

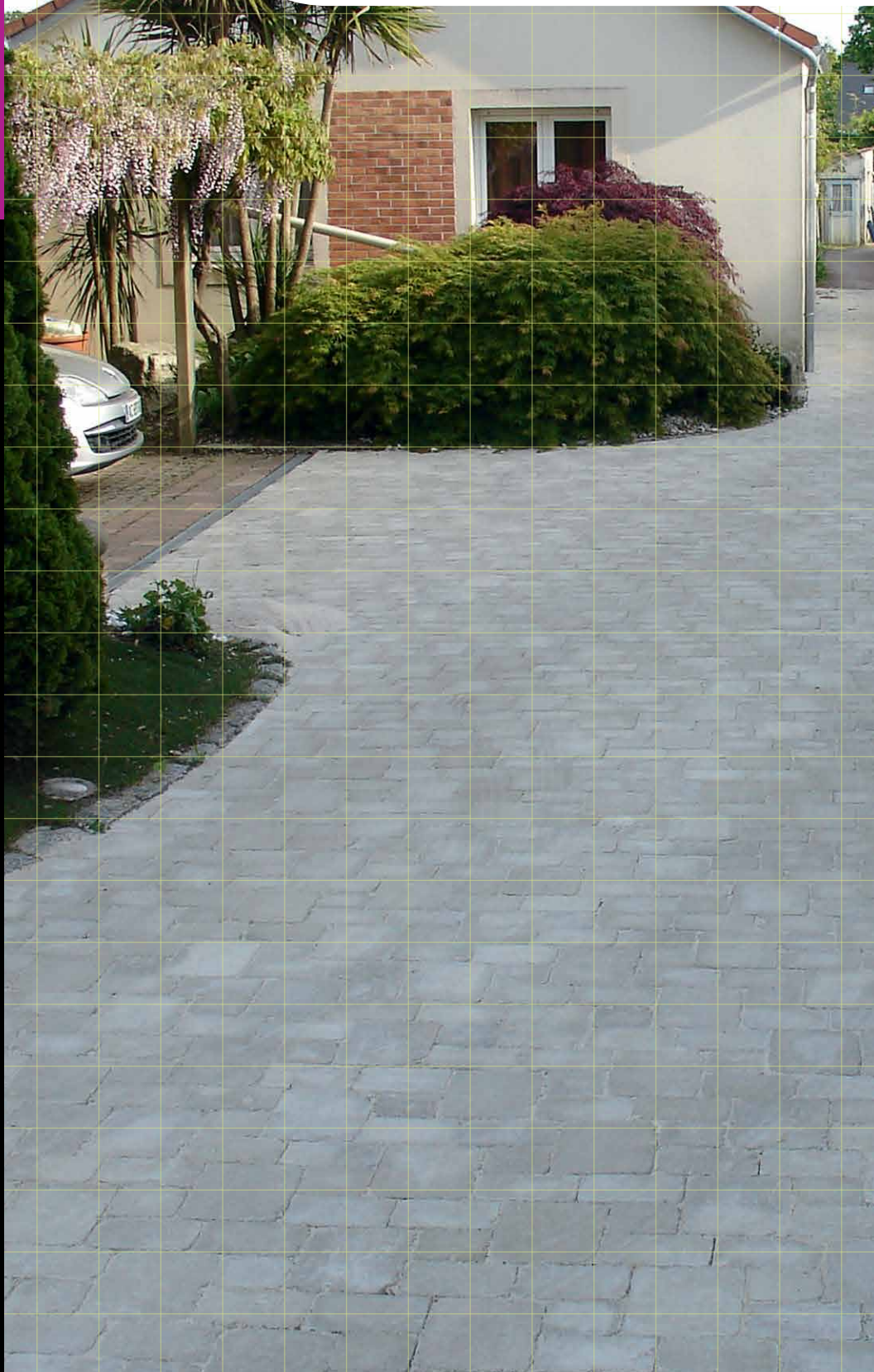
Travaux

d'aménagement
et d'entretien
des constructions
paysagères

Règles professionnelles

Travaux liés aux revêtements
et à leurs fondations, aux
bordures et aux caniveaux

N°: **C.C.3-R0** | Création : juillet 2016



Préambule

Les règles professionnelles sont la transcription et l'identification du savoir-faire des entreprises du paysage. Elles sont rédigées par des professionnels du paysage : entreprises, donneurs d'ordre, bureaux d'étude, enseignants, fournisseurs, experts.

Elles sont élaborées en tenant compte de l'état des lieux des connaissances au moment de leur rédaction, et des documents existants sur certains sujets spécifiques. Elles constituent ainsi une photographie des « bonnes pratiques » du secteur.

Elles sont toutes organisées selon le même principe. Ainsi, on y trouve :

- une délimitation précise du domaine d'application
- un glossaire détaillé des termes employés dans le document
- des prescriptions techniques organisées selon la logique du déroulement de chantier
- des points de contrôle, qui donnent les moyens de vérifier la bonne exécution du travail
- des annexes techniques pouvant être de différents ordres : compléments techniques spécifiques, exemples de méthodes à mettre en œuvre, etc.

Les règles professionnelles sont applicables à tout acteur concourant à la réalisation et l'entretien d'un ouvrage paysager.

Nota bene : Les règles professionnelles n'ont pas pour vocation de remplacer le fascicule 35 mais de le compléter et de l'enrichir. Les règles professionnelles du paysage sont bien sûr conformes aux prescriptions générales du fascicule 35 et visent essentiellement à décrire les techniques mises en œuvre et les résultats à obtenir, pouvant s'intégrer notamment dans les CCTP des marchés de travaux.

Avertissement : Les réglementations de chantier et celles relatives à la sécurité des personnes ne sont pas abordées de façon exhaustive dans ces documents. Il va de soi que toutes les activités décrites doivent être réalisées dans le respect de la législation en vigueur.

Liste des personnes ayant participé à la rédaction

Comité de pilotage

Jean-Pierre BERLIOZ (Unep, Président du Groupe de conseil et de réflexion)

Christophe GONTHIER (Unep, Président de la Commission technique)

Éric LEQUERTIER (Unep, Secrétaire général, en charge des dossiers techniques)

Thierry MULLER (Unep, Vice-président de QualiPaysage)

Comité de rédaction

Cécile DUMAS (Unep)

Jennifer FALEYEUX (Cerib)

Joël GAPAILLARD (Unep)

Pierrick HERVE (Unep)

Cédric HOUEL (CFA Valdoie)

Thibaut LE PICHON (Unep)

Alain MARTINEAU (Unep)

Marie RUAUD (Unep)

Pierre-Antoine THEVENIN (Unep)

Grégoire WERNERT (Cerib)

Comité de relecture

Joseph ABDO (Cimbéton)

Jean-François BARADEL (Unep)

Jean-Pierre BERLIOZ (Unep)

Philippe BONNIN (Unep)

Benoît BRISSINGER (Unep)

Aude CARFANTAN (Educagri)

Jean-Pierre CHRISTORY (SPECBEA)

Olivier DAMAS (Plante & Cité)

Nathalie DELCHAMBRE (Hortis)

Rémy DJALOYAN (Educagri)

Damien GAVAZZI (Educagri)

Thierry MULLER (Unep)

Olivier PLANCHENAU (Unep)

Jean-Marc POTIER (SNBPE)

Matthieu RENTZ (Educagri)

Régis TRIOLLET (DGER)

Thierry VERBENA (Educagri)

Gregory WEBER (Educagri)



Document réalisé sous la direction de l'Unep dans le cadre de la convention de coopération signée entre l'Unep et le Ministère en charge de l'Agriculture, et dans le cadre de la convention de partenariat signée entre l'Unep et Plante & Cité.

Une nomenclature spécifique a été retenue pour les règles professionnelles du paysage. Par exemple, le numéro des règles professionnelles « Travaux des sols, supports de paysage » est le P.C.1-R0. La première lettre de la nomenclature sert à identifier l'axe auquel appartient le sujet (axe 1 - P : plantes / axe 2 - C : constructions paysagères / axe 3 - B : végétalisation de bâtiments / axe 4 - N : zones naturelles). Quant à la seconde lettre, elle permet d'identifier les travaux de création (C) ou d'entretien (E). Le premier chiffre est un numéro d'ordre et la mention "Rchiffre" indique le numéro de révision. Les annexes sont indiquées par la mention "Achiffre", placée avant le numéro de révision.

Les règles professionnelles du paysage sont téléchargeables sur le site de l'Unep à l'adresse suivante : <http://www.lesentreprisesdupaysage.fr/tout-savoir/regles-professionnelles>

Sommaire

Préambule	2
Liste des personnes ayant participé à la rédaction	2
1. Objet et domaine d'application	8
2. Définitions des termes	8
2.1. Revêtements	8
2.1.1. Dalle	8
2.1.2. Dallage	8
2.1.3. Pavé	8
2.1.4. Pavage	8
2.1.5. Platelage bois	8
2.1.6. Revêtement en béton coulé en place	8
2.2. Matériaux et accessoires	8
2.2.1. Adjuvant	8
2.2.2. Asphalte coulé	8
2.2.3. Béton	8
2.2.4. Bi-couche	8
2.2.5. Bitume	8
2.2.6. Classes de bois	9
2.2.7. Concassé	9
2.2.8. Enduit superficiel	9
2.2.9. Enrobé	9
2.2.10. Enrobé bitumineux	9
2.2.11. Granulats (agregats)	9
2.2.12. Hydrocarboné	9
2.2.13. Liant	9
2.2.14. Liant hydraulique	9
2.2.15. Mortier	9
2.2.16. Produit en pierres naturelles	9
2.2.17. Résine	9
2.2.18. Stabilisé	9
2.3. Éléments de structure	9
2.3.1. Bandeau (bande rive)	9
2.3.2. Bande bitumeuse	9
2.3.3. Caillebotis	9
2.3.4. Lambourde	9
2.3.5. Plot	9
2.3.6. Solin, chanfrein ou épaulement	9
2.4. Techniques et procédés	9
2.4.1. Appareillage	9
2.4.2. Calepinage	9
2.4.3. Répandage	9
2.5. Définitions générales	9
2.5.1. Dimension nominale	9
2.5.2. Eaux superficielles	9
2.5.3. L'aire piétonne	10
2.5.4. La piste cyclable	10
2.5.5. Perméabilité	10
2.5.6. Point singulier	10
2.5.7. Portance	10
2.5.8. Traficabilité	10
2.5.9. Voirie légère	10
2.5.10. Voirie lourde	10
2.5.11. Voirie piétonne	10
2.6. Structure de revêtement	10
2.6.1. Couches d'assise	10
2.6.1.1. Couche de fondation	10
2.6.1.2. Couche de base	10
2.6.2. Lit de pose / Couche de liaison	10
2.6.3. Couche de roulement	10
2.6.4. Revêtement	10

