluses)	77 mm	57 mm
Pose requise	En chevron ou à lignes de joints discontinues, sur sable ou sable stabilisé au ciment	
Trafic autorisé (nombre de véhicules charge totale $\geq 3,5$ t par jour et par sens)	26 à 150	1 à 25

Selon la norme NF P 98-335, des pavés d'épaisseur nominale au moins égale à 10 cm peuvent convenir pour des trafics supérieurs à T2 (300 véhicules de PTAC ≥ 35 kN) sous réserve d'une étude de conception particulière précisant notamment les appareillages, les blocages de rive et longitudinaux, la vérification de dimensionnement des produits, etc.

Les pavés de jardin (non soumis à circulation de véhicules) font l'objet de la norme NF P 98-306.

Le choix des pavés perméables destinés à permettre l'infiltration directe des eaux de pluie, soit dans le sol soit dans une chaussée réservoir, s'effectue sur la base des prescriptions du fascicule 70 titre 2 « Ouvrages d'assainissement – Ouvrages de recueil, de restitution et de stockage des eaux pluviales »

Les spécifications minimales sont les suivantes :

- résistance à la rupture par fendage supérieur à 3 MPa ;
- épaisseur minimale : 8 cm ;
- perméabilité supérieure à 1 cm/s.

Il faut noter que ces pavés ne sont pas couverts par la norme NF P 98-335.

● 3.3.3.5.2 - L'appareillage des pavés

La disposition des pavés les uns par rapport aux autres doit être réalisée de telle sorte qu'elle n'entraîne pas la formation d'une ligne de joints droite continue dans le sens principal de la circulation. Les appareillages les plus performants correspondent aux pavés posés à joints décalés (la ligne de joints est perpendiculaire au sens du trafic) et aux pavés posés en chevrons ou aux pavés posés de telle sorte que la ligne de joints continue soit la plus courte possible, en particulier dans le ou les sens principaux de la circulation (figure 17).

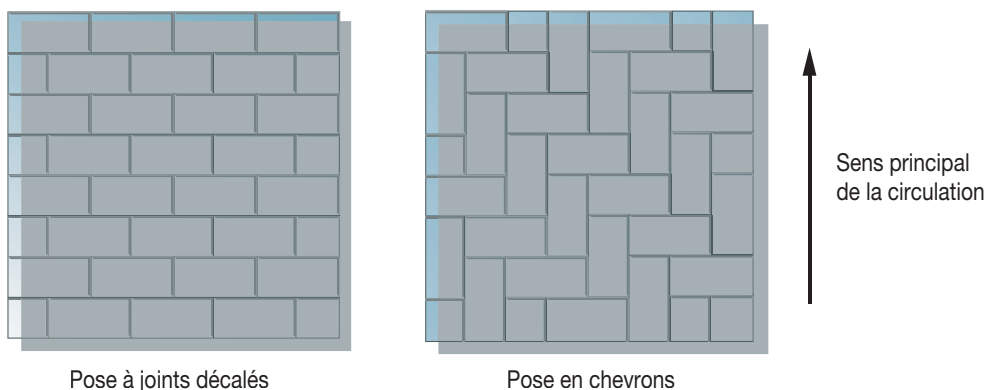


Figure 17: exemple d'appareillage pavés

● 3.3.3.5.3 - Choix des dalles

Cas de la pose sur sable ou sur mortier

Compte tenu de leurs dimensions, les dalles, sous l'effet des charges de roues, sont essentiellement soumises à des sollicitations de flexion. Le choix de la classe de résistance convenable est donc directement lié à la charge maximale par roue des véhicules. **Ainsi, le passage unique d'un poids lourd sur l'ouvrage doit conduire à l'utilisation d'une classe minimale U25 au sens de la certification NF.**

Pour les dalles de voirie, la marque NF définit des classes d'appellation en considérant la charge par roue des véhicules, l'intensité du trafic et le mode de pose. Ces classes sont en adéquation avec la norme NF P 98-335 « Mise en œuvre des pavés et dalles en béton, des pavés en terre cuite et des pavés et dalles en pierre naturelle ».

Le tableau 10 précise pour chaque classe d'appellation, utilisée pour les dalles de voirie et toiture, le lien entre le domaine d'emploi des produits et les performances requises. Les dalles en béton sont couramment posées sur sable, la pose sur mortier étant généralement limitée aux classes S4 et T7.

Tableau 10 : domaines d'emploi des dalles en fonction du type de pose

Classes d'appellation NF	Pose sur sable	Pose sur plots
S4	Véhicules de charge par roue < 0,6 t	
T7	Véhicules de charge par roue < 0,9 t	Accès piétons exclusivement Usage modéré sur petite surface (par exemple: terrasses privatives) et hauteur des plots ≤ 15 cm
T11	Véhicules de charge par roue < 2,5 t Circulation occasionnelle et à vitesse réduite	Accès piétons exclusivement Usage collectif ou public
U14	Véhicules de charge par roue < 2,5 t Circulation normale	Véhicules de charge par roue < 0,9 t circulant à vitesse réduite et à raison de 40 véhicules/jour /sens au maximum (aires de stationnement)
U25	Véhicules de charge par roue < 6,5 t Circulation occasionnelle et à vitesse réduite	
U30	Véhicules de charge par roue < 6,5 t Circulation normale	

Le choix des dalles perméables destinées à permettre l'infiltration directe des eaux de pluie soit dans le sol soit dans une chaussée réservoir s'effectue sur la base des prescriptions du fascicule 70 titre 2 « Ouvrages d'assainissement – Ouvrages de recueil, de restitution et de stockage des eaux pluviales » et d'un CCTP* tenant compte des spécificités du projet.

On peut noter que ces dalles ne sont pas couvertes par la norme NF P 98-335.

* Cahier des Clauses techniques particulières.

■ 3.3.3.6 - Épaisseurs des assises

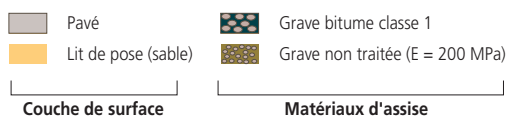
L'épaisseur des assises de chaussées revêtues de pavés ou de dalles en béton se détermine conformément à la méthode de dimensionnement française des chaussées du SETRA et du LCPC complétée par une étude expérimentale réalisée au CERIB au moyen du logiciel Voirib d'application correspondant.

Dans les cas courants, il est possible d'utiliser les structures types figurant dans les tableaux 11, 12, 13 et 14, dimensionnées pour une durée de service de 20 ans et un taux de croissance du trafic de 1 %.

Tableau 11 : exemples de structures de chaussées pavées souples						
Trafic ▶ Portance ▼	t5			t4	t3 ⁻	t3 ⁺ *
	I	II	III			
p5	Assises inutiles					
p4	Assises inutiles					
p3						
p2 ^{**}						

* Pour les trafics > t3⁺, il y a lieu d'être vigilant sur la conception et en particulier d'analyser avec précision le trafic.

** La mise en place d'une grave bitume sur un sol de portance inférieure ou égale à p2 est difficile à réaliser et nécessite une amélioration de la portance au moyen d'une couche de forme. Selon la nature (traitée ou non) et l'épaisseur de cette couche de forme, le gain sera d'une ou de deux classes de portance ; ce qui permet d'obtenir p3 ou p4.



En l'absence d'étude détaillée, ce tableau est basé sur la prise en compte de caractéristiques basses des matériaux, conduisant à un dimensionnement sécuritaire.

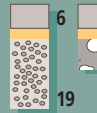
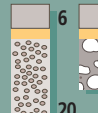
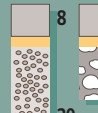
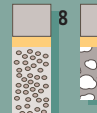
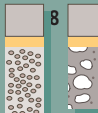
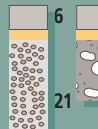
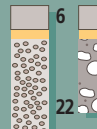
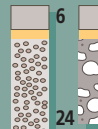
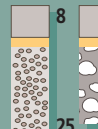
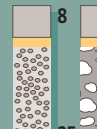
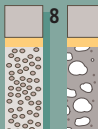
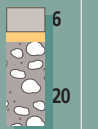




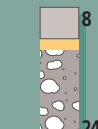
Tableau 12 : exemples de structures de chaussées dallées souples

Classe d'appellation / Classe de portance	S4	T7	T11	U14	U25	U30
p5	Assises inutiles			Prévoir une assise rigide		
p4	16					
p3	27					
p2	41					

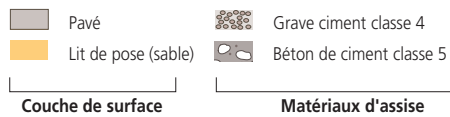
Dalle
 Lit de pose
 Grave non traitée (E = 200 MPa)

En l'absence d'étude détaillée, ce tableau est basé sur la prise en compte de caractéristiques basses des matériaux, conduisant à un dimensionnement sécuritaire.

Tableau 13 : exemples de structures de chaussées pavées rigides

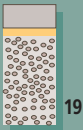
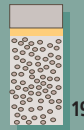

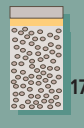
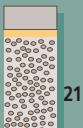
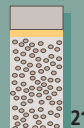
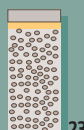
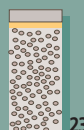
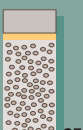
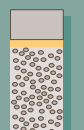




Trafic	t5			t4	t3 ⁻	t3 ⁺ *
	I	II	III			
Portance	Assises inutiles					
p5	Assises inutiles					
p4	Assises inutiles					
p3						
p2						


* pour les trafics $\geq t3^+$, il y a lieu d'être vigilant sur la conception et en particulier d'analyser avec précision le trafic.





En l'absence d'étude détaillée, ce tableau est basé sur la prise en compte de caractéristiques basses des matériaux, conduisant à un dimensionnement sécuritaire.


Tableau 14 : exemples de structures de chaussées dallées rigides

Portance	Trafic	A	B	C	D ou t4
		Avec circulation de véhicules			
p5		Assises inutiles			
p4					
p3					
p2					

 Dalle

 Grave ciment classe 4

 Lit de pose en sable ou mortier

 Béton de ciment classe 5

En l'absence d'étude détaillée, ce tableau est basé sur la prise en compte de caractéristiques basses des matériaux, conduisant à un dimensionnement sécuritaire.