2.7. Joint	10
2.7.1. Joint de construction (de reprise) / arrêt de coulage	11
2.7.2. Joint de dilatation	11
2.7.3. Joint d'isolement	11
2.7.4. Joint de retrait	11
3. Description et prescriptions techniques	11
A) Généralités communes à tous les types de revêtements	11
Point de contrôle contradictoire	11
3.1. Description et prescriptions esthétiques et techniques	11
3.1.1. Liaison et continuité de circulation dans le choix des revêtements	11
3.1.2. Lisibilité - visibilité	11
3.1.3. Prise en compte du contexte environnemental	11
3.1.4. Assainissement et drainage des eaux de ruissellement	12
3.1.5. Revêtements et environnement	12
3.1.6. Résistance à la glissance	12
3.2. Description et prescriptions législatives	12
3.2.1. Principe de précaution	12
3.2.2. Accessibilité	13
3.3. Travaux permanents liés à la mise en œuvre du revêtement	13
3.3.1. Diagnostic initial	13
Point de contrôle contradictoire	13
Point de contrôle interne	13
3.3.2. Travaux préparatoires communs	13
3.3.3. Amélioration de la portance des sols	14
3.3.4. Acceptation du support	14
3.3.5. Couches de fondations	15
3.3.6. Drainage	15
Point de contrôle contradictoire	15
3.3.7. Blocage de l'ouvrage	15
3.3.8. Garanties	15
3.3.9. Entretien du revêtement	15
B) Les pavages et dallages	15
3.4. Dispositions communes à tous les pavages et dallages	15
3.4.1. Géométrie	15
3.4.2. Dimensionnement structurel	15
3.4.3. Les joints	15
3.4.3.1. Les joints dans la dalle support	15
3.4.3.2. Les joints dans les pavages et dallages	16
3.4.4. Les travaux de finition, de correction, de réparation	16
Point de contrôle interne	16
3.5. Spécificités des produits de pavage et dallage en pierres naturelles	16
3.5.1. Les types de roches	16
3.5.2. Caractéristiques des pierres naturelles	16
Point de contrôle contradictoire	17
3.5.3. Finitions des pierres naturelles	17
3.5.4. Réception des pierres naturelles par l'entreprise	17
Point de contrôle interne	17
3.5.5. Validation du matériau par le client	17
3.5.6. La mise en œuvre des revêtements en pierres naturelles	17
3.5.6.1. Travaux préparatoires	17
3.5.6.2. Les différents appareillages	18
3.5.6.3. Les techniques de pose	18
3.5.6.4. Mise en œuvre des joints	18
3.5.6.5. Blocage de l'ouvrage	18
3.6. Spécificités des produits de pavage et dallage en béton préfabriqué	18
3.6.1. Caractéristiques des produits	18
3.6.1.1. Les pavés et dalles en béton	18
3.6.1.2. Les dallages en pierre reconstituée	19
3.6.1.3. Les pavés de jardin	19
Point de contrôle interne	19
3.6.1.4. Revêtements perméables de pavés et dalles en béton	19
3.6.2. Conception	19

3.6.2.1. Esthétique et appareillage.....	19
3.6.2.2. Résistance aux sollicitations climatiques	19
3.6.2.3. Résistance à l'abrasion.....	20
3.6.3. Épaisseur des produits.....	20
3.6.4. Épaisseur du lit de pose.....	21
3.6.5. Réception, validation des matériaux.....	21
3.6.6. Mise en œuvre.....	21
3.6.6.1. Pose des pavés et des dalles.....	21
3.6.6.2. Blocage de rives.....	22
3.6.6.3. Mise en œuvre des joints	22
3.6.6.4. Réception de l'ouvrage.....	22
Point de contrôle contradictoire.....	22
3.7. Autres matériaux modulaires.....	23
3.7.1. Les briques.....	23
3.7.2. Les carrelages.....	23
3.7.4. Les pavés de bois.....	23
C) Les revêtements en béton coulé en place.....	23
3.8 Les revêtements en béton coulé en place.....	23
3.8.1. Généralités.....	23
3.8.2. La composition et les performances des bétons coulés en place.....	23
3.8.2.1. Liant (ciment).....	24
3.8.2.2. Granulats.....	24
3.8.2.3. Adjuvants.....	24
3.8.2.4. L'eau de gâchage.....	25
3.8.2.5. Les colorants.....	25
3.8.2.6. Les fibres.....	25
Point de contrôle interne	25
3.8.2.7. Les produits de cure.....	25
3.8.2.8. Produits de protection des ouvrages existants.....	25
3.8.2.9. Produits de protection de la surface du béton.....	25
3.8.2.10. Les aciers.....	25
3.8.2.11. Produits pour joints.....	25
3.8.2.12. Retardateurs de surface.....	25
3.8.2.13. Durcisseurs de surface.....	25
3.8.2.14. Les produits démoulants.....	26
3.8.3. Les différents revêtements en béton coulés en place.....	26
3.8.3.1. Béton désactivé	26
3.8.3.2. Béton brut surfacé (taloché, balayé, brossé, bouchardé, hydrosablé, etc.).....	26
3.8.3.3. Béton poreux.....	26
3.8.3.4. Béton imprimé (et matricé).....	26
3.8.4. La mise en œuvre des revêtements en béton coulés en place.....	27
3.8.4.1. Travaux préparatoires (préliminaires).....	27
3.8.4.1.1. Protection du chantier.....	27
3.8.4.1.2. Protection des ouvrages existants et des végétaux	27
3.8.4.1.3. Préparation du support.....	27
3.8.4.1.4. Coffrages : types, pose et vérification	27
Point de contrôle contradictoire.....	27
3.8.4.2. L'épandage (le coulage).....	27
3.8.4.2.1. La mise en place du béton.....	27
3.8.4.2.2. Le talochage.....	28
3.8.4.2.3. La confection des joints.....	28
3.8.4.3. Les travaux de finition, de correction, de réparation.....	28
Point de contrôle interne.....	28
3.8.5. Travaux de reprise sur dallages coulés existants.....	28
Point de contrôle contradictoire.....	28
D) Les platelages bois.....	28
3.9 Particularité du bois.....	29
3.9.1. Classement du bois.....	29
3.9.2. Durabilité et imprégnabilité des matériaux bois.....	29
3.9.3. Aspect du bois.....	30
Point de contrôle interne.....	30
3.9.4. Platelages bois particuliers.....	30
3.9.4.1. Caillebotis.....	30
3.9.4.2. Platelage en bois massif ou en bois modifié thermiquement.....	30
3.9.4.3. Platelage bois polymère (ou bois recomposé).....	30

3.10 Mise en œuvre des revêtements bois	30
3.10.1. Mise en œuvre du support	30
3.10.2. Mise en œuvre du platelage	30
3.10.2.1. Pose sur plots	31
3.10.2.2. Pose sur lambourdes et/ou solives	31
3.10.2.3. Mise en place du revêtement	31
3.10.2.4. Fixation	31
3.10.2.5. Particularités de la pose des dalles (caillebotis)	32
3.10.2.6. Particularités de la pose des lames	32
3.10.2.7. Les finitions	32
Point de contrôle interne	32
E) Les revêtements hydrocarbonés	32
3.11 Les enrobés, les asphaltes et les enduits hydrocarbonés	32
Point de contrôle contradictoire	32
Point de contrôle interne	32
3.11.1. Les enrobés bitumeux (ou bitumineux)	32
3.11.1.1. Généralités	32
3.11.1.2. La composition des enrobés	32
3.11.1.2.1. Le liant	33
3.11.1.2.2. Les granulats	33
3.11.1.2.3. Les adjuvants	33
3.11.1.3. Les différents enrobés pour couches de roulement	33
3.11.1.4. Le répandage	33
Point de contrôle interne	33
3.11.1.5. Le compactage des mélanges bitumeux	33
Point de contrôle interne	34
3.11.2. L'asphalte coulé	34
3.11.3. Les enduits superficiels	34
Point de contrôle interne	34
F) Les revêtements alvéolaires	34
3.12 Revêtement alvéolaire sous forme de dalles	34
3.12.1. Généralités	34
3.12.2. Dalles gazon en béton	34
3.12.2.1. Définition	34
3.12.2.2. Mise en œuvre	35
3.12.2.3. Garnissage des dalles gazon	35
3.12.3. Dalles alvéolaires en matériaux plastiques	35
3.12.3.1. Les différentes épaisseurs	35
3.12.3.2. Travaux préparatoires (préliminaires)	35
Point de contrôle interne	36
3.12.3.3. Le remplissage des alvéoles	36
3.12.4. Les travaux de finition, de correction, de réparation	36
3.13 Revêtement alvéolaire sous forme de nattes	36
G) Les revêtements particuliers	36
3.14 Les surfaces gravillonnées	36
3.14.1. Généralités	36
3.14.2. La composition des surfaces gravillonnées	36
3.14.2.1. Granulats	36
3.14.2.2. Les différents matériaux	36
3.14.3. La mise en œuvre des surfaces gravillonnées	36
3.14.3.1. Travaux préparatoires (préliminaires)	36
3.14.3.2. L'épandage	36
3.14.3.3. Les différentes épaisseurs	37
3.14.3.4. Les travaux de finition, de correction, de réparation	37
3.15 Les surfaces biodégradables	37
3.15.1. Généralités	37
3.15.2. La composition des surfaces biodégradables	37
3.15.3. La mise en œuvre des surfaces biodégradables	37
3.15.3.1. Travaux préparatoires (préliminaires)	37
3.15.3.2. L'épandage	37
3.15.3.3. Les différentes épaisseurs	37
3.15.3.4. Les travaux de finition, de correction, de réparation	37
3.16 Les gazons renforcés	37

3.16.1. Généralités	37
3.16.2. La composition de base des gazons renforcés	37
3.16.3. La mise en œuvre des gazons renforcés	37
3.16.3.1. Travaux préparatoires (préliminaires)	37
3.16.3.2. L'épandage	37
3.16.3.3. Les différentes épaisseurs	38
3.16.3.4. Les travaux de finition, de correction, de réparation	38
Point de contrôle interne	38
H) Les stabilisés	38
3.17 Les sols stabilisés	38
3.17.1. Généralités	38
3.17.2. Composition	38
3.17.2.1. Deux types de sols stabilisés	38
Point de contrôle contradictoire	38
Point de contrôle interne	38
3.17.2.2. Composition détaillée	38
3.17.3. Mise en œuvre	38
3.17.3.1. Les stabilisés simples (« sablés » à stabilisation mécanique)	38
3.17.3.2. Les stabilisés renforcés (avec liant)	39
3.17.4. Les différents types de stabilisés renforcés	39
Point de contrôle interne	39
I) Bordures et caniveaux	39
Point de contrôle interne	39
3.18 Bordures et caniveaux en béton préfabriqués	40
3.18.1. Conception	40
3.18.1.1. Choix des caractéristiques de produit	40
3.18.1.2. Réception et validation des matériaux préfabriqués par l'entreprise, acceptation du fond de fouille	40
3.18.1.3. Dimensionnement structurel	40
3.18.2. Mise en œuvre	40
Point de contrôle interne	40
Point de contrôle contradictoire	40
3.19 Bordures et caniveaux en pierres naturelles	41
3.19.1. Conception	41
Point de contrôle contradictoire	41
3.19.2. Mise en œuvre	41
3.20 Bordures en bois	41
3.21 Bordures flexibles	41
3.21.1. Bordures en métal	41
3.21.2. Bordures en matière plastique	41
4. Définition des points de contrôle internes et des points de contrôle contradictoires	42
5. Bibliothèque de références	43
6. Glossaire	46
Annexes	
Annexe 1 : Accessibilité et réglementation	48
Annexe 2 : Les finitions du béton (traitements de surface)	50
Annexe 3 : Pentas des revêtements paysagers	51
Annexe 4 : Répartition des classes de risque en fonction des usages	52

1. Objet et domaine d'application

Les présentes règles traitent des différents revêtements et structures de chaussée destinés à supporter les circulations correspondant aux classes et sous-classes de trafic définies dans le tableau 1.

Tableau 1 : Classes et sous-classes de trafic faisant l'objet des présentes règles (sources : Aménagement des espaces verts urbains et du paysage rural (4^e éd.) (collection Agriculture d'Aujourd'hui) J.-L. Larcher, T. Gelgon © Lavoisier Paris, 2012.)

Classe de trafic	Nombre moyen de poids lourds par jour	Nombre total de véhicules légers par jour	Exemples
Hors classe	0	0	Zone piétonne, voie cyclable sans possibilité de stationnement de véhicules
T 7	0 à 2	0 à 40	Voie desservant de petits lotissements, voiries urbaines réservées aux piétons
T 6	2 à 10	40 à 200	Voie desservant des lotissements, voiries urbaines réservées aux piétons avec accès de véhicules

Ces règles traitent des grands types de revêtements suivants :

- les pavés et les dalles (pierres naturelles, naturelles transformées et béton préfabriqué)
- les revêtements en béton coulé en place (structures neuves, travaux de reprise sur revêtement en béton coulé existant)
- les platelages bois
- les enrobés (hydrocarbonés, synthétiques)
- les revêtements alvéolaires (dalles alvéolaires, nattes alvéolées)
- les revêtements particuliers (surfaces gravillonnées, surfaces biodégradables, sols souples non sportifs, bandes de roulement, etc.)
- les stabilisés (stabilisés renforcés, sols stabilisés mécaniquement).

Ne sont pas concernés :

- les voiries des classes T5 à T0 (voiries urbaines, routes, autoroutes, etc.)
- les travaux de terrassement (cf. règles professionnelles C.C.1-R0 « Travaux de terrassements des aménagements paysagers »)
- les voiries et les parkings verts (cf. § 3.7 des règles professionnelles P.C.4-R0 « Travaux de mise en œuvre des gazons (hors sols sportifs) »)
- les circulations cyclables et cavalières
- les installations connexes : réservations, éclairage.
- les différents calepinages ou matériaux (quelques exemples sont néanmoins présentés dans les présentes règles)
- l'entretien des revêtements (cf. règles professionnelles C.E.1-R0 « Travaux d'entretien des constructions paysagères »)

2. Définitions des termes

2.1. Revêtements

2.1.1. Dalle

- Élément modulaire préfabriqué (longueur / épaisseur > 4) ou naturel (largeur > 2 x épaisseur) formant un calepinage ou un dessin en revêtement de surface
- Béton coulé en place sur une grande surface.

2.1.2. Dallage

Assemblage d'éléments modulaires préfabriqués ou naturels (dalles) utilisés en revêtement de surface.

2.1.3. Pavé

Élément modulaire préfabriqué (longueur / épaisseur ≤ 4) ou naturel (largeur ≤ 2 x épaisseur et longueur ≤ 2 x largeur) formant un calepinage ou un dessin en revêtement de surface.

Pour les produits constitués d'autres matériaux que ceux énoncés ci-dessus, les normes-produits apportent des caractérisations supplémentaires.

2.1.4. Pavage

Assemblage de pavés utilisés en revêtement de surface.

2.1.5. Platelage bois

Ouvrage porteur constitué de lames de platelage fixées sur des structures d'assises (en bois, métal, béton...).

2.1.6. Revêtement en béton coulé en place

Ouvrage en béton de grandes dimensions par rapport à son épaisseur, éventuellement découpé par des joints. Il repose uniformément sur son support, éventuellement par l'intermédiaire d'une interface. Le revêtement peut recevoir un traitement de surface dans le but d'améliorer l'adhérence et d'apporter une touche esthétique à l'aménagement.

2.2. Matériaux et accessoires

2.2.1. Adjuvant

Produit (poudre ou liquide) ajouté à une composition de base pour améliorer ses propriétés.

2.2.2. Asphalte coulé

Mélange de gravillons fins et/ou de sable, de calcaire fin broyé et de bitume. Le produit résultant est coulé et étalé sur une surface.

2.2.3. Béton

Mélange de granulats naturels (sable et gravier) ou artificiels, de liant (ciment, chaux, bitume, etc.) et d'eau, éventuellement de colorants. On peut améliorer ses propriétés à l'aide d'adjuvants.

2.2.4. Bi-couche

Revêtement associant bitume et granulats appliqués en deux couches successives (si une seule couche est appliquée, on parle de monocouche, si trois couches sont appliquées, on parle de tri-couche).

2.2.5. Bitume

Liant hydrocarboné obtenu par distillation directe d'un mélange de bruts pétroliers dont au moins un est un « brut à bitume » (il existe également des bitumes naturels, rarement utilisés aujourd'hui). Il est imperméable à l'eau. Ce liant peut être utilisé lors de la fabrication d'enrobés, dans l'étanchéité ou lors de la mise en œuvre de certaines couches dans les chaussées.

2.2.6. Classes de bois

Classes d'emploi d'un bois correspondant à une situation en service. Le bois de classe 4 est exposé à l'extérieur, en contact quasi permanent avec le sol ou l'eau et dans tous les cas dans une humidité supérieure à 20 %. En fonction des classes, les garanties sont différentes : moins de 10 ans pour la classe 3, plus de 10 ans pour la classe 4, 25 ans pour la classe 5. Un bois possède naturellement une classe d'emploi qui peut être modifiée artificiellement (un bois naturellement de classe 1 peut passer en classe 4 par autoclave, par exemple). Pour de plus amples détails, voir l'annexe 4.

2.2.7. Concassé

Se dit d'un matériau solide (issu du broyage de roche comme le gravier) qui a été réduit en petits fragments et dont les angles sont à vifs et non arrondis.

2.2.8. Enduit superficiel

Couche de roulement réalisée en place et constituée de couches de liant hydrocarboné et de granulats répandus successivement.

2.2.9. Enrobé

Mélange de granulats, de sable, de fines et de liant (bitumineux ou végétal). La perméabilité de l'enrobé dépend principalement de la quantité de sable utilisée.

2.2.10. Enrobé bitumineux

L'enrobé bitumineux, ou béton bitumineux, est un mélange composé de 95 % de granulats (sable et gravier) et de 5 % de liant bitumineux en moyenne. La proportion de granulats varie en fonction du type de circulation. Il est appliqué sur une à plusieurs couches pour les revêtements routiers. Tous les types d'enrobés bitumineux sont imperméables, à l'exception de l'enrobé bitumineux drainant.

2.2.11. Granulats (agréats)

Produits fragmentés issus de matériaux naturels (roche, copeaux de bois...) ou recyclés (béton...), concassés, roulés ou non (sables, graves, galets). Ils sont caractérisés par leurs classes de diamètre (minimum et maximum d/D ; l'appellation 0/D traduisant la présence de fines).

2.2.12. Hydrocarboné

Qui contient de l'hydrogène et du carbone.

2.2.13. Liant

Composé minéral ou végétal qui facilite la cohésion d'éléments entre eux.

2.2.14. Liant hydraulique

Liant qui, gâché avec de l'eau, forme une pâte qui fait prise et durcit, et qui, après durcissement, conserve sa résistance et sa stabilité même sous l'eau. Le ciment, par exemple, est un liant hydraulique qui est utilisé dans la fabrication du béton de ciment pour agréger du sable et des gravillons.

2.2.15. Mortier

Mélange de liant (ciment, chaux, etc.), de sable et d'eau, éventuellement de colorants. Il se distingue du béton par l'absence de gravillons. Des adjuvants peuvent également modifier ses propriétés (anti-retrait, anti-fissuration, ...). Il peut être utilisé en couche de base pour certains revêtements par exemple.

2.2.16. Produit en pierres naturelles

Produit issu de roches naturelles, façonné et traité mécaniquement pour être utilisé comme matériau de montage, de pose ou de décoration.

2.2.17. Résine

Polymère époxydique mélangé à un durcisseur. On peut

mélanger la résine « époxy » à des granulats pour la rendre antidérapante ou drainante.

2.2.18. Stabilisé

Mélange de granulats 0/d, de grave, avec ou sans liant et avec ou sans adjuvant, compacté pour être utilisé comme revêtement de surface.

2.3. Éléments de structure

2.3.1. Bandeau (bande rive)

Élément de finition se présentant sous forme d'une bande, appliquée sur les côtés d'un ouvrage.