ENCART 2 - EXEMPLE DE DIMENSIONNEMENT

(EXTRAIT D'UNE NOTE DE CALCUL AUTOMATIQUE)

Hypothèses de calcul

Revêtement

- épaisseur minimale des pavés (cm) 8
- épaisseur des pavés choisis (cm) 8

Trafic

- classe de trafic SETRA-LCPC T4
- coefficient d'agressivité moyenne (CAM) 0,1
- durée de service prévue de la chaussée (années) 20
- taux de croissance annuel estimé (en %) 1
- nombre d'essieux de référence équivalents pendant toute la durée de service 35 971

Portance du sol

- Classe de portance P3 (PF2)

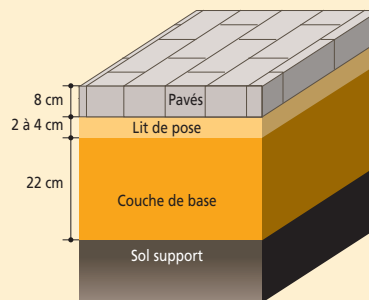
Assises

- matériau grave non traitée
- module (MPa) 200

Résultats du dimensionnement

- amélioration de la portance de la plate-forme Inutile
- portance de la plate-forme P3 (PF2)
- couche de base grave non traitée
- épaisseur minimale (cm) 15
- épaisseur calculée (cm) 22

Ces résultats ne sont utilisables que si les hypothèses retenues correspondent à la réalité et si les conditions de mise en œuvre sont conformes aux textes en vigueur.



ENCART 3 – CAS PARTICULIER DES CHAUSSÉES À STRUCTURES RÉSERVOIR

Les assises des chaussées réservoir sont le plus souvent constituées de grave grossière concassée de granulométrie discontinue telle que $10 < d < 50$ mm et $70 < D < 150$ permettant d'atteindre un indice de vide voisin de 0,40. Les granulats utilisés doivent présenter les caractéristiques minimales suivantes :

- MICRO DEVAL < 25 ;
- LOS ANGELES < 30 .

La couche supérieure des assises est recouverte d'un géotextile puis d'une couche constituée d'un matériau plus fin (6/10 – 10/20) afin de permettre l'opération de nivellement. Les assises peuvent être réalisées au moyen d'un béton hydraulique poreux (gravillons 10/20 ou 10/30) offrant une porosité voisine de 20 %.

Un nouveau produit constitué de tubes en béton est proposé par l'Industrie du béton pour réaliser des structures réservoir. Ce produit qui est mis en œuvre en vrac présente une capacité de stockage voisine de 600 l/m^3 . L'écoulement multidirectionnel de l'eau au sein de la structure permet une atteinte quasi-instantanée du potentiel d'absorption et de stockage pour les événements pluvieux les plus intenses.



Pour les dispositions constructives relatives aux chaussées réservoirs, il y a lieu de se reporter au fascicule 70 du CCTG titre 2 *Ouvrages de recueil, de restitution et de stockage des eaux pluviales*, au guide *Conception des chaussées poreuses urbaines* (AIVF, CERTU et LCPC) et au guide *Voiries et aménagements urbains – Revêtements et structures réservoirs – T57* (CIMBÉTON, AIVF, CERIB, FIB et SNBPE).

Réalisation des ouvrages

4.1 - Bordures et caniveaux

- 4.1.1 - Réception des produits
- 4.1.2 - Terrassement
- 4.1.3 - Fondations
- 4.1.4 - Manutention
- 4.1.5 - Pose
- 4.1.6 - Calage
- 4.1.7 - Joints
- 4.1.8 - Réception de l'ouvrage

4.2 - Mise en œuvre des pavés

- 4.2.1 - Réception des produits
- 4.2.2 - Préparation de la plateforme
- 4.2.3 - Réalisation des assises
- 4.2.4 - Réalisation du revêtement

4.3 - Mise en œuvre des dalles

- 4.3.1 - Réception des produits
- 4.3.2 - Préparation de la plateforme
- 4.3.3 - Réalisation des assises
- 4.3.4 - Mise en œuvre des dalles
selon la nature du lit de pose
- 4.3.5 - Manipulation des dalles sur chantier

4.4 - Travaux de drainage

4.5 - Ouvrages singuliers : traversées piétonnes, ralentisseurs, coussins et plateaux

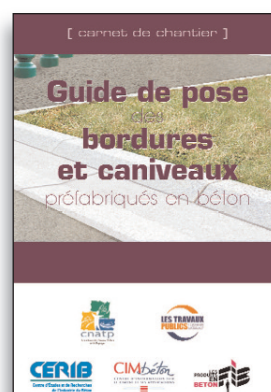
4.6 - Mise en œuvre du mobilier urbain

4.1 Bordures et caniveaux

La mise en œuvre des bordures et caniveaux nécessite de respecter les règles générales présentées dans les textes de référence, ci-après. En outre, le « Guide de pose des bordures et caniveaux préfabriqués en béton » précise les règles de pose.

Textes de référence :

- fascicule 31 du CCTG « Bordures et caniveaux en pierre naturelle ou en béton et dispositifs de retenue en béton » qui exige la conformité à la norme française « Bordures et caniveaux en béton ».
- note de rappel aux maîtres d'œuvre, quant à l'application du fascicule 31 du CCTG, relative aux bordures et caniveaux en béton (courrier de la direction des routes du 4 août 1999).



4.1.1 - Réception des produits

Pour les produits titulaires de la marque NF ou faisant l'objet d'une certification étrangère reconnue équivalente la conformité des produits est assurée par la vérification de la classe de résistance prescrite et des prescriptions complémentaires éventuelles, du marquage, de l'intégrité des produits et des quantités livrées.

4.1.2 - Terrassement

Le compactage du fond de fouille est généralement nécessaire dans le cas d'ouvrages franchissables. Lorsqu'il se révèle impossible, il faut prendre des dispositions complémentaires telles que : l'augmentation des dimensions de la fondation ou la réalisation de semelles armées.

Nota

Les bordures de caniveau sous trafic lourd doivent faire l'objet d'une étude spécifique.

4.1.3 - Fondations

Dans le cadre des marchés publics, conformément au fascicule 31, le massif de fondation, réalisé avec un béton C 16/20, doit présenter les caractéristiques minimales explicitées figure 18.

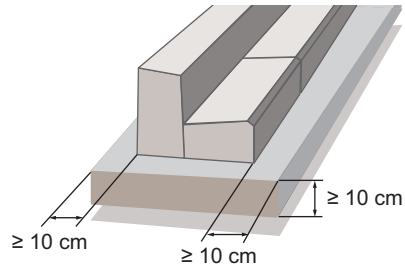


Figure 18: caractéristiques minimales du massif de fondation.

Dans le cas de franchissement fréquent par des véhicules lourds, le massif de fondation peut être en béton armé coulé en place.

4.1.4 - Manutention

La pose mécanisée permet de s'affranchir du poids des produits tout en améliorant la productivité.





4.1.5 - Pose

Les bordures sont posées :

- soit sur un lit de béton frais de classe C16/20 ;
- soit après confection d'une fondation en béton, interposition d'un mortier d'au moins 3 cm d'épaisseur dosé à 250 kg de ciment par m³ ;
- soit sur bordure de calage de rive avec interposition d'un bain de mortier identique au précédent.

4.1.6 - Calage

Le calage arrière dont le rôle est de s'opposer au déplacement et au renversement des bordures est impératif.

Il peut être réalisé, comme représenté figure 19, par :

- un solin continu ;
- un épaulement au niveau de chaque joint.

Dans le cas d'un épaulement ou d'un solin, la hauteur « h » est au moins égale à la moitié de celle de la bordure mise en œuvre. Le béton doit être le même que celui utilisé pour les fondations.

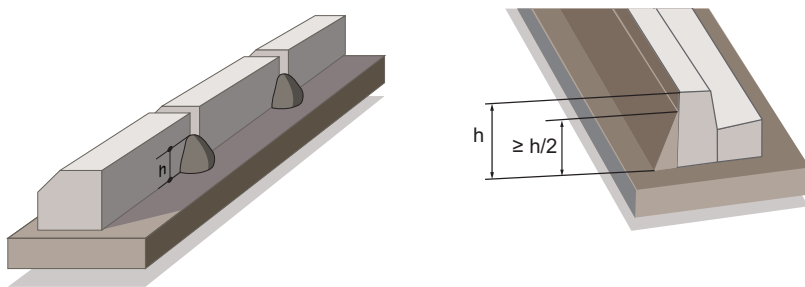


Figure 19: calage d'une bordure par épaulement et par solin continu.

L'absence de calage peut conduire à des désordres (désalignement, rupture de bordures, etc.)

Nota

Lorsque le trottoir est prévu en béton coulé en place, on réalisera un calage provisoire qui sera enlevé avant le coulage du béton qui assurera le calage définitif.

4.1.7 - Joints

Les joints entre bordures et caniveaux assurent des fonctions multiples :

- ils autorisent la dilatation de l'ouvrage sous l'effet des variations thermiques ;
- ils protègent les arêtes des actions mécaniques (par exemple liées au trafic) ;
- ils ont quelquefois une vocation esthétique.

Les joints sont réalisés :

- soit avec un espace d'environ 1 cm rempli en partie ou en totalité d'un mortier faiblement dosé (200 à 250 kg de ciment par m³) ;

Le coefficient de dilatation linéaire du béton est d'environ 10 µm/m/°C. Ainsi, pour un ouvrage présentant un linéaire de 100 m, une élévation de température de 30 °C entre la nuit et le jour se traduit par un allongement d'environ 3 cm, qu'il convient d'absorber au droit des joints pour éviter l'endommagement des arêtes d'extrémités des produits.

Pour autoriser la libre dilatation de l'ouvrage, sans mise en contrainte des arêtes d'extrémités, le matériau constitutif des joints doit présenter un module d'élasticité inférieur à celui des éléments. Ainsi, par exemple lorsque les joints sont garnis de mortier, celui-ci doit présenter un dosage en ciment au plus égal à 250 kg/m³.

Par ailleurs, un dosage minimal de 200 kg/m³ reste néanmoins nécessaire pour assurer une bonne protection des arêtes d'extrémités.

- soit sans joint avec un espacement de 2 à 3 mm sans remplissage avec un joint de dilatation de 0,5 cm minimum tous les 10 m (l'absence de joint de dilatation peut conduire à des désordres : soulèvements, épaufrures, etc.).

4.1.8 - Réception de l'ouvrage

Les tolérances maximales en altitude et en alignement ne doivent pas dépasser ± 2 cm par rapport au projet. Les désaffleurements entre bordures doivent rester inférieurs à 0,5 cm.