2.3.2. Bande bitumeuse

Toile d'étanchéité collée sur une partie d'ouvrage, elle est souvent composée d'un textile synthétique ou de fibre de verre et de bitume et se présente sous la forme d'un rouleau.

2.3.3. Caillebotis

Élément modulaire en bois, préassemblé, ayant la forme d'une dalle. Il existe également en d'autres matériaux (béton, composite, PVC, matériaux recyclés...).

2.3.4. Lambourde

Élément le plus souvent en bois de section carrée ou rectangulaire disposé sur des plots et supportant les lames de bois qui y sont fixées.

2.3.5. Plot

Élément de support, réglable ou non, qui peut accueillir différents types de revêtement (bois, grès cérame, béton, etc.).

2.3.6. Solin, chanfrein ou épaulement

Surface formée par une arête abattue chanfreinée, servant de butée en périphérie d'ouvrage.

2.4. Techniques et procédés

2.4.1. Appareillage

Mise en œuvre technique d'éléments qui, une fois assemblés, forment un calepinage. Plan de pose des produits modulaires de revêtement.

2.4.2. Calepinage

Dessin ou motif résultant de la disposition des éléments assemblés. Optimisation du nombre de produits modulaires strictement nécessaires pour réaliser des ouvrages de dimension déterminée.

Le calepinage est aussi le plan de réalisation des joints de retrait et de dilatation dans les revêtements en béton coulé en place.

2.4.3. Répandage

Action de répandre des produits hydrocarbonés sur une chaussée.

2.5. Définitions générales

2.5.1. Dimension nominale

Dimension d'un produit, spécifiée pour sa fabrication. La dimension réelle peut être légèrement différente, des écarts étant admis selon les normes en vigueur.

2.5.2. Eaux superficielles

Eaux provenant du ruissellement de l'eau de pluie sur des surfaces peu perméables.

2.5.3. L'aire piétonne

L'aire piétonne est une « section ou ensemble de sections de voies en agglomération, hors routes à grande circulation, constituant une zone affectée à la circulation des piétons de façon temporaire ou permanente. Dans cette zone, sous réserve des dispositions de l'article R.431-9, seuls les véhicules nécessaires à la desserte interne de la zone sont autorisés à circuler à l'allure du pas et les piétons sont prioritaires sur ceux-ci » (article R.110-2 du code de la route).

2.5.4. La piste cyclable

La piste cyclable est définie dans l'article R.110-2 du code de la route comme une « chaussée exclusivement réservée aux cycles à deux ou trois roues ». Ce même article définit la chaussée comme une « partie de la route normalement utilisée pour la circulation des véhicules ». Dans son article R.415-14, le code de la route précise que, « pour l'application des règles de priorité, une piste cyclable est considérée comme une voie de la chaussée qu'elle longe [...] ».

2.5.5. Perméabilité

Propriété d'un corps qui se laisse traverser ou pénétrer par un fluide.

2.5.6. Point singulier

Point du revêtement (ex : raccordements, ouvrages émergents, entourage d'arbres, etc.) qui peut requérir une attention particulière : préparation spécifique, travail préparatoire, découpe de produits.

2.5.7. Portance

Exprimée en mégapascals (MPa), la portance est la caractéristique du sol ou du support qui définit sa capacité à supporter les charges qui lui sont appliquées sans engendrer de tassement ni de déformation excessifs. Elle dépend de la nature du sol ou du support, de sa teneur en eau et de sa densité apparente.

2.5.8. Traficabilité

Il s'agit de l'état de surface d'un sol devant être tel qu'un essieu muni de roues jumelées chargé à 13 tonnes ne crée pas de traces dont la profondeur est supérieure à 0,02 m. Remarque : un sol peut être portant mais non traficable (exemple : certains sablons). De même, un sol peut être traficable mais non portant.

2.5.9. Voirie légère

Voirie routière : accès chez les particuliers et circulations occasionnelles jusqu'à 3,5 t par essieu (règlementation du Code de la route).

2.5.10. Voirie lourde

Voirie routière et autoroutière : circulations collectives et accès aux entreprises au-delà de 3,5 t par essieu (règlementation du Code de la route).

2.5.11. Voirie piétonne

Voirie adaptée à la circulation des vélos et piétons pour laquelle aucune charge spécifique n'est à prévoir.

2.6. Structure de revêtement

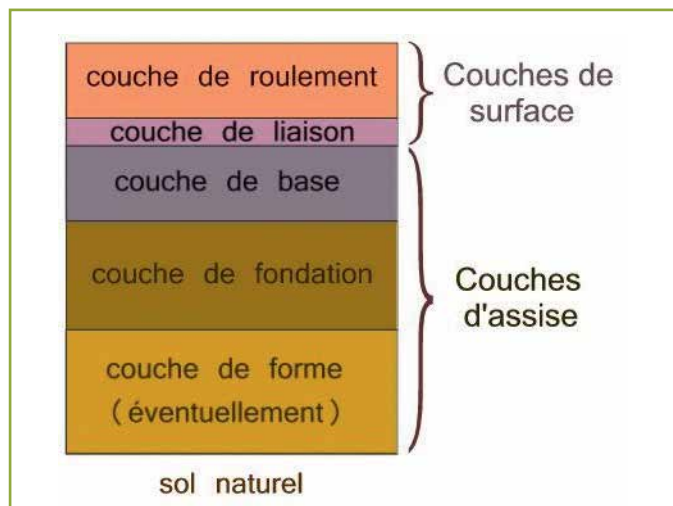


Figure 1 : Structure type d'un revêtement et de ses fondations - évolutive selon sa destination (Dessin de C. Houel)

2.6.1. Couches d'assise

3.6.1.1. Couche de fondation

Couche de matériau située sur la couche de forme et destinée à répartir les efforts dus aux charges roulantes.

3.6.1.2. Couche de base

Couche de matériau située sur la couche de fondation et destinée à répartir les efforts dus aux charges roulantes.

2.6.2. Lit de pose / couche de liaison

Dans le cas d'un revêtement modulaire, le lit de pose est une interface réalisée entre la couche de base et la couche de roulement et assurant le lien entre elles.

La couche de liaison est une couche bitumineuse réalisée entre la couche de base et la couche de roulement dans le cas des couches de surface bitumineuse.

2.6.3. Couche de roulement

Couche de matériaux en contact direct avec les pneumatiques des véhicules.

2.6.4. Revêtement

Matériau qui revêt une surface dans le but de la protéger, de la décorer ou de la consolider

2.7. Joint

Le joint est un dispositif qui permet de réguler les écarts de dimensionnement dus aux flux de température, permet de compenser d'éventuels écarts de fabrication ou plus simplement d'assurer une séparation physique entre deux matériaux. Les joints divisent les dalles coulées en panneaux et peuvent créer des motifs pour les produits modulaires. Il existe différents types de joints pour une dalle coulée :

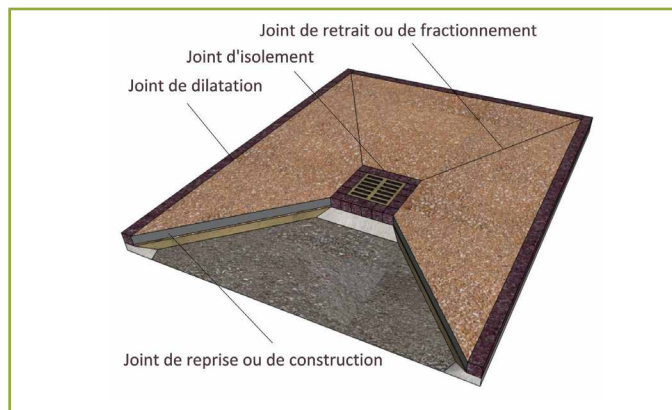


Figure 2 : Schéma des différents types de joints
(Dessin de C. Houel)

2.7.1. Joint de construction (de reprise) / arrêt de coulage

Il est réalisé après chaque arrêt de bétonnage supérieur à une heure. Le béton est retailé à 90 ° pour obtenir un bord franc et solidariser avec la coulée suivante de béton. Dans le cas où un revêtement est mis en œuvre en plusieurs bandes, un joint de construction doit correspondre obligatoirement à un joint de retrait/flexion dans la bande adjacente.

2.7.2. Joint de dilatation

Son rôle est de compenser les variations dimensionnelles des dalles du revêtement, dues essentiellement à l'élévation de la température. Il n'est requis que dans certains cas particuliers pour séparer complètement le revêtement des équipements fixes comme les regards, les socles des lampadaires, les murs des bâtiments, les approches d'ouvrages d'art, les virages à faible rayon de courbure, etc. Il constitue une interruption totale du revêtement sur toute son épaisseur. La saignée est remplie d'une fourrure en matière compressible dont l'épaisseur est comprise entre 1 et 2 cm.

2.7.3. Joint d'isolement

Joint de dissociation entre le dallage et les points singuliers de la structure (regard, poteau, etc.).

Remarque : Un joint de dilatation peut être placé à l'intérieur d'une surface. Un joint de reprise peut servir de joint de dilatation, tout comme un joint d'isolement.

2.7.4. Joint de retrait

Joint destiné à concentrer les fissures de retrait des ouvrages en béton de grande surface (sur 1/4 à 1/3 de l'épaisseur et 3 à 5 mm de large). Il permet de réduire les sollicitations dues au retrait du béton et au gradient de température.

3. Description et prescription techniques

Les prescriptions techniques relatives à la préparation du chantier, aux opérations préalables et aux travaux préliminaires sont respectivement décrites dans les parties 3.1, 3.2 et 3.3 des règles professionnelles C.C.1-R0 « Travaux de terrassements des aménagements paysagers ». L'ensemble des prescriptions et des points de contrôle de ces trois parties sont valables pour les travaux liés aux revêtements et à leurs fondations.

Remarque : La liste des matériaux de revêtement présents dans la règle professionnelle n'est pas exhaustive.

A) Généralités communes à tous les types de revêtements

Quel que soit le type de revêtement, l'entrepreneur qui réalise la pose engage sa responsabilité. De même, il revient à l'entrepreneur d'accepter ou non le support avant son intervention.

Point de contrôle contradictoire

Le devis de travaux intègre une clause d'acceptation dans laquelle le client concède à l'entrepreneur la décision d'accepter ou non le support. Les dimensions et les cotes de l'assise sont vérifiées.

3.1. Description et prescriptions esthétiques et techniques

Le choix d'un revêtement de sol dépend de plusieurs facteurs qu'il faut discuter (avantages et inconvénients) avant de se positionner sur tel ou tel matériau. Voici une représentation schématique des choix de réflexion qui entrent en compte pour tout type de revêtement de sol.

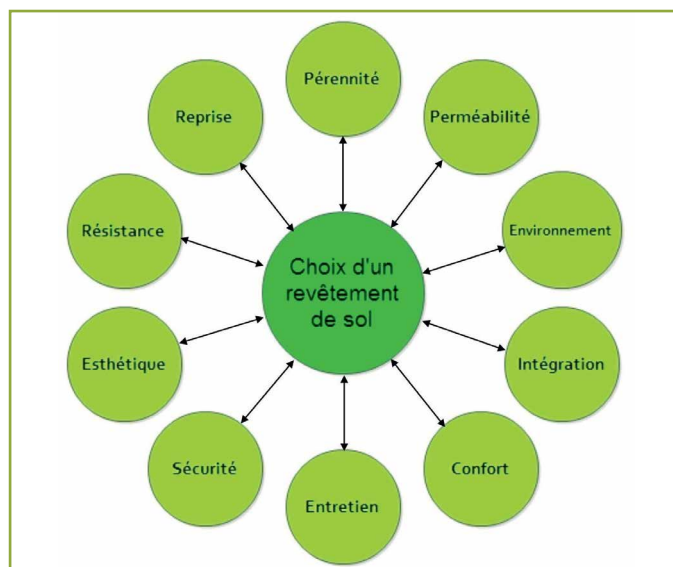


Figure 3 : Proposition de critères de choix d'un revêtement
(Dessin de C. Houel)

3.1.1. Liaison et continuité de circulation dans le choix des revêtements

Un revêtement de sol est toujours intégré dans un environnement existant, et se compose généralement de matériaux dont l'aspect esthétique va évoluer avec le temps. C'est une liaison entre deux revêtements existants. Ainsi, il convient de prendre en compte les revêtements présents alentours. Dans certains cas, les souhaits esthétiques peuvent être contraints par l'existant, si l'on souhaite conserver une harmonie avec l'environnement.

3.1.2. Lisibilité - visibilité

Chaque usager doit pouvoir facilement reconnaître et identifier la fonction de chaque espace de circulation pour leur utilisation respective. Cette précaution est particulièrement nécessaire dans le cas d'espaces de circulation mixte.

3.1.3. Prise en compte du contexte environnemental

La mise en place d'un revêtement implique de prendre en compte :

- le bâti et les ouvrages présents alentours

- les autres revêtements mis en place à proximité
- les usages
- les éventuelles protections du patrimoine qui régissent l'aménagement
- le milieu naturel
- etc.

Apportant son expertise, le professionnel du paysage joue alors un rôle de conseil.

3.1.4. Assainissement et drainage des eaux de ruissellement

Suivant le cadre réglementaire et la politique locale de gestion des eaux de ruissellement et les niveaux admissibles de rejets au milieu naturel, il peut être décidé de mettre en place un revêtement équipé d'un système de collecte de surface (pentes, caniveaux, avaloirs, grilles...) qui acheminera l'eau vers un système d'évacuation (collecteur...), de stocker l'eau temporairement dans la structure (structure réservoir) ou de privilégier l'infiltration dans la structure. Le drainage de la structure de voirie est indispensable pour prévenir tout risque de décompaction entraînant une perte de portance de l'assise ou du lit de pose. Si la perméabilité de la plate-forme n'est pas suffisante (inférieure à 10^{-5} m/s), un dispositif de drainage est nécessaire. Il pourra être utile de mettre en place un système filtrant de type géotextile ou autre pour éviter l'entraînement d'éléments fins dans le réseau.

Remarque : La perméabilité des sols peut par exemple être évaluée par la méthode de Porchet décrite dans la circulaire 97-49 du 22 mai 1997 : l'infiltration est mesurée pendant 10 minutes dans un trou de faible profondeur dont les dimensions sont connues.

Tableau 2 : Mode de restitution des eaux de ruissellement en fonction de la perméabilité des sols (source : ouvrage 206.E du Cerib / C. Houel)					
Perméabilité des sols de l'assise et de la plate-forme (en m/s)	10^{-8}	10^{-7}	10^{-6}	10^{-5}	10^{-4}
Mode de restitution des eaux de ruissellement	Mise en place d'un système d'évacuation complet	Infiltration possible complétée par la mise en place d'un dispositif d'évacuation complémentaire		Infiltration possible	

La perméabilité des revêtements est un critère important à prendre en compte lors de la conception d'un espace, car elle a des conséquences pour le cycle de l'eau, le sol, la faune et la flore (cf. Plante et Cité, Diversité et propriété des revêtements de sols – fiche synthèse, Septembre 2014).

3.1.5. Revêtement et environnement

Les revêtements sont au cœur d'un problème environnemental majeur : l'imperméabilisation des sols. Aujourd'hui, le ruissellement de surface est un phénomène important voire dangereux. L'imperméabilisation des sols, principalement en ville, conduit au traitement de volumes colossaux d'eaux usées. En cas de fortes pluies, les réseaux de collecte et de traitement sont même saturés, conduisant parfois à des dégâts à grande échelle voire à des pertes humaines. De plus, le sol se meurt : l'eau de pluie n'atteint plus les sols, la matière organique ne le nourrit pas en se décomposant, l'oxygène et les autres gaz y pénètrent très mal. Le paysagiste a un devoir de conseil, une responsabilité envers la planète et ses habitants lorsqu'il discute avec un client de ses projets. Conserver la perméabilité des surfaces

est une mission importante, que les entrepreneurs du paysage peuvent contribuer à mener à bien en proposant l'une des nombreuses solutions existantes.

De manière générale, les solutions perméables peuvent être classées en 2 catégories.

- Les Revêtements non végétalisés :
 - les pavages filtrant non maçonnés, dallages et platelages en bois peuvent être perméables grâce à leurs interstices, à leur structure même ou aux matériaux utilisés, sans altérer trop durement la portance ou le confort de la marche ;
 - les bétons et enrobés poreux limitent le ruissellement de surface ;
 - les bitumes à liant végétal ;
 - les graviers concassés, les terres battues, les surfaces gravillonnées et les mélanges terre-pierre améliorent les échanges avec le sol.
- Les Revêtements végétalisés :
 - les revêtements alvéolaires végétalisés et les gazons renforcés laissent la végétation reconquérir les surfaces de circulation pour recréer un sol vivant.

Au-delà de l'imperméabilisation des sols, les entreprises du paysage peuvent agir dans le respect de l'environnement de plusieurs manières différentes :

- en choisissant des matériaux dont l'extraction ou la fabrication est la plus durable possible ;
- en s'approvisionnant localement (ce qui est aussi plus respectueux du patrimoine et du paysage local) ;
- en prenant garde au recyclage des matériaux utilisés ;
- en veillant à ne pas polluer l'environnement lors de la mise en œuvre des revêtements ;
- en limitant le bilan carbone de la réalisation d'un ouvrage ;
- etc.

Les entrepreneurs du paysage sont des garants majeurs de la biodiversité. De plus, outre les compétences liées aux végétaux eux-mêmes, les paysagistes peuvent concevoir des revêtements dans le but de préserver voire augmenter la biodiversité.

3.1.6. Résistance à la glissance

La résistance à la glissance permet de répondre à l'exigence de sécurité des utilisateurs. La glissance représentant un risque important pour les utilisateurs, il est important, avant de mettre en œuvre un revêtement, de consulter les normes de produits relatives (différentes selon le matériau). Des essais peuvent être réalisés pour déterminer la glissance, mais ceux-ci varient d'un revêtement à l'autre. Dans tous les cas, un revêtement lisse est inadapte à la circulation.

3.2. Description et prescriptions législatives

3.2.1. Principe de précaution

Dans l'espace public, les revêtements sont pensés pour répondre aux attentes du plus grand nombre d'utilisateurs. Toutefois des précautions, relevant d'une anticipation, sont également à prendre lorsqu'il s'agit de mettre en œuvre un revêtement dans un espace privé. À l'usage, des escaliers ou des pentes importantes peuvent ainsi devenir difficilement praticables.

Remarque : Il existe des obligations dans le domaine public (cahier des charges), ou privé ouvert au public qui ne régissent pas les aménagements dans le domaine strictement privé. Toutefois, lorsqu'une règle existe, elle ne doit pas seulement s'appliquer par obligation contractuelle.

Un cas de litige très fréquent concerne la mise à niveau entre une terrasse et le sol intérieur d'une habitation. En effet, de plus en plus fréquemment, les terrasses sont finies au même niveau que l'habitation. Or cela pose différents problèmes, notamment des remontées par capillarité dans le mur de la maison et de pont thermique en cas de chauffage par le

sol. La norme NF DTU 20.1 impose à ce sujet une différence de niveau entre le sol de la terrasse et celui de l'habitation, comme cité ci-dessous.

« Lorsque les murs de soubassement sont en maçonnerie de petits éléments, les maçonneries en élévation doivent être protégées des remontées d'eau du sol. Un chaînage en béton armé disposé au niveau du plancher bas du rez-de-chaussée ou du dallage sur toute l'épaisseur des maçonneries de soubassement assure cette protection sans disposition complémentaire. Le chaînage doit être à l'air libre et au minimum à 5 cm en dessous du sol extérieur. Dans le cas d'une loggia ou d'un balcon, le chaînage en béton armé a une hauteur minimale de 15 cm (...). En l'absence des dispositions précédentes, on doit prévoir une coupure de capillarité disposée à 15 cm au moins au-dessus du niveau le plus haut du sol définitif extérieur. »

Ces problèmes peuvent être évités par l'usage d'une terrasse en bois sur lambourdes ou en dallage sur plots. En effet, la présence d'un vide évite le phénomène de pont thermique et de remontée par capillarité.

3.2.2. Accessibilité

Les espaces verts publics et privés ouverts au public sont considérés comme des IOP (Installations ouvertes au public), ils sont donc soumis aux règles d'accessibilité (notamment sur les cheminements principaux dans les parcs et jardins). L'ensemble des législations à respecter en matière d'accessibilité peut être consulté sur le site du CERIB dans le document « Rendre la ville accessible à tous : contexte législatif, réglementaire et normatif » (référence 271.E). L'annexe 1 de cette règle professionnelle présente également une synthèse des contraintes dimensionnelles à respecter.