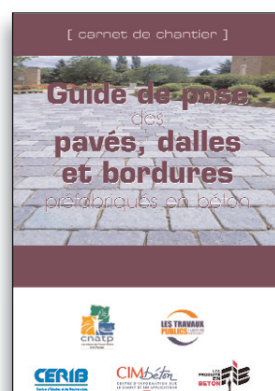
Un délai de sept jours minimum est nécessaire entre la pose des bordures franchissables et l'ouverture à la circulation.

4.2 Mise en œuvre des pavés

La mise en œuvre des pavés nécessite de respecter les règles générales présentées dans les textes de référence, ci-après. En outre, le « Guide de pose des pavés, dalles et bordures préfabriqués en béton » précise les règles de pose.

Textes de référence :

- fascicule n° 29 du CCTG « Exécution des revêtements de voiries et espaces publics en produits modulaires » ;
- NF P 98-335 « Mise en œuvre des pavés et dalles en béton, des pavés en terre cuite et des pavés et dalles en pierre naturelle ».



4.2.1 - Réception des produits

Pour les produits titulaires de la marque NF ou faisant l'objet d'une certification étrangère reconnue équivalente la conformité des produits est assurée par la vérification de la classe de résistance prescrite et des prescriptions complémentaires éventuelles, du marquage, de l'intégrité des produits et des quantités livrées.

Pour les produits non titulaires de la marque NF ou d'une certification étrangère équivalente le contrôle de conformité des produits se fait par lot de produits retenus pour le chantier dans un lieu convenu entre l'acheteur et le fournisseur avant leur mise en œuvre selon l'annexe normative B de la NF EN 1340. Il est rappelé que l'ensemble des caractéristiques prescrites doit être vérifié y compris la résistance au gel-dégel si elle est prescrite.

4.2.2 - Préparation de la plateforme

Le sol naturel doit être :

- décapé de la terre végétale, dans tous les cas ;
- terrassé, s'il y a lieu, pour l'amener à la cote et à la pente souhaitées ; la cote finale de la plateforme doit tenir compte de l'épaisseur des assises et de la couche de surface après compactage ;
- amélioré, si nécessaire, pour qu'après compactage, la portance du sol soit au moins égale à la valeur prise en compte dans le dimensionnement des assises*.

4.2.3 - Réalisation des assises

Quelle que soit la solution retenue au stade de la conception (assises souples ou assises rigides), les assises doivent être réalisées selon les techniques adaptées aux matériaux utilisés.

En application du fascicule 29 du CCTG, l'acceptation des assises est prononcée par le maître d'œuvre conformément aux normes NF P 98-115 et NF P 98-150, à la norme NF P 98-170 ou au fascicule 28 du CCTG.

La pente de la couche de base doit être la même que celle du sol fini pour permettre une épaisseur de lit de pose constante, au minimum 1 cm par mètre pour faciliter l'évacuation des eaux de ruissellement.

* En cas de risque de pollution du lit de pose par le matériau constituant la plateforme, on utilisera un géotextile.

4.2.4 - Réalisation du revêtement

Le comportement du revêtement sous l'effet des charges verticales et des efforts horizontaux est directement lié aux caractéristiques du revêtement et de sa mise en œuvre. Compte tenu des efforts horizontaux (freinage, accélération, virages, carrefours, etc.), l'influence de la technique de pose est fondamentale.

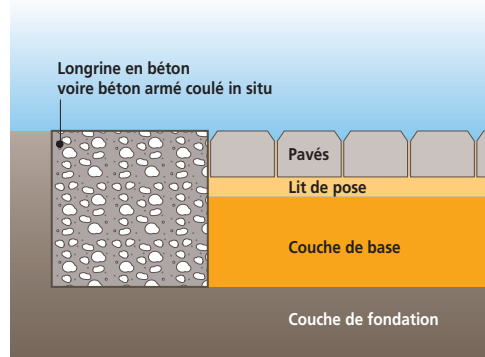
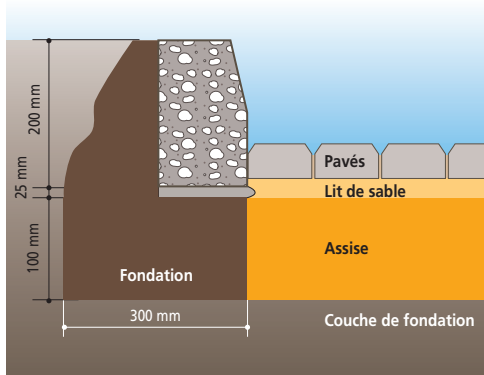
Il convient d'apporter un soin particulier à la réalisation des étapes suivantes :

- blocage des rives ;
- drainage ;
- réalisation du lit de pose ;
- pose des pavés ;
- appareillage des pavés ;
- réalisation des joints ;
- réalisation des points singuliers ;
- travail sous circulation ;
- manipulation des pavés en béton sur chantier ;
- mise en service.

■ 4.2.4.1 - Le blocage des rives

Le soin apporté à la réalisation de cette phase est essentiel. L'importance du système de blocage à mettre en œuvre est fonction du niveau des efforts horizontaux prévisibles et donc de la nature du trafic. Le plus souvent, ce blocage peut être réalisé au moyen de bordures et/ou de caniveaux en béton préfabriqué ou au moyen d'une longrine en béton coulé en place (figures 20 et 21).

La liaison avec les rives se fait en utilisant de préférence des pavés spéciaux prévus à cet effet. Si la découpe des pavés est nécessaire, seuls les éléments dont la surface est supérieure ou égale à celle du demi pavé sont utilisables, en évitant des angles aigus trop prononcés.



Figures 20 et 21 : exemples de blocage de rives.

■ 4.2.4.2 - Le drainage

Quelques exemples de techniques de drainage sont donnés par les figures 22, 23, 24 et 25.

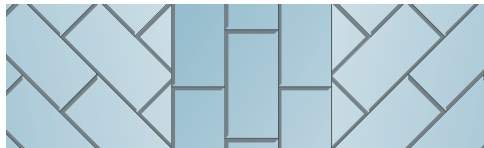
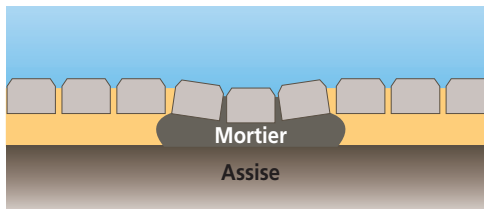


Figure 22 : caniveau réalisé par 3 pavés adjacents.

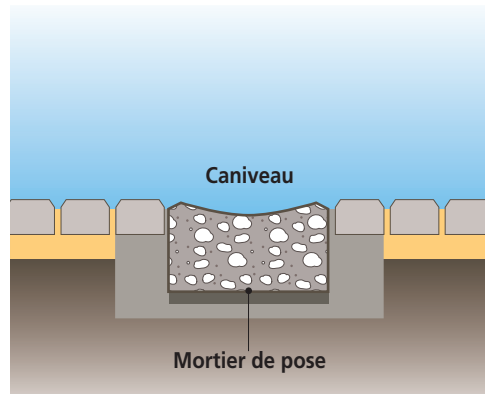


Figure 23 : caniveau préfabriqué.

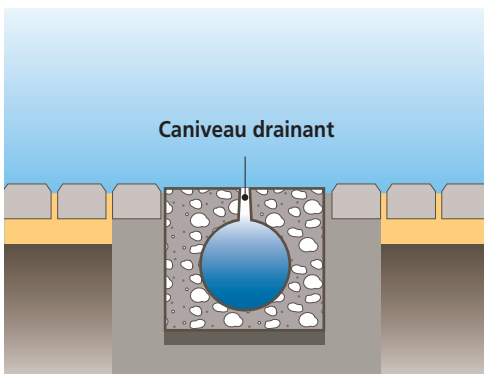


Figure 24 : caniveau drainant à fente.

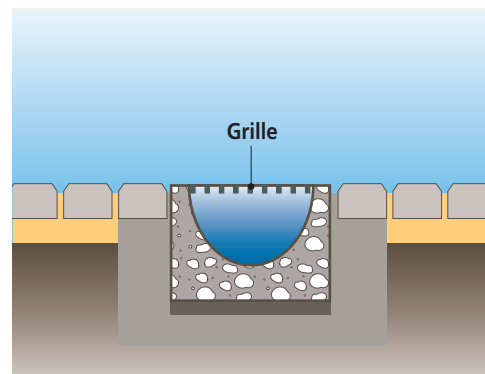


Figure 25 : caniveau drainant à grille.

■ 4.2.4.3 - La réalisation du lit de pose

La pose des pavés en béton s'effectue normalement sur lit de pose en sable ou en sable stabilisé au ciment. Ce mode de pose qui assure une parfaite cohésion d'ensemble du revêtement est adapté à tous types de trafics. Par ailleurs, il facilite grâce aux opérations de dépose/repose l'entretien ainsi que les interventions sous voirie.

Le lit de pose doit avoir une épaisseur nominale de 3 cm plus ou moins 1 cm. Elle doit être constante pour éviter les risques de tassements différentiels (figure 26), en particulier dans les zones de vibration, de circulation intense et en cas d'infiltrations qui entraînent les fines – ce qui implique que la pente de la couche d'assise soit la même que celle du revêtement final. Une réception altimétrique de la couche d'assise est à réaliser contrairement à tout autre intervention. En outre, la couche d'assise poreuse doit être recouverte d'un géotextile pour éviter la migration du sable.

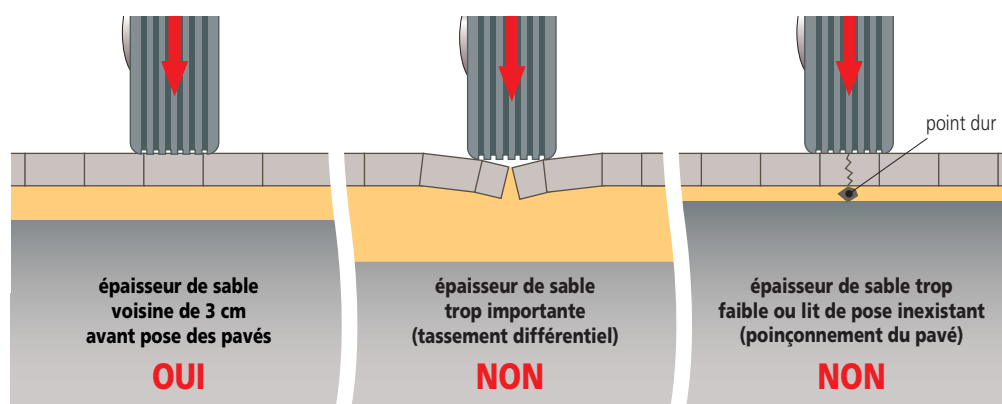


Figure 26: dispositions constructives pour lit de pose.