Remarques :

- Tous les aménagements ouverts au public doivent prendre en compte l'ensemble des handicaps humains
- L'accessibilité concerne bien sûr les fauteuils roulants, mais aussi les personnes malvoyantes, âgées, les poussettes, etc.
- En cas d'impossibilité technique de respecter la législation, des dérogations peuvent être accordées par le CCDSA (Commission consultative départementale de sécurité et d'accessibilité).

La réglementation pour l'accès des personnes à mobilité réduite doit être prise en compte dès le commencement du projet, notamment pour les aspects concernant :

- Les ressauts, qui doivent respecter les dimensions suivantes : inférieurs ou égal à 2 cm de haut à bord adouci et jusqu'à 4 cm si le ressaut est traité en chanfrein à 3/1.

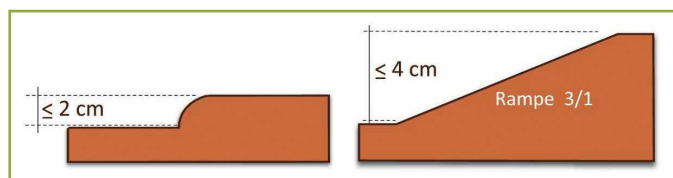


Figure 4 : Ressauts maximaux autorisés d'après l'arrêté du 15 janvier 2007
(Dessin de C. Houel)

- Le dévers des cheminements, qui doit être inférieur ou égal à 2 %.
- La largeur des cheminements, qui doit être égale à 1m20, sauf si des murs sont présents de part et d'autre du cheminement, la largeur étant alors de 1m40.
- Les pentes, qui doivent être inférieures à 5 %. Des inclinaisons plus fortes sur de faibles distances sont autorisées :

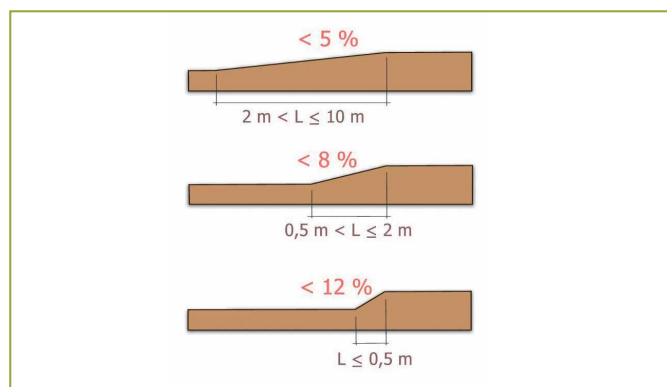


Figure 5 : Pentes maximales autorisées
(Dessin de C. Houel)

3.3. Travaux permanents liés à la mise en œuvre du revêtement

3.3.1. Diagnostic initial

L'entrepreneur réalise un diagnostic à partir de l'état initial du terrain (ou des sols existants) et de la demande du client (est-elle réaliste ?). Ce diagnostic doit également aborder la destination du revêtement en termes d'usages. Il débouche sur la rédaction d'un cahier des charges spécifique, propre au chantier en question.

L'ensemble des documents administratifs à compléter peut être consulté dans la règle professionnelle C.C.1-R0 « Travaux de terrassements des aménagements paysagers ». Pour les travaux à proximité de réseaux, on se réfère aux préconisations de la règle professionnelle C.C.2-R0 « Travaux de réalisation de réseaux dans le cadre d'un aménagement paysager ».

Point de contrôle contradictoire

Avant la mise en œuvre de l'ouvrage, l'entreprise doit faire valider par le client ou le maître d'œuvre dans la mesure du possible, un échantillon du matériau qui sera utilisé pour réaliser le revêtement, ainsi que son calepinage, précisés dans le devis. Une planche d'essai peut être réalisée (avec la mise en œuvre de la finition). Il doit être en mesure de fournir au maître d'ouvrage une fiche d'identification des matériaux employés. Le client doit être informé que le matériau va naturellement vieillir et son aspect esthétique général pourra en être modifié.

Point de contrôle interne

Préalablement au chantier, l'entrepreneur doit vérifier la compatibilité des produits, avec les spécifications du cahier des charges en particulier en matière de tenue au trafic routier. La réception du chantier est effectuée par l'entrepreneur en présence du maître d'œuvre ou du maître d'ouvrage.

3.3.2. Travaux préparatoires communs

Avant d'entamer les travaux, l'entrepreneur est responsable de la protection des ouvrages existants et de la sécurisation du site. Les préconisations sont détaillées dans le paragraphe 3.3 de la règle professionnelle C.C.1-R0 « Travaux de terrassements des aménagements paysagers ».

3.3.3. Amélioration de la portance des sols

Tableau 3 : Portance des sols (source : à partir du logiciel voirIB, Cerib)				
Portance des sols : classification et essais				
P	Indice portant CBR	Module de déformation à la plaque E_{v2} (MPa)	Module de réaction du sol : K (daN / cm ³)	Examen visuel (essieu 13 t)
P0	CBR ≤ 3	$E_{v2} \leq 15$	$K \leq 3$	Circulation impossible - sol inapte - Très déformable (sols fins argileux saturés et à faible densité sèche en place, sols tourbeux, sols contenant des matières organiques)
P1	$3 < \text{CBR} \leq 4$	$15 < E_{v2} \leq 20$	$3 < K \leq 4$	Ornières derrière l'essieu de 13 t - Déformable (Sols fins, sols sableux ou graveleux avec fines, sols comportant des fines et des gros éléments à teneur en eau élevée)
P2 (PF1)	$4 < \text{CBR} \leq 10$	$20 < E_{v2} \leq 50$	$4 < K \leq 6$	Pas d'ornières derrière l'essieu de 13 t
P3 (PF2)	$10 < \text{CBR} \leq 20$	$50 < E_{v2} \leq 120$	$6 < K \leq 7$	
P4 (PF3)	$20 < \text{CBR} \leq 40$	$120 < E_{v2} \leq 200$	$7 < K \leq 12$	
P5 (PF4)	CBR > 40	$E_{v2} > 200$	$K > 12$	
				Déformable (de faibles variations de teneurs en eau peuvent néanmoins provoquer des qualités de portance assez différentes, d'où la distinction entre P1 et P2)
				Peu déformable (sols fins ou matériaux graveleux à forte proportion de fines à teneur en eau moyenne à faible)
				Très peu déformable (matériaux insensibles à l'eau : sables et graves propres, matériaux rocheux sains)
				Très peu déformable (matériaux insensibles à l'eau : sables et graves propres, matériaux rocheux sains, chaussées anciennes)

La portance, exprimée en mégaPascals (MPa), est la caractéristique du sol qui définit sa capacité à supporter les charges qui sont appliquées sans engendrer de tassement ni de déformation excessifs. La portance dépend de la nature du sol, de sa teneur en eau et de sa densité apparente.

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 (essieu de 13 t) ou en déterminant le type de sol. Dans tous les cas, la portance peut être traduite en classes variant de p0 à p5.

La plate-forme support d'un revêtement pavé ou dallé doit avoir une portance minimale fixée en fonction de la nature des assises :

- classe p3 minimum pour des assises en grave ciment et grave bitume

- classe p2 pour les autres matériaux.

Les différentes techniques permettant d'améliorer la portance des sols sont les suivantes :

- le traitement à la chaux : cette technique demande des analyses précises du sol et est réservée à des cas très spécifiques, dans le cadre de l'intervention d'un bureau d'études spécialisé et pour des marchés publics

- les traitements à la chaux et/ou ciment ou aux liants hydrauliques routiers : ceux-ci permettent de gagner en moyenne deux classes de portance. Compte tenu de leur propriété, ces liants hydrauliques permettent, par incorporation au sol, de réduire la quantité d'eau et de modifier les argiles, les rendant plus consistantes, et assurant ainsi un meilleur compactage du sol. Le traitement à la chaux peut être suivi d'un traitement au ciment

- la purge des matériaux impropres : opération consistant à remplacer un sol inapproprié par des matériaux appropriés
- l'apport de matériaux (par exemple, une couche de 20 cm de GNT)

- l'interposition d'un géotextile : opération visant à éviter la contamination des couches par des particules fines et assurant une meilleure répartition des charges

- etc.

Attention ! À part le béton coulé en placé, dont la compaction s'effectue par vibration interne, la mise en œuvre de tous les autres matériaux utilisés dans les travaux de terrassement, tel le tout-venant, la grave non traitée GNT et le traitement des sols en place nécessitent du compactage afin d'assurer une densification et une compacité élevées, synonymes de performances mécaniques élevées. Ce compactage mécanique peut transmettre des vibrations via le sol support. Il est dans certains cas nécessaire d'isoler la zone du chantier ainsi traitée lors du compactage pour éviter de fissurer les constructions alentour. Une zone de décompression (tranchée remplie de gravillons homométriques) peut par exemple être aménagée.

3.3.4. Acceptation du support

Dans le cas où une entreprise tierce a réalisé le terrassement, il revient à l'entrepreneur de vérifier :

- la portance des sols
- le drainage du support
- la pente et les niveaux du fond de forme.

L'entreprise soumet au maître d'œuvre les éventuelles déficiences. Si elle n'accepte pas le support, les travaux de mise en conformité ne sont pas à sa charge. Après exécution des travaux, l'entreprise de pose ne peut formuler aucune réclamation portant sur l'implantation, les dimensions et les côtes de l'assise. L'acceptation du système de drainage de l'assise est faite contradictoirement avec le maître d'œuvre. En tout point, l'eau qui peut s'écouler sur les assises doit pouvoir s'évacuer correctement.

Les terrassements sont correctement effectués s'ils respectent les conditions d'acceptation établies dans la règle professionnelle C.C.1-R0 « Travaux de terrassements des aménagements paysagers ».

3.3.5. Couches de fondations

Les fonds de fouilles doivent être soumis le moins longtemps possible aux actions des intempéries (cf. NF DTU 21). Si à l'examen du fond de fouille, il s'avère qu'il est inapte à recevoir la fondation, il faut prendre toutes les mesures nécessaires pour mettre en œuvre des travaux d'aménagement complémentaires. Ces mesures ne sont à la charge de l'entreprise que si elle a accepté le support après examen. Dans tous les cas, les fondations ne peuvent être coulées qu'après assainissement du fond de fouille. Cet assainissement est réalisé par des moyens appropriés tels qu'un drainage, la mise en place d'une natte drainante (cf. NF DTU 20.12) ou par la réalisation à minima de pentes d'évacuation avec système de récupération et d'évacuation des eaux (pente supérieure ou égale à 2%).

Dans tous les cas, les préconisations des fournisseurs priment.

3.3.6. Drainage

Il est impératif de prévoir systématiquement un exutoire au point bas de l'ouvrage, qui permettra d'évacuer l'excédent d'eau, tout particulièrement dans le cas des matériaux drainants (cf. paragraphe 3.2.1. de la règle professionnelle C.C.2-R0 « Travaux de réalisation des réseaux dans le cadre d'un aménagement paysager »). Des boîtes de branchement (ou d'inspection) ou des regards doivent être prévus à chaque changement de direction, de pente, raccordement, et à intervalles réguliers selon les spécifications des normes et des documents du marché en vigueur.

Pour les revêtements en produits modulaires et lorsque la technique de la pose scellée est retenue, la fondation et le lit de pose doivent obligatoirement être drainants (cf. la norme NF DTU 52.1 pour la pose scellée, et la norme NF DTU 52.2 pour la pose collée). À l'inverse, ce n'est pas le cas lorsque c'est la technique de pose collée qui est mise en œuvre. La pose scellée est définie par l'utilisation de mortier traditionnel de scellement (sable, ciment, chaux et eau) alors que la pose collée repose sur l'emploi d'un mortier colle composé d'un liant hydraulique et d'adjuvants (cf. NF DTU 52.1 et NF DTU 52.2).

Point de contrôle contradictoire

Avant la mise en œuvre, vérifier la conformité des matériaux livrés. Vérifier la concordance entre les tolérances dimensionnelles annoncées par le fournisseur et les écarts de dimension réels des matériaux livrés sur le chantier (éléments modulaires préfabriqués et pierres naturelles).

3.3.7. BLOCAGE DE L'OUVRAGE

La mise en œuvre de certains revêtements requiert de prévoir le blocage de l'ouvrage.

Par exemple, dans le cas des revêtements modulaires, pour prévenir le glissement des pavés sous l'effet des efforts horizontaux liés à la circulation des véhicules et suite à l'ouverture des joints, chaque zone traitée en pavés doit par exemple être butée longitudinalement par des bordures scellées ou encastrées, des pavés scellés ou des longrines en béton armé ou non armé...

Pour plus de détail, se reporter à la partie I sur les bordures.

3.3.8. Garanties

Le revêtement, une fois posé, bénéficie de plusieurs garanties :

- la garantie du fournisseur sur les matériaux (esthétique / structure / résistance mécanique) ;

- la garantie des revendeurs de produits naturels importés ;
- la garantie de l'entreprise du paysage qui pose ;
- la garantie du concepteur (qui peut être l'entreprise du paysage, si elle était en charge de la conception du projet).

3.3.9. Entretien du revêtement

Les préconisations liées à l'entretien des revêtements sont détaillées dans la règle professionnelle C.E.1-R0 « Travaux d'entretien des constructions paysagères ».

B) Les pavages et dallages

3.4. Dispositions communes à tous les pavages et dallages

3.4.1. Géométrie

La géométrie du produit participe à l'esthétique de l'ouvrage. Elle contribue à la facilité des opérations de mise en œuvre des éléments (mise en place, dressage...) et donc indirectement à la sécurité des utilisateurs (planéité). La géométrie influe également sur la tenue au trafic (résistance mécanique induite par l'épaisseur des produits). Il faut donc vérifier deux paramètres : l'épaisseur nominale minimale pour les pavés et les dalles ainsi que la tolérance dimensionnelle d'une façon générale.

3.4.2. Dimensionnement structurel

Les structures revêtues de pavés ou de dalles de matériaux préfabriqués se composent :

- d'une assise, composée d'une ou plusieurs couches de granulométrie différente selon l'usage et le support ;
- d'un lit de pose, sur lequel sont posés les matériaux préfabriqués et un matériau de jointoiement.

Lors du choix des caractéristiques des différentes couches, il faut prendre en compte la charge de trafic attendue afin de déterminer :

- l'épaisseur des produits ;
- l'épaisseur de la couche de fondation.

3.4.3. Les joints

3.4.3.1. Les joints dans la dalle support

Les joints dans la dalle support peuvent être réalisés avec :

- une disqueuse thermique manuelle
- une disqueuse thermique guidée
- une baguette intégrée à la construction.

Ils peuvent être comblés de plusieurs façons :

- avec un produit de scellement à base de bitume ;
- avec un produit préformé (profilé en plastique ou en métal), intégré à la construction
- etc.

Un joint peut aussi ne pas être comblé, selon la destination de l'ouvrage.

En ce qui concerne les joints pour dalles béton, l'espacement des joints de retrait / flexion doit être calculé en fonction de l'épaisseur de la dalle.

Tableau 4 : Espacements des joints en fonction des épaisseurs de la dalle support. (source : document technique routes n°82 - décembre 2002 - voirie à faible trafic en béton - conception et dimensionnement)

épaisseur de la dalle en cm	10	11	12	13	14	15
Espacement des joints de dilatation en m	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75
épaisseur de la dalle en cm	16	17	18	19	20	
Espacement des joints de dilatation en m	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00	

3.4.3.2. Les joints dans les pavages et dallages

Les joints sont obligatoires pour les pavages et les dallages. Ils assurent la répartition des charges et des sollicitations mécaniques en évitant la transmission des charges aux pavés voisins. Leur largeur dépend du matériau de surface (voir spécificités pierres naturelles et matériaux préfabriqués) et leur matériau de remplissage dépend des couches sous-jacentes. Contrairement aux joints dans la dalle support, il est possible d'avoir des joints engazonnés (avec un semis).

Remarque : La cohérence entre la couche de pose et le type de joint doit toujours être respectée. Ainsi, les joints de type rigide doivent correspondre à des couches de pose rigides afin d'éviter que les joints ne se fissurent suite aux légers tassements subis par les couches non liées sous-jacentes. De plus, si les joints sont perméables, il est nécessaire que les couches sous-jacentes le soient aussi pour permettre l'évacuation des eaux hors de la structure. Des joints souples sont donc nécessaires dans le cas d'assises souples, avec un lit de pose en sable, et des joints au mortier dans le cas d'assises plus ou moins rigides avec un lit de pose en mortier ou béton.

Remarque : Le mortier, lorsqu'il est utilisé en lit de pose et/ou en jointoiment, nécessite un temps de séchage recommandé de 28 jours avant l'ouverture de la rue à la circulation (cf. 3.8.4.3. Les travaux de finitions, de correction, de réparation)

3.4.4. Les travaux de finition, de correction de réparation

Une fois le jointoiment de finition réalisé, le revêtement doit être nettoyé (il est conseillé de vérifier la compatibilité entre le matériau et le produit nettoyant et de faire un essai au préalable).

Point de contrôle interne

Contrôler l'épaisseur des joints (uniformité, esthétique...). Vérifier les préconisations techniques des produits de jointoiment utilisés, notamment la compatibilité avec le matériau utilisé.

Vérifier l'accessibilité PMR

Vérifier le respect des pentes, la planéité et les cotes

3.5. Spécificités des produits de pavage et dallage en pierres naturelles

Les dalles et les pavés sont des éléments de pierre naturelle obtenus par sciage ou clivage et utilisés comme produit de pavage.

Le critère qui différencie les dalles des pavés est le rapport longueur/épaisseur (Sources : NF EN 1341 et NF EN 1342) : la largeur nominale des dalles est supérieure à deux fois l'épaisseur ;

- la largeur nominale des pavés n'est pas supérieure à deux fois l'épaisseur et la longueur n'est pas supérieure à deux fois la largeur.
Il est à noter que l'épaisseur nominale minimale est de 40 mm.

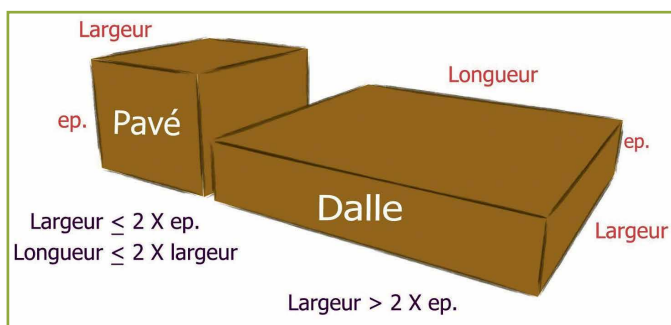


Figure 6 : Schéma des pavés et dalles en pierre naturelle (Dessin de C. Houel)

Les pavés de pierre naturelle peuvent être soit neufs, soit de réemploi. Dans les deux cas, les exigences de forme et de dimensions doivent être respectées. On distingue les pavés sciés et les pavés éclatés avec diverses finitions de surface.

Les dalles de pierre naturelle peuvent être de forme carrée ou rectangulaire, avec des longueurs pouvant atteindre plus d'un mètre. Du fait de leur rapport longueur/épaisseur, les dalles ne sont généralement pas utilisées dans les zones où circulent des véhicules.

Remarque : Même s'il n'est pas toujours évident de connaître l'origine des pierres naturelles du commerce dans la mesure où la provenance indiquée est parfois celle du pays où les pierres ont été transformées, les fournisseurs sont tenus de fournir la fiche technique des pierres qu'ils commercialisent.

Les références normatives applicables aux pierres naturelles peuvent être consultées au chapitre 5. Bibliothèque de références.

3.5.1. Les types de roches

Selon leur origine, les roches sont plus ou moins dures ou tendres. Le caractère gélif ou non doit être précisé sur la fiche du fournisseur. La destination des pierres naturelles dépend de leur origine. Les trois grands types de roches sont les suivants :

- **les roches magmatiques** : issues du refroidissement de la lave fondue, il existe deux types de roches ignées :
 - les roches plutoniques : refroidissement lent et en profondeur (exemple : le granit) ;
 - les roches volcaniques : refroidissement rapide et en extérieur (exemple : le basalte).
- **les roches sédimentaires** : issues d'un dépôt de sédiments dans la mer ou dans les rivières, il existe deux types de roches sédimentaires :
 - les roches détritiques : dépôts de couches d'argiles, sables ou calcaires qui se fossilisent (exemple : le grès)
 - les roches évaporitiques : issues d'un dépôt de calcaire (exemple : la plupart des calcaires)
- **les roches métamorphiques** : issues de mouvements tectoniques. Les roches en place sont soumises à une forte pression et se transforment (exemple : le grès se transforme en quartzite ; le granit en gneiss ; l'argile en schistes ; le calcaire en marbre ; etc).