Le lit de pose, nivelé à la règle, est réalisé à l'avancement ; il n'est pas compacté. Il est impératif de ne pas détruire sa planéité, par exemple en marchant dessus, le paveur se tenant sur les pavés posés. Un lit de pose réglé avec soin facilite la pose des pavés et évite notamment les défauts de planéité du revêtement final. Dans le cas d'une pose mécanisée, il y a lieu de réaliser un précompactage du lit de pose.

Le choix du matériau constituant le lit de sable doit être guidé de préférence vers des sables de bonne qualité (dureté), siliceux ou silico-calcaires, propres, de classe granulométrique 0/4 ou 0/6,3 et exempts d'éléments argileux ou organiques. En cas de réalisation sur des zones fortement sollicitées (rampe importante, courbe, présence d'eau, technique de nettoyage agressive, etc.), la pose doit être effectuée sur sable stabilisé avec joints également réalisés au moyen de sable stabilisé avec une granulométrie adaptée. Ce matériau est obtenu par incorporation d'un ciment dans le sable de pose sans apport d'eau. Le dosage en ciment (par exemple CEM II/A 32,5 N) est compris entre 75 et 100 kg/m³ de sable sec.

La pose peut aussi s'effectuer sur gravillons. ceux-ci sont de classe granulaire 2/4, 4/6.3 ou 2/6.3.

Nota

Pour des applications spécifiques (par exemple forte pente, sollicitations importantes), les pavés en béton peuvent être posés sur mortiers classiques, sur mortiers spéciaux ou sur bétons tels que définis dans la norme NF P 98-335.

Pour les conditions d'utilisation des mortiers spéciaux, il convient de se référer à la fiche technique délivrée par le fournisseur.

■ 4.2.4.4 - La pose des pavés

La pose proprement dite s'effectue, le poseur ou la machine étant face à l'avancement, c'est-à-dire placé sur le travail déjà réalisé. Les pavés sont posés avec des joints de 2 à 4 mm de façon à permettre les éventuels ajustements et à compenser les tolérances de fabrication. Les écarteurs ne servent qu'à garantir un espace minimum entre pavés et ne peuvent pas être considérés comme des



butées d'alignement lors de la pose. La pose à joints larges ne peut s'envisager sans étude particulière. En aucun cas, l'épaisseur du joint large ne peut excéder 10 % de l'épaisseur du produit. D'une façon générale et particulièrement pour les ouvrages de dimensions importantes, il est nécessaire de vérifier la rectitude et le parallélisme des rangs de pavés au moins tous les 4 à 5 m.

■ 4.2.4.5 - L'appareillage des pavés

On veillera à ce que le type d'appareillage retenu lors de l'étude soit parfaitement mis en œuvre.

■ 4.2.4.6 - La réalisation des joints

Lorsque la pose des pavés est contrôlée et terminée, les joints sont remplis très soigneusement de sable par balayage. Ce sable, différent de celui utilisé pour la réalisation du lit de pose – de classe 0/2 ou 0/4 – il doit être de bonne qualité et de granulométrie compatible avec la largeur minimale des joints de 2 à 4 mm. La granulométrie doit être étalée afin de lui assurer une bonne compacité en place. Les sables à granulométrie resserrée (par exemple le sable de dune) ne doivent pas être utilisés. Les joints peuvent être réalisés au sable stabilisé dans les mêmes conditions.

Un compactage est réalisé après le remplissage des joints et le balayage des excédents de sable en surface, au moyen d'un matériel de compactage dynamique tel que dame ou cylindre impérativement équipés d'une semelle ou jante caoutchoutée. Dans le cas de rives bloquées, il est préférable de compacter en premier lieu le centre de la surface en progressant vers les rives.

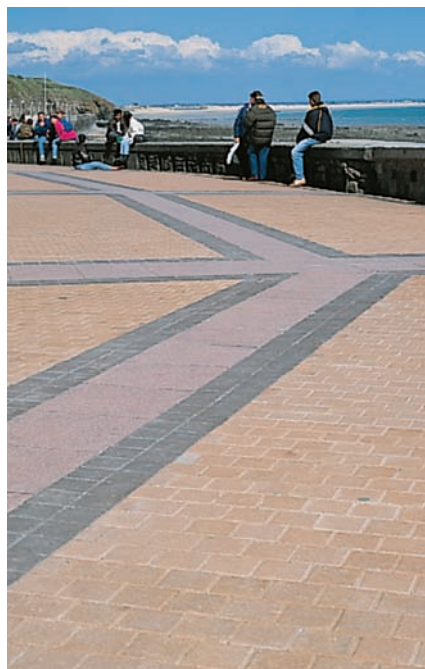
Après chaque passage du compacteur, les joints doivent être à nouveau garnis de sable et la planéité constamment vérifiée. Si besoin, des opérations du regarnissage complémentaire des joints doivent être envisagées après ouverture à la circulation. Pour les cas de pose particuliers, des joints constitués d'un mélange de sable et de résine peuvent aussi être utilisés. Il y a lieu alors de se référer à la notice technique du fournisseur. Dans les cas particuliers où la pose est effectuée sur mortier, les joints sont également réalisés au moyen de mortier de granulométrie ajustée. Pour les conditions d'utilisation des mortiers spéciaux, il convient de se référer à la fiche technique délivrée par le fournisseur.

■ 4.2.4.7 - Réalisation des points singuliers

En ce qui concerne la réalisation des points singuliers, il convient de veiller particulièrement à la continuité des assises et du lit de pose et d'assurer un blocage des pavés efficace. Des solutions telles que :

- produits complémentaires (pavés de rive, mitre, etc.);
 - mortier, mortier coloré ou lavé, etc. ;
 - éléments en matériaux durs de petites dimensions ;
- permettent d'éviter les coupes toujours délicates à réaliser et préservent l'esthétique générale du revêtement.

Exemples de réalisations diverses et de points singuliers





■ 4.2.4.8 - *Travail sous circulation*

La zone en cours de réalisation est protégée de toute circulation jusqu'à son achèvement complet.

Dans les cas exceptionnels où les travaux sont effectués sous circulation, le pavage est réalisé par demi-voie, une zone de 50 cm minimum exécutée en première phase étant reprise dans la deuxième partie des travaux ou en réalisant un blocage de rive efficace lors de la première phase.

■ 4.2.4.9 - *Manipulation des pavés en béton sur chantier*

La technique de fabrication des pavés et leur contrôle permettent d'obtenir un revêtement esthétique d'une durabilité excellente, sous réserve que les manipulations avant la pose n'altèrent en rien les caractéristiques du produit et que leur pose soit satisfaisante.

Ces considérations imposent un minimum de soins lors du déchargement des pavés, de leur stockage et de leur distribution sur le chantier qui devra être effectuée sur le pavage déjà réalisé aussi bien en pose manuelle que mécanique.

■ 4.2.4.10 - *Mise en service*

Pour la pose normale sur sable des pavés en béton, la mise en service s'effectue dès que le garnissage des joints a été réalisé. Des garnissages complémentaires après mise en service peuvent se révéler nécessaires.

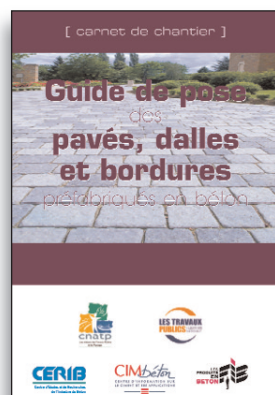
Si la pose est réalisée sur mortier, le délai de mise en service doit respecter la norme NF EN 98-335.

4.3 Mise en œuvre des dalles

La mise en œuvre des pavés nécessite de respecter les règles générales présentées dans les textes de référence, ci-après. En outre, le « Guide de pose des pavés, dalles et bordures préfabriqués en béton » précise les règles de pose.

Textes de référence :

- fascicule n° 29 du CCTG « Exécution des revêtements de voiries et espaces publics en produits modulaires » ;
- NF P 98-335 « Mise en œuvre des pavés et dalles en béton, des pavés en terre cuite et des pavés et dalles en pierre naturelle » ;
- guide de conception et de réalisation des chaussées en dalles de béton (FIB Voirie-Environnement).



4.3.1 - Réception des produits

Pour les produits titulaires de la marque NF ou faisant l'objet d'une certification étrangère reconnue équivalente la conformité des produits est assurée par la vérification de la classe de résistance prescrite et des prescriptions complémentaires éventuelles, du marquage, de l'intégrité des produits et des quantités livrées.

4.3.2 - Préparation de la plateforme

Le sol naturel doit être :

- décapé de la terre végétale, dans tous les cas ;

- terrassé, s'il y a lieu, pour l'amener à la cote et à la pente souhaitées. La cote finale de la plateforme doit tenir compte de l'épaisseur des assises et de la couche de surface après compactage ;
- amélioré si nécessaire pour qu'après compactage la portance du sol soit au moins égale à la valeur prise en compte dans le dimensionnement des assises.*

4.3.3 - Réalisation des assises

Quelle que soit la solution retenue au stade de la conception (assises souples ou assises rigides), les assises doivent être réalisées selon les techniques adaptées aux matériaux utilisés.

La pente de la couche de base doit être la même que celle du sol fini pour permettre une épaisseur de lit de pose constante, au minimum de 1 cm par mètre pour faciliter l'évacuation des eaux de ruissellement.

4.3.4 - Mise en œuvre des dalles selon la nature du lit de pose

Pour les trafics importants, il y a lieu d'éviter la pose sur mortier. La réalisation d'une adhérence durable de la dalle sur le mortier est en effet aléatoire sous l'effet combiné des sollicitations climatiques et mécaniques.

La mise en œuvre des dalles peut présenter plusieurs cas :

- technique de pose sur lit de sable ;
- technique de pose sur lit de sable stabilisé ;
- technique de pose sur mortier ;
- technique de pose sur plots, etc.

■ 4.3.4.1 - Technique de pose sur lit de sable

Dans ce cas, les facteurs d'un bon comportement du revêtement sont décrits pour chacune des étapes suivantes :

- blocage des rives ;
- réalisation du lit de pose ;
- pose des dalles ;
- réalisation des joints ;
- travaux sous circulation ;
- mise en service.

* En cas de risque de pollution du lit de pose par le matériau constituant la plateforme, on utilisera un géotextile.

● 4.3.4.1.1 - Le blocage des rives

Pour s'assurer la bonne tenue du dallage, il est impératif, en particulier dans le cas d'efforts horizontaux, de lui assurer une butée en rive réalisée par exemple par des bordures scellées, ou encastrées dans la fondation, soit par des longrines en béton.

● 4.3.4.1.2 - La réalisation du lit de pose

L'épaisseur du lit de pose est aussi faible que possible après compactage ($3 \text{ cm} \pm 1 \text{ cm}$) tout en évitant les contacts directs de la dalle avec l'assise (points durs). À cet égard, la figure 27 illustre ce qu'il convient de réaliser et ce qu'il faut éviter.

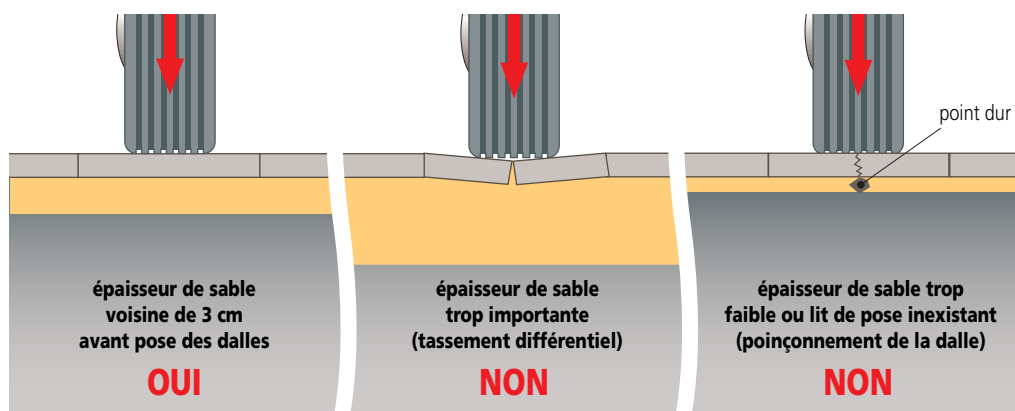


Figure 27: dispositions constructives pour lit de pose.

Le lit de pose nivelé à la règle (métal léger, bois ou madrier droit) est réalisé à l'avancement. Il n'est pas compacté. Il est impératif de ne pas détruire sa planéité, par exemple en marchant dessus. Un lit de pose réglé avec soin facilite la pose des dalles et évite notamment les défauts de planéité du revêtement final. Dans le cas d'une pose mécanisée, il y a lieu de réaliser un précompactage du lit de pose. La tolérance sur la régularité de surface (planéité) ne doit pas excéder 1 cm à la règle de 3 m.

Le choix du matériau constituant le lit de pose doit être guidé de préférence vers

des sables de bonne qualité (dureté), siliceux ou silico-calcaires, propres, de classe granulométrique 0/4 ou 0/6,3 et exempts d'éléments argileux ou organiques.

● 4.3.4.1.3 - La pose des dalles

La pose proprement dite s'effectue, le poseur étant face à l'avancement, c'est-à-dire placé sur le travail déjà réalisé, en veillant à ne pas détruire la planéité du lit de pose, par exemple en circulant dessus. Les dalles sont affermiées vigoureusement à l'aide d'un outil approprié (par exemple un maillet caoutchouté). D'une façon générale, et particulièrement pour les ouvrages de dimensions importantes, il est nécessaire de vérifier la rectitude et le parallélisme des rangs de dalles au moins tous les 4 à 5 m.

● 4.3.4.1.4 - La réalisation des joints

Lorsque la pose des dalles est contrôlée et terminée, les joints sont remplis très soigneusement de sable par balayage. Ce sable, différent de celui utilisé pour la réalisation du lit de pose : de classe 0/2 ou 0/4, il doit être de bonne qualité et de granulométrie compatible avec la largeur minimale des joints de 5 mm. La granulométrie doit être étalée afin de lui assurer une bonne compacité en place. Les sables à granulométrie resserrée (par exemple le sable de dune) ne doivent pas être utilisés. Les joints peuvent être réalisés au sable stabilisé dans les mêmes conditions.

Le garnissage est effectué à refus. La surface de l'ouvrage est ensuite balayée afin de la débarrasser des granulats en excédent sur les dalles. Si besoin, des opérations de regarnissage complémentaire des joints doivent être envisagées après ouverture à la circulation.

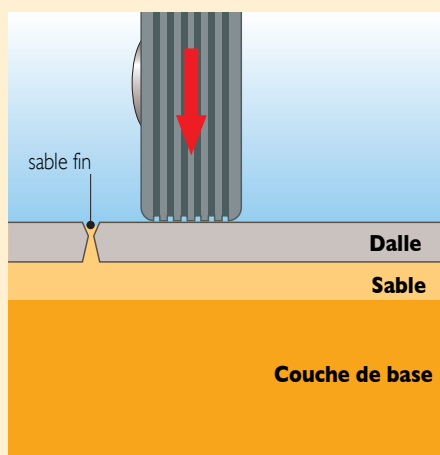
Dans le cas d'une pose sur lit de sable, le remplissage des joints par mortier est une erreur car dans ce cas les joints ne peuvent plus absorber les déformations subies par les dalles désolidarisées de la couche de pose.

Le damage des dalles est proscrit.



ENCART 4 – CAS PARTICULIERS DES DALLES DE GRANDES DIMENSIONS

Dans le cas particulier des *dalles de grandes dimensions*, généralement d'une épaisseur plus importante, le lit de pose, d'environ 8 cm d'épaisseur, compacté et réglé fin peut être constitué soit de gravillons concassés, soit de sable dont les caractéristiques et les fuseaux sont précisés par le fabricant.



La pose des dalles, s'effectue à l'aide d'un engin de capacité suffisante, équipé soit d'un palonnier muni de clés de manutention, soit de ventouses. Entre les dalles, le joint d'environ 5 mm est rempli de sable fin, à l'avancement et en fin de chantier.

Il est à noter que la grande dimension des dalles, ainsi que le lit de pose en gravillons concassés assurent une très bonne répartition des surcharges au sous-sol.

● 4.3.4.1.5 - Travail sous circulation

Dans le cas exceptionnel où les travaux sont effectués sous circulation, le dallage est réalisé par demi-voie, une zone de 50 cm minimum exécutée en première phase étant reprise dans la deuxième partie des travaux ou en réalisant un blocage de rive efficace lors de la première phase.

● 4.3.4.1.6 - Mise en service

Elle s'effectue dès que le garnissage des joints a été achevé. Des garnissages complémentaires, après mise en service, peuvent se révéler nécessaires.



Pose par ventouses



Pose avec palonnier



Aménagement urbain



Espace industriel

■ 4.3.4.2 - *Technique de pose sur lit de sable stabilisé*

Cette technique est une variante de la pose sur sable. Son application se justifie en cas de problèmes particuliers (forte pente, présence d'eau, technique de nettoyage agressive, etc.) lorsqu'il y a un risque de migration des fines sous l'action de l'eau. Ce matériau est obtenu par incorporation d'un ciment dans le sable de pose sans apport d'eau (par exemple CEM II/A ou B 32,5 N). Le dosage en ciment est compris entre 75 et 100 kg/m³ de sable sec.

■ 4.3.4.3 - *Technique de pose sur mortier*

La pose des dalles sur mortiers ou sur bétons est admise pour la réalisation de voies, de places et d'espaces publics réservés aux piétons et admettant, le cas échéant, une très faible circulation de véhicules.

Dans ce cas, les facteurs d'un bon comportement du revêtement sont décrits pour chacune des étapes suivantes :

- réalisation du lit de pose ;
- pose des dalles ;
- réalisation des joints.

Nota

Un des objectifs de la pose sur mortier est de reprendre une partie des efforts de flexion par la couche de mortier. Un tel fonctionnement implique une garantie à long terme de l'adhérence de la dalle sur le lit de pose en mortier et une bonne résistance intrinsèque de ce dernier.

● 4.3.4.3.1 - La réalisation du lit de pose

L'épaisseur du lit de pose en mortier est de 4 cm \pm 1 cm. Le dosage en ciment (par exemple CEM II/A ou B 32,5 N) est compris entre 250 kg et 300 kg/m³. Le mortier est préparé ou approvisionné au fur et à mesure de l'avancement. L'emploi de mortier desséché ou ayant commencé à faire prise est interdit. Pour les conditions d'utilisation des mortiers spéciaux, il convient de se référer à la fiche technique délivrée par le fournisseur.

● 4.3.4.3.2 - La pose des dalles

Les dalles sont humidifiées avant la pose qui s'effectue sur mortier frais avec des joints d'une largeur minimale de 5 mm. Elles sont soumises, aussitôt après mise en place, à une pression vigoureuse destinée à rendre aussi uniforme que possible l'appui de la sous-face sur le mortier.

● 4.3.4.3.3 - La réalisation des joints

Les joints, dont l'épaisseur ne doit pas être inférieure à 5 mm, sont réalisés en mortier de ciment à raison de 300 à 450 kg de ciment par m³ de sable sec. Après réalisation des joints, il convient de faire le nettoyage du revêtement afin d'éviter tout voile ou dépôt de mortier. Le mortier des joints est réalisé à partir d'un sable de granulométrie compatible avec la largeur des joints. Dans le cas

d'une pose sur mortier, il convient de réaliser des joints de dilatation. Ces joints, qui doivent intéresser toute l'épaisseur du revêtement et du lit de pose, doivent se situer à l'aplomb des joints de dilatation des assises. Ils délimitent en général une zone de 40 à 60 m², la diagonale n'excédant pas 10 m. Leur largeur est voisine de 1 cm. Ils sont garnis d'un matériau compressible (par exemple : bitume, polymère, néoprène, etc.).

Le délais de remise en circulation, y compris la circulation de chantier, doit être fixé par le CCTP et est en général de 10 jours à température ambiante de 10 °C.

■ 4.3.4.4 - *Technique de pose sur plots*

Le maître d'œuvre doit s'assurer que les résistances des plots et des dalles sont adaptées à la destination visée. La pose doit être réalisée avec soin en veillant en particulier à ce que les dalles reposent bien sur leurs quatre angles afin d'éviter les phénomènes de boitement.

Pour les applications en protection d'étanchéité, il convient de se reporter soit aux spécifications de la norme NF P 84-204 « DTU 43.1. Travaux de mise en œuvre. Travaux d'étanchéité des toitures-terrasses avec éléments porteurs en maçonnerie », soit au Guide technique spécialisé des systèmes d'étanchéité des toitures-terrasses avec protection par dalles sur plots approuvé par le Groupe spécialisé n° 5 (document disponible au CSTB).

■ 4.3.4.5 - *Cas de points singuliers*

À proximité des éléments fixes existants, tels les regards, des solutions telles que le mortier coloré ou lavé, les éléments de petites dimensions, permettent d'éviter les coupes parfois délicates à réaliser et préservent l'esthétique générale du revêtement.



4.3.5 - Manipulation des dalles sur chantier

Les techniques de fabrication des dalles et leur contrôle permettent d'obtenir un revêtement esthétique, d'une durabilité excellente, sous réserve que les manipulations avant pose n'altèrent en rien les caractéristiques des produits et que leur pose soit satisfaisante. Il convient pour cela d'apporter un minimum de soins lors du déchargement des dalles, de leur stockage et de leur distribution sur le chantier.

Le plus souvent, les dalles sont livrées cerclées ; elles sont alors déchargées sur le chantier soit à la main, soit par pinces autoserrantes à l'aide d'un engin de levage. Les dalles doivent être déchargées, rangées sur chant et isolées du sol (par exemple par des baguettes de bois).

4.4 Travaux de drainage

Le drainage des ouvrages est indispensable dans le cas d'assises imperméables (figure 28).

Nota

Les assises de ces ouvrages sont réalisées de préférence en matériaux rigides ou semi-rigides.

Afin de limiter la transmission des vibrations dues au trafic, les aménagements piétons se prolongeant sur les trottoirs contigus sont à désolidariser des bâtiments environnants par des joints souples.

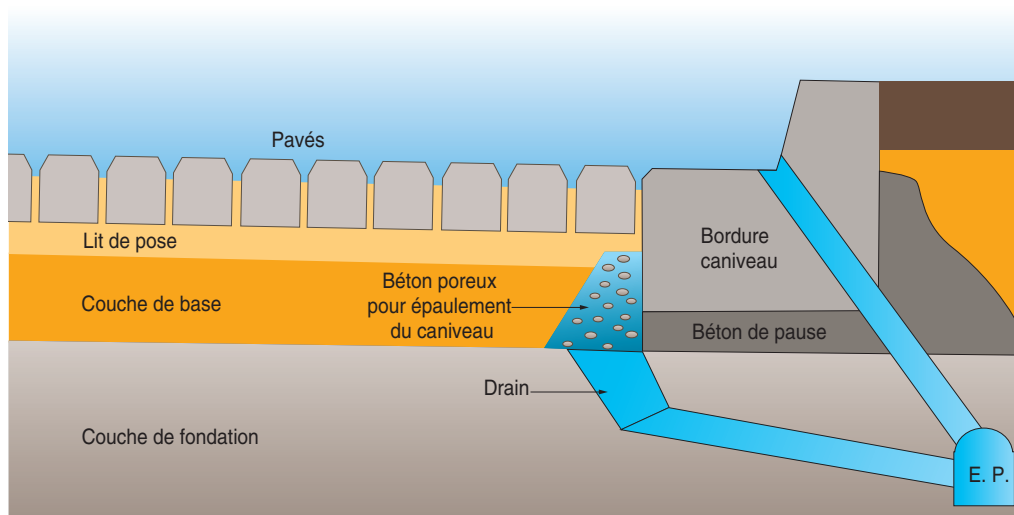


Figure 28: exemple de dispositif de drainage.

4.5 Ouvrages singuliers : traversées piétonnes, ralentisseurs, coussins et plateaux

Il convient de respecter les textes de référence relatifs à la signalisation horizontale des passages piétons :

- circulaire n° 96-55 du 1^{er} juillet 1996 relative à la signalisation des passages pour piétons ;
- article 118 – Passages pour piétons – 7^e partie de l'instruction interministérielle sur la signalisation routière. Si le passage piétons est surélevé, la norme NF P 98-300 s'applique.

On pourra également se reporter au guide du CERTU « Guide des coussins et plateaux ».

La réalisation de zones de transition qui permettent de passer progressivement de la structure en section courante, à la structure de l'aménagement piéton est impérative. Leur longueur est de 2 à 3 m. Elles sont généralement réalisées en matériaux traités, comme la structure de la traversée piétonne. Leur épaisseur doit varier en continu et être correctement dimensionnée en tout point (figure 29).

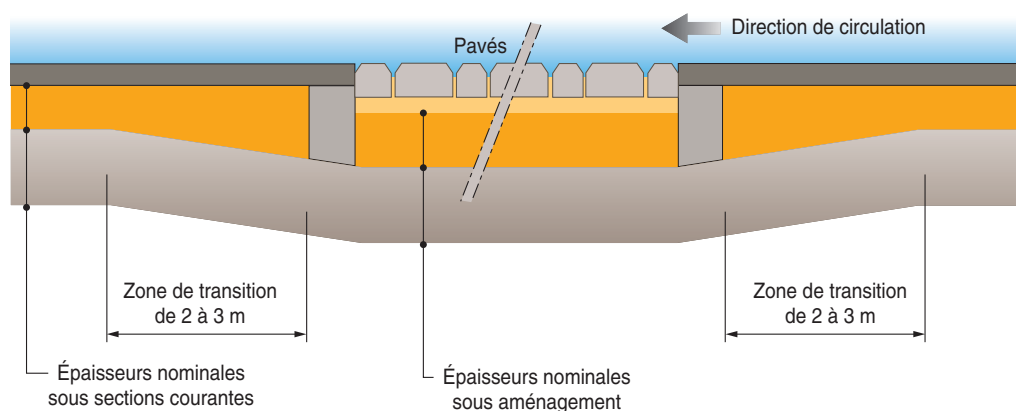


Figure 29: ouvrages singuliers – conception des zones de transition

Le blocage de rives sur toute la périphérie de l'ouvrage est impératif. Le blocage latéral peut être assuré par les bordures ou caniveaux (figure 30). Le blocage transversal (perpendiculaire au sens de circulation) est effectué :

- pour les faibles trafics par la structure bitumineuse sciée ;
- en général, par des bordures en béton ou des longrines coulées en place (leur section au moins égale à 350 cm^2 doit être adaptée au trafic) (figure 31).

Les dispositifs de blocage restent apparents ou sont recouverts par la couche de revêtement adjacent.

Remarques : les assises de ces ouvrages sont réalisées de préférence en matériaux rigides ou semi-rigides. Afin de limiter la transmission des vibrations dues au trafic, les aménagements piétons se prolongeant sur les trottoirs contigus sont à désolidariser des bâtiments environnants par des joints souples.

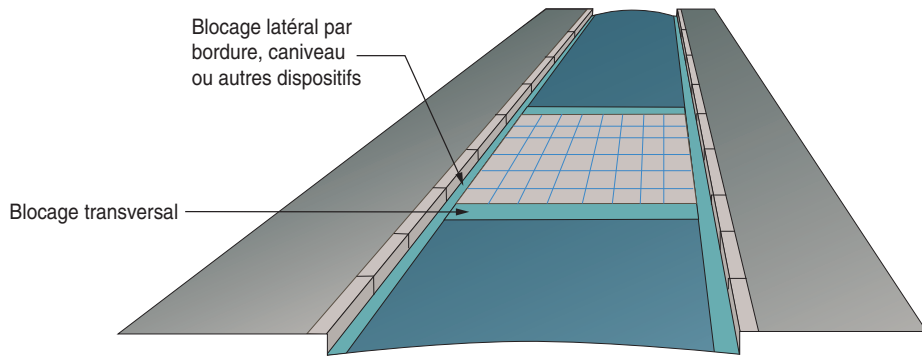


Figure 30: ouvrages singuliers – conception des blocages de rive

Le phasage général des travaux est le suivant :

- décaissement de la chaussée sur la profondeur résultant du dimensionnement de l'ouvrage et de la zone de transition. Les butées de rive réalisées au moyen de bordures préfabriquées nécessitent une sur-profondeur de fouille d'environ 10 cm ainsi qu'une sur-largeur de 15 cm de part et d'autre ;
- mise en œuvre et de la couche de fondation ;
- mise en œuvre des butées de rive.

Elle s'effectue conformément au fascicule 31 du CCTG :

- mise en œuvre et de la couche de base ;
- mise en œuvre du revêtement modulaire ;
- il faut veiller à ne pas poser de modules inférieurs à un demi-pavé.

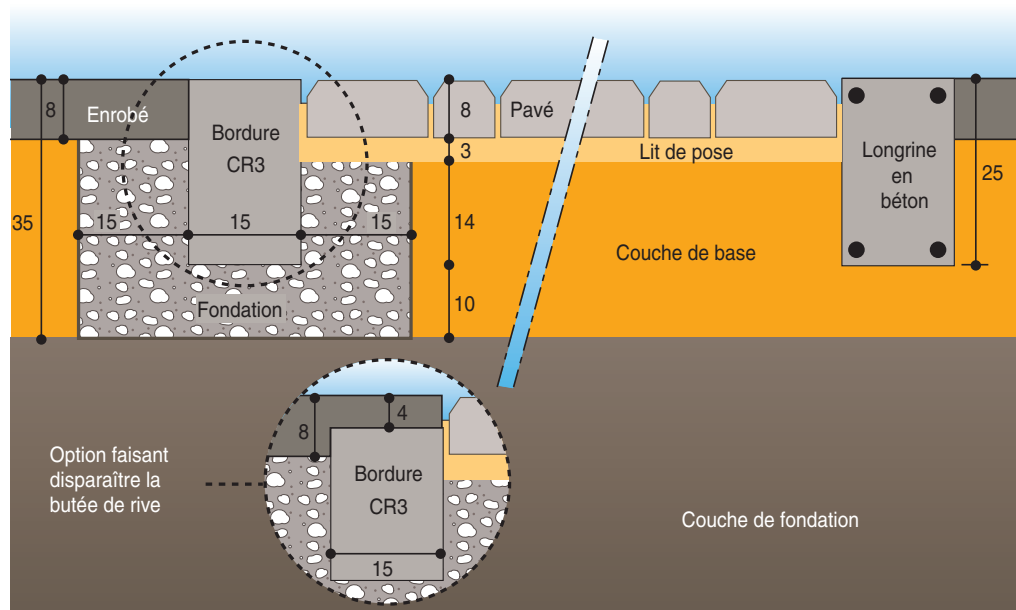


Figure 31 : ouvrages singuliers – conception des blocages transversaux

4.6 Mise en œuvre du mobilier urbain

Il n'existe pas de texte de référence relatif à la mise en œuvre du mobilier urbain. Les installateurs doivent se référer aux recommandations des fabricants.

Entretien des ouvrages

5.1 - Spécificité de l'entretien des espaces urbains

5.2 - Faciliter le nettoyage

5.3 - Faciliter les réparations

5.4 - Les opérations d'entretien

5.4.1 - Petit entretien et
nettoyement de surface

5.4.2 - Entretien préventif

5.4.3 - Entretien curatif du revêtement

5.4.4 - Entretien curatif de l'assise

5.5 - Recommandations pour le nettoyage du béton

5.6 - Recommandations pour traiter les taches sur le béton

5.1 Spécificité de l'entretien des espaces urbains

L'entretien des espaces publics urbains présente des exigences tout à fait particulières. En effet, durant les travaux d'entretien, l'espace doit pouvoir continuer à assumer pleinement son rôle : les accès riverains doivent être maintenus, les réseaux doivent rester opérationnels et visitables, la collecte des ordures ménagères doit pouvoir s'effectuer, de même que les livraisons, etc. Aussi, les opérations d'entretien doivent être minutieusement préparées et suivies. Il est souvent nécessaire de découper les travaux d'entretien en phases successives. Les techniques employées doivent permettre cette souplesse. De plus, les machines utilisées doivent assurer une exécution générant un minimum de nuisances (bruits, poussières, durée, etc.). Un espace urbain doit se nettoyer et se réparer facilement.

Texte de référence :

Recommandations pour la maintenance du mobilier urbain en béton ou associé à d'autres matériaux – FIB-Voirie-Environnement – mars 1993.

5.2 Faciliter le nettoyage

Le nettoyage est une préoccupation importante des gestionnaires de voirie. En réponse à cette préoccupation, les fabricants de produits en béton appliquent de plus en plus fréquemment des traitements préventifs à base de résines (le plus souvent acryliques) visant à réduire la tachabilité de surface et par conséquent à faciliter les opérations de nettoyage.

5.3 Faciliter les réparations

Le caractère modulaire des ouvrages en béton constitue un atout manifeste face à cette autre préoccupation des gestionnaires de voirie. Les poses désolidarisées autorisent en effet les éventuelles interventions souterraines, les remplacements, les réemplois de produits tout en préservant la continuité de l'esthétique générale de l'ouvrage après l'intervention.

5.4 Les opérations d'entretien

Il convient de distinguer :

- le petit entretien et le nettoyage de surface ;
- l'entretien préventif ;
- l'entretien curatif.

5.4.1 - Petit entretien et nettoyage de surface

Ces travaux s'effectuent soit :

- par balayage manuel ou mécanique ;
- par lavage à pression d'eau modérée ;
- par décapage à l'eau chaude, à haute pression.

5.4.2 - Entretien préventif

Il s'agit de l'entretien courant réalisé périodiquement, qui comprend :

- la réfection des joints dégradés ;
- le remplacement de quelques éléments susceptibles d'entraîner des désordres potentiels.

5.4.3 - Entretien curatif du revêtement

Il comprend :

- la dépose des produits ;
- l'évacuation des produits et du lit de pose ;
- la mise en place d'un nouveau lit de pose ;
- le remplacement et la pose des produits neufs ou de réemploi en accord avec le maître d'œuvre.

5.4.4 - Entretien curatif de l'assise

Il comprend :

- la dépose des pavés ou des dalles ;
- l'évacuation des produits, du lit de pose et de la ou des couches d'assises dégradées ;
- la réfection se fait conformément aux spécifications propres à chaque matériau en tenant compte de la proximité des assises conservées.

5.5 Recommandations pour le nettoyage du béton*

Les méthodes de nettoyage proposées dans le tableau 15 n'ont pas fait l'objet d'une étude complète de la part du CERIB. Certaines ont été testées ponctuellement mais la plupart d'entre elles proviennent de la synthèse de recherches bibliographiques et de contacts avec des entreprises de nettoyage.

* Extrait de « *Recommandations pour la maintenance du mobilier urbain en béton ou associé à d'autres matériaux* ».

Ces méthodes sont énumérées par ordre croissant d'efficacité mais aussi d'agressivité vis-à-vis du béton. Certaines, entre parenthèses, correspondent à des méthodes envisageables dans les cas où les résultats des autres propositions ne sont pas satisfaisants, mais ces méthodes peuvent entraîner des modifications d'aspect.

Ces recommandations concernent uniquement le matériau béton : bordures, pavés, dalles et mobiliers urbains notamment. Si d'autres matériaux sont associés à ce dernier, ils doivent être préalablement protégés.

Tableau 15 : recommandations pour le nettoyage du béton					
Aspect de la surface	Interventions préventives		Interventions correctives		
	salissures urbaines	micro-organismes (1)	accumulation de salissures urbaines	taches (2)	graffitis (3)
Béton poli	ABB'C (E)	BB'CF	B'CG	ABB'F	BB'FG
Béton brut de démoulage	ABB'CE	BB'CF	B'CDD' (G)	ABB' F (D)	BB'DF(G)
Béton sablé, grenailé, désactivé, bouchardé, cannelé éclaté...	ABB'CE	BB'CF	B'CDD'E	ABB'F(D)	BB'DF
Béton lavé	ABB'CE	BB'CF	B'CDD'E	ABB'F(D)	BB'DF
Béton peint, verni, traité antigraffiti	ABB'(E)	BB'F	B'(E)	ABB'(F)	BB'F
Méthodes de nettoyage conseillées			Observations		
A - lavage à l'eau du réseau B - lavage à l'eau sous pression B' - lavage à l'eau sous pression + tensioactifs C - lavage à la vapeur D - sablage humide D' - sablage à sec E - gommage (microbilles de verre) F - nettoyages chimiques (voir tableaux 11 et 12) G - meulage			1. Par ordre d'apparition : algues, champignons, lichens, mousses. 2. Voir tableaux 11 et 12. Dans le cas des bétons peints, vernis ou traités antigraffiti voir le traitement préconisé par le formulateur. 3. Intervention dans les 48 heures. Dans le cas des bétons traités antigraffiti voir le traitement préconisé par le formulateur. Dans le cas de protection réversible prévoir de renouveler le traitement.		
Bibliographie			NOTA : seules les méthodes en caractères gras ont été testées par le CERIB.		
A. PIEN, Le traitement des matériaux en façade, C.S.T.C. Magazine, n° 37, septembre 1990. D. MOREL - C. CARRIE, Entretien de l'immeuble, Le nettoyage des parements en béton apparent, Cahier Technique du Bâtiment, n° 2, janvier 1976.					

5.6 Recommandations pour traiter les taches sur le béton*

Il convient tout d'abord de mettre en garde les intervenants quant au caractère primordial du diagnostic d'identification de la tache préalable à toute tentative de nettoyage. En effet, la qualité de ce diagnostic qui nécessite parfois une étude approfondie, conditionne les résultats des opérations ultérieures.

Le tableau 16 est relatif aux traitements des taches les plus fréquemment rencontrées qui seuls ont été testés par le CERIB.

Dans tous les cas, procéder à un essai préalable et traiter par petites surfaces en utilisant un minimum de produit.

En présence de produits attaquant le béton, la mise en contact du produit détachant ne devra pas excéder une minute et le béton devra être rincé abondamment dans la minute qui suit l'application ou le brossage.

Dans le cas de l'utilisation de solvants, les rejets dans le milieu naturel sont à proscrire.

* Extrait de « *Recommandations pour la maintenance du mobilier urbain en béton ou associé à d'autres matériaux* » – FIB.

Tableau 16 : recommandations pour traiter les taches sur le béton

Nature des taches	Action préalable	Produits à utiliser	Traitement
Micro-organismes (traces de)	humidification	eau de javel 5 %	Appliquer et laisser agir quelques minutes. Rincer. Dans le cas où les micro-organismes sont fortement accrochés, utiliser une brosse en nylon.
Efflorescences	humidification	acide chlorhydrique 5 % à 10 % acide sulfamique ■ ▲	Appliquer et brosser avec une brosse en nylon. Rincer abondamment dans la minute suivante.
Rouille	humidification	acide oxalique 5 % ou ● ■ ▲ acide phosphorique 10 % ■ ▲	Appliquer et brosser avec une brosse en nylon. Rincer abondamment. Dans le cas de taches anciennes ou profondes, utiliser la technique du cataplasme : appliquer du talc saturé en produit, laisser sécher, brosser et rincer abondamment.
Tannin	humidification	eau oxygénée 20 V	Appliquer et laisser agir quelques minutes. Rincer. Dans le cas de taches anciennes, utiliser la technique du cataplasme.
Huiles minérales ou de synthèse	absorption	benzol ☼ ou trichloréthylène ● ou lessive chaude ▲	Quelle que soit l'étendue de la tache, utiliser la technique du cataplasme.

Précautions d'emploi :

- Produit attaquant le béton
- ▲ Produit corrosif : protéger la peau et les yeux et éviter les projections.
- Produit toxique : porter des gants et éviter d'inhaler les vapeurs.
- ☼ Produit inflammable : à manipuler loin de toute source de chaleur.

D'autres types de taches peuvent affecter les produits en béton.

Les traitements de taches suivants (tableau 17) sont présentés à titre indicatif.

Les recommandations précédentes vis-à-vis des conditions d'application, du milieu environnant et du béton restent les mêmes.

Tableau 17 : taches diverses - traitements indicatifs				
Nature des taches	Action préalable	Produits à utiliser	Traitement	Références bibliographiques
Fruits, vin	humidification	détergents	ABR	[2] [4]
Café, thé, boissons gazeuses	absorption	trichloréthane ●	CSBR	[1] [4]
Tabac	abrasion	eau pure ou méthanol ●	A	[1] [4]
Sang	lavage à l'eau	potasse caustique ou eau oxygénée ▲	ABR	[1] [2] [3] [4]
Crayon	gommage	méthanol ●	CSBR	[1]
Peinture	absorption	agent détachant particulier au type de peinture		
Encre	humidification	borate de sodium ou ammoniaque ou eau de javel	CSBR	[1] [4] [2] [3]
Huiles végétales	absorption	eau savonneuse + phosphate trisodique + perborate de sodium	CSBR	[1] [2]
Graisses	grattage	eau savonneuse + phosphate trisodique	AR ou CSBR	[1] [2] [4]
Asphalte et bitume	abrasion	benzol ❖ ou lessive chaude ●	CSBR	[2] [4]
Urine	lavage à l'eau	détergents	ABR	[1] [4]
Graffiti	gommage	chlorure de méthylène, xylène, méthyléthylcétone ●	ASBR	[4] [5]
Chewing-gum	refroidissement grattage	chloroforme, tétrachlorure de carbone ●	ASBR ou CSBR	[4]

A : application
B : brossage
C : cataplasme
R : rinçage
S : séchage

Précautions d'emploi :

- Produit toxique : porter des gants et éviter d'inhaler les vapeurs.
- ▲ Produit corrosif : protéger la peau et les yeux et éviter les projections.
- ❖ Produit inflammable : à manipuler loin de toute source de chaleur.



Chapitre

6

Bibliographie et adresses utiles

6.1 - Bibliographie

6.2 - Adresses utiles

6.1 - Bibliographie

1. Normes et fascicules

- NF EN 197-1 Ciment – Partie 1 : composition, spécifications et critères de conformité des ciments courants.
- NF EN 12620 Granulats pour béton.
- NF EN 13139 Granulats pour mortier.
- NF EN 13043 Granulats pour mélanges hydrocarbonés et pour enduits superficiels utilisés dans la construction des chaussées d'aérodromes et d'autres zones de circulation.
- NF 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.
- NF EN 1338 Pavés en béton – Spécifications et méthodes d'essai.
- NF EN 1339 Dalles en béton – Spécifications et méthodes d'essai.
- NF EN 1340 Éléments pour bordures de trottoir en béton – Prescriptions et méthodes d'essai.
- NF P 98-340/CN Complément national à la norme NF EN 1340. Produits industriels en béton. Bordures et caniveaux – Profils.
- NF P 98-218-1 Essais relatifs aux chaussées – Essais liés à l'uni – Partie 1 : mesure avec la règle fixe de 3 m.
- NF P 98-218-2 Essais relatifs aux chaussées – Essai lié à l'uni – Partie 2 : mesure avec la règle roulante de 3 m.
- NF P 98-306 Produits en béton manufacturé. Pavés jardin en béton.
- NF EN 933-8 Essais pour déterminer les caractéristiques géométriques des granulats : Évaluation des fines – Équivalent de sable.
- NF EN 933-9 Essais pour déterminer les caractéristiques géométriques des granulats : Évaluation des fines – Essai au bleu de méthylène.
- NF EN 12390-5 Essai sur béton durci : Résistance à la flexion sur éprouvettes.
- NF P 18-427 Essai de gel sur béton durci – Gel dans l'air – Dégel dans l'eau.
- NF P 18-451 Bétons – Essai d'affaissement.
- NF P 15-433 Méthodes d'essai des ciments – Détermination du retrait et du gonflement.
- NF P 18-858 Essai d'adhérence par traction directe.
- NF P 18-424 Essai de gel sur béton durci (Gel dans l'eau-dégel dans l'eau).

- NF EN 934-3 Adjuvants pour béton, mortier et coulis – Adjuvants pour mortier à maçonner. Définition, exigences, conformité, marquage et étiquetage.
- NF P 98-335 Mise en œuvre des pavés et dalles en béton, des pavés en terre cuite et des pavés et dalles en pierre naturelle.
- Fascicule 29 du CCTG: « Exécution des revêtements de voiries et espaces publics en produits modulaires. »
- Fascicule 31 du CCTG: « Bordures et caniveaux en pierre naturelle ou en béton et dispositifs de retenue en béton. »

2. Études, Guides et Logiciel

- *Étude du comportement en service des dalles en béton posées sur sable ou sur mortier*, publication technique du CERIB – n° 44.
- *Étude du comportement structurel des chaussées revêtues par des pavés en béton*, publication technique du CERIB – n° 91.
- *Whole-life cost analysis of concrete block paving*, congrès « pavés », Oslo, juin 1994.
- *Voirie et aménagements urbains : guide de conception des ouvrages réalisés à partir de pavés, dalles, bordures et caniveaux préfabriqués en béton* – Publication CERIB 206.E – 2009
- *Guide de pose des bordures et caniveaux préfabriqués en béton* – CERIB-CIMBETON-FIB-CNATP-FNTP – Carnet de chantier CERIB 153.E – 2007
- *Guide de pose des pavés, dalles et bordures préfabriqués en béton* – CERIB-CIMBETON-FIB-CNATP-FNTP – Carnet de chantier CERIB 152.E – 2007
- *Espaces urbains en béton désactivé – Conception et réalisation*, T53, CIMBÉTON, 2005.
- *Voiries et aménagements urbains en béton – Revêtements et structures réservoirs*, T57, CIMBÉTON, 2007.
- *Voiries et aménagements urbains en béton*,
 - TOME 1 – Conception et dimensionnement, T50, CIMBÉTON, 2009,
 - TOME 2 – Mise en œuvre, T51, CIMBÉTON, 2009.
- *Villes plus sûres et quartiers sans accidents*, Savoir faire et technique, CETUR, 1990, CERTU.
- *Espace public urbain – Conception générale*, Anne PREGALDINY, 1995.
- *Traversées d'agglomération: matériaux d'aménagement sur chaussée*, Guide technique CETUR-SETRA, 1990.
- *Residential and Commercial roads*, IRISH CEMENT, 1994.

- *Spécial logiciels de dimensionnement des chaussées revêtues de pavés et de dalles en béton*, CERIB Actualités – n° 15.
- *Conception des chaussées poreuses urbaines*, AIVF-CERTU-LCPC, 1999.
- Fiche de Déclaration Environnementale et Sanitaire (FDES) – Pavé de voirie en béton, conforme à la norme NF P 01-010 – Publication CERIB 104.E - 2007
- Fiche de Déclaration Environnementale et Sanitaire (FDES) – Bordure et caniveau conforme à la norme NF P 01-010 – Publication CERIB 237.E - 2010
- Fiche de Déclaration Environnementale et Sanitaire (FDES) – Dalle de voirie en béton, conforme à la norme NF P 01-010 – Publication CERIB 247.E - 2011

3. Études sur l'entretien des ouvrages

M. GASPER, C. DUTORDOIR et V. LEBLANC, *Détachage du béton*, revue du CSTC n° 3, septembre 1978.

V.-S. RALACHANDRAN et J. BEAUDOIN, *Removal of stains from concrete surfaces*, Canadian Building Digest CBD 153.

D.-D. HIGGINS, *Removal of stains and crowths from concrete*, Cement and Concrete Association GB

Removing stains and cleaning concrete surfaces, Portland Cement Association, 1988, USA.

J. GOUNON, *Les graffitis*, T.M.S. l'Eau n° 3, mars 1989.

6.2 - Adresses utiles

AFNOR

11, rue Francis Pressensé – 93571 LA PLAINE-SAINT-DENIS CEDEX
Tél. : 01 41 62 80 00 – Fax : 01 49 17 90 00 – www.afnor.fr

AITF

BP 46 – 38502 VOIRON CEDEX
Tél. : 04 76 93 71 07 – www.aitf.asso.fr

APP BTP

ZA Olivet – 35530 SERVON SUR VILAINE
Tél. : 02 99 00 10 11 – Fax : 02 99 00 20 77

ATILH

7, place de la Défense – LA DÉFENSE 4
92974 PARIS-LA-DÉFENSE CEDEX
Tél. : 01 55 23 01 30 – Fax : 01 49 67 10 46 – www.infociments.fr

CEMAGREF

BP 121 – 92185 ANTONY CEDEX
Tél. : 01 40 96 61 21 – Fax : 01 40 96 60 36 – www.cemagref.fr

CERIB

BP 30059 – 28231 EPERNON CEDEX
Tél. : 02 37 18 48 00 – Fax : 02 37 18 48 68 – www.cerib.com

CERTU

9, rue Juliette Récamier – 69456 LYON CEDEX 06
Tél. : 04 72 74 58 00 – Fax : 04 72 74 59 00 – www.certu.fr

CIMBÉTON

7, place de la Défense - LA DÉFENSE 4
92974 PARIS-LA-DÉFENSE CEDEX
Tél. : 01 55 23 01 00 - Fax : 01 55 23 01 10 – www.infociments.fr

FIB

23, rue de la Vanne – 92126 MONTRouGE
Tél. : 01 49 65 09 09 – Fax : 01 49 65 08 61 – www.fib.org

LCPC

58, boulevard Lefebvre – 75732 PARIS CEDEX 15
Tél. : 01 40 43 50 00 – Fax : 01 40 43 54 98 – www.lcpc.fr

LROP

12, rue Teisserenc de Bort – BP 108 – 78195 TRAPPES CEDEX
Tél. : 01 34 82 12 34 – Fax : 01 30 50 83 69

SETRA

BP 100 – 92223 BAGNEUX CEDEX
Tél. : 01 46 11 31 31 – Fax : 01 46 11 31 69 – www.setra.fr

Crédit photographique
CERIB, Cimbéton, tous droits réservés.

Compogravure
APS / Chromostyle, Tours

Illustrations
David Lozach / Dominique Degrieck.

Impression
Chirat, Lyon



**Centre d'Étude sur les Réseaux,
les Transports, l'Urbanisme
et les Constructions Publiques**

9, rue Juliette Récamier
69456 Lyon Cedex 06
Tél. : 04 72 74 58 00
Fax : 04 72 74 59 00
www.certu.fr



**Association des Ingénieurs
Territoriaux de France**

BP 46
38502 VOIRON CEDEX
Tél. : 04 76 93 71 07
www.aitf.asso.fr



**Laboratoire Central
des Ponts et Chaussées**

58, boulevard Lefebvre
75732 Paris Cedex 15
Tél. : 01 40 43 50 00
Fax : 01 40 43 54 98
www.lcpc.fr



FIB - Voirie/Environnement

23, rue de la Vanne
92126 Montrouge
Tél. : 01 49 65 09 09
Fax : 01 49 65 08 61
www.fib.org



**Centre d'Études et de Recherche
de l'Industrie du Béton**

BP 30059 - 28231 Epernon Cedex
Tél. 02 37 18 48 00
Fax : 02 37 18 48 68
www.cerib.com



CENTRE D'INFORMATION SUR LE CIMENT ET SES APPLICATIONS

7, place de la Défense • 92974 Paris-la-Défense Cedex • Tél. : 01 55 23 01 00 • Fax : 01 55 23 01 10
E-mail : centrinfo@cimbeton.net • internet : www.infociments.fr