3.5.2. Caractéristiques des pierres naturelles

Les pierres naturelles ont des atouts et des défauts qu'il est utile de connaître afin de les identifier au moment de la livraison. On distingue les caractéristiques suivantes :

- présence de fissures : fentes qui traversent entièrement un bloc
- présence de veines, plus ou moins minces, souvent chargées d'une autre matière que la roche dont elle est issue et qui peut faire éclater la pierre en cas d'excès d'humidité
- présence de cavités, qui, comme les veines, peuvent être vides ou pleines d'une matière autre que la roche d'origine

- présence de clous : morceaux de roche dure répartis dans la pierre, rendant la taille difficile
- les coloris de la pierre (le client doit être informé de l'absence d'uniformité au sein d'un même lot)
- le caractère gélif ou non de la pierre (après avoir absorbé de l'eau par capillarité, une pierre gélive se désagrège sous l'action du gel. Ce phénomène peut constituer un danger en revêtement de sol)
- etc.

Les pierres naturelles, en pavages ou en dallages, ont une masse volumique supérieure aux matériaux préfabriqués (cf. tableau 5). Il faut en tenir compte pour la mise en œuvre des fondations des ouvrages et également pour le matériel de pose.

Tableau 5 : Exemple de caractéristiques d'une roche				
Type de pierre naturelle	Masse volumique en kg / m ³	Porosité	Résistance à compression en MPa	Dureté selon le tableau de MOHS
Granit	2600 à 2700	Inférieure à 1%	120 à 180	6 à 7

Pour connaître précisément les caractéristiques des roches, l'entreprise doit demander à son fournisseur les caractéristiques techniques des pierres naturelles choisies. En effet, des roches, même de nature identique, peuvent avoir des caractéristiques différentes en fonction de la carrière où elles ont été extraites et en fonction de leurs conditions d'extraction.

Point de contrôle contradictoire

Les caractéristiques et la qualité du produit doivent être conformes à la fiche remise par le fournisseur qui engage par celle-ci sa responsabilité. L'entrepreneur doit être en mesure de la fournir au client.

Seules les pierres subissant des tests peuvent être normées (la norme en vigueur est la NF B 10-601). Ces tests doivent avoir lieu tous les deux ans et sont donnés à un gisement ou une carrière mais pas à un type de pierre. Les références des tests peuvent apparaître sur les plaquettes des fournisseurs. Exemple : le « Travertin » n'est pas normé car il vient de plusieurs gisements et même plusieurs pays.

3.5.3. Finitions des pierres naturelles

Les pierres naturelles sont rarement brutes. Un traitement de surface leur est appliqué afin de les rendre aptes à la circulation. Les pierres naturelles peuvent être :

- flammées. Le choc thermique apporté par le passage d'une flamme sur la surface sciée provoque l'éclatement de la couche superficielle, rendant la surface plane et rugueuse
- sciées. Opération brut de sciage, laissant apparaître les traits de scie. L'aspect demeure lisse
- bouchardées. La frappe orthogonale répétée de la surface sciée de la pierre naturelle avec une boucharde (outil muni de pointes plus ou moins espacées) provoque de nombreux points ronds de meurtrissures rendant ainsi la surface rugueuse par le jeu des creux et des bosses (profondeur de 1 à 3 mm). Le bouchardage est possible pour des épaisseurs généralement égales ou supérieures à 3 cm. Il éclaire la surface du granit
- grenillées. Choc mécanique provoqué par la projection de billes d'acier. La grenaille crée une surface rugueuse, semblable à la finition bouchardée

- sablées. Opération réalisée sur pierres tendres, par projection de sable
- etc.

Ces traitements de surface sont susceptibles dans certains cas d'entraîner une modification du coloris de la pierre. Par ailleurs, certains traitements de surface trop marqués (pierres bosselées, éclatées, smillées, etc.) sont déconseillés pour les espaces piétons.

3.5.4. Réception des pierres naturelles par l'entreprise

Les normes NF EN 1341 et NF EN 1342 indiquent les tolérances dimensionnelles admises pour les produits de pavage et dallage en pierres naturelles.

- la classe 0 est fortement déconseillée et souvent inutilisable (tolérance importante)
 - la classe 1, dans certains cas ne permet pas de respecter les exigences de la norme de mise en œuvre (NF P 98-335) (tolérance moyenne)
 - la classe 2 fixe les écarts les plus faibles.
- Afin d'assurer une qualité de produits à mettre en œuvre, il est conseillé d'utiliser des produits de classe 2.

Tableau 6 : Tolérances dimensionnelles en fonction des matériaux (source : normes NF EN 1341, 1342 et 1343)						
	Pavé brut de fendage ou de clivage	Pavé 2 faces sciées, 4 champs clivés	Dalle rustique 2 faces sciées, 4 champs clivés	Dalles sciées	Bordure issue de fendage	Bordure issue de sciage
Largeur	± 10 mm	± 8 mm	± 10 mm	± 2 mm **	± 10 mm	± 3 mm
Longueur	± 10 mm	± 8 mm	± 10 mm	± 2 mm **	± 10 mm	± 5 mm
Épaisseur	± 15 mm *	± 4 mm	± 4 mm	± 4 mm	-	± 5 mm

* Pour certains granits et pour certains grès la tolérance sur l'épaisseur est de ± 20 mm

** Lorsque la largeur et ou la longueur est > 70 cm la tolérance de fabrication sur les dimensions en plan est de ± 3 mm
De même, lorsque l'épaisseur dépasse 10 cm la tolérance de fabrication sur les dimensions en plan est de ± 3 mm

Exemples :

- Pour des dalles de classe 0 dont l'épaisseur est supérieure à 80 mm, aucune exigence n'est à relever sur l'épaisseur
- Pour des dalles de classe 1 dont l'épaisseur est supérieure à 80 mm, une tolérance de + ou - 7 mm est admise sur l'épaisseur
- Pour des dalles de classe 2 dont l'épaisseur est supérieure à 80 mm, une tolérance de + ou - 5 mm est admise sur l'épaisseur

Point de contrôle interne

À la réception des pierres naturelles fournies par le fournisseur, on admet une tolérance pour les dalles et les pavés, détaillée dans les normes NF EN 1341 et NF EN 1342.

3.5.5. Validation du matériau par le client

La validation est la même quel que soit le matériau. Elle a été décrite dans les points de contrôle de la partie 3.3.

3.5.6. La mise en œuvre des revêtements en pierres naturelles

3.5.6.1. Travaux préparatoires

En cas de réutilisation de pavés ou de dalles en pierres naturelles, il faut trier et nettoyer les pavés et les dalles.

3.5.6.2. Les différents appareillages

Le dimensionnement est effectué comme pour tous les dalles et pavages (cf. 3.4.2.)

Seul l'appareillage en lignes parallèles concerne à la fois les pavés et les dalles. Dans ce cas, les pavés ou les dalles sont disposés côte à côte en ayant soin de maintenir les lignes de pose parallèles, et éventuellement en décalant les joints d'une ligne à l'autre (exemples dans la figure 7).

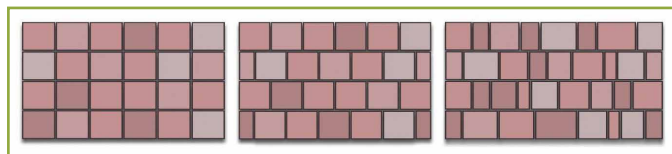


Figure 7 : Exemples d'appareillages. De gauche à droite : appareillage à joints alignés, appareillage en bandes à joints décalés, dallages / pavage en lignes parallèles (Dessin de C. Houel)

Quelques appareillages sont spécifiques aux pavés :

- en queue de paon
- en éventail ou en écaille
- en arc de cercle
- etc.

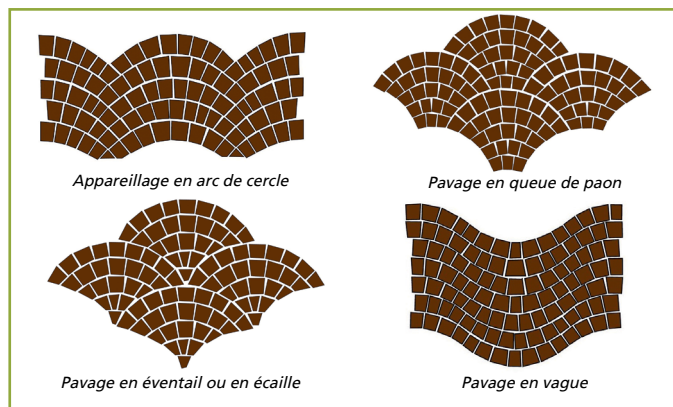


Figure 8 : Exemples d'appareillages (Dessin de C. Houel)

Les dalles de dimensions irrégulières sont posées en Opus incertum ou en Opus romain. L'Opus romain repose sur l'utilisation de dalles de dimensions variables mais de formes régulières (carrés ou rectangulaires), généralement sciées.

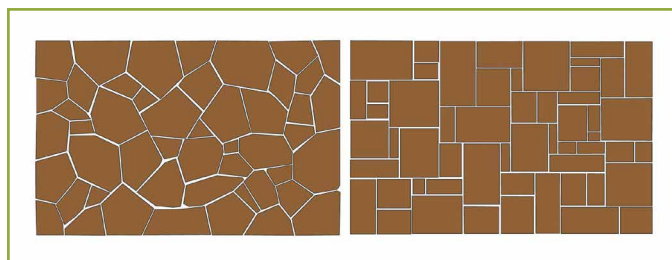


Figure 9 : Exemples d'opus incertum (à gauche) et d'opus romain (à droite) (Dessin de C. Houel)

3.5.6.3. Les techniques de pose

L'épaisseur du lit de pose doit être constante afin d'éviter tout risque de tassement ou de point dur.

La nature et l'épaisseur du lit de pose peuvent être déterminées à l'aide des tableaux suivants (norme NF P 98-335) :

Tableau 7 : Aide à la détermination de la nature et de l'épaisseur du lit de pose pour des dalles en pierre naturelle (source : C. Houel)			
Tolérance sur l'épaisseur des pavés	< 5 mm	≤ 15 mm	> 15 mm
Épaisseur du lit de pose en sable, sable stabilisé	3 cm ± 1 cm	5 cm ± 1,5 cm	7 cm ± 1,5 cm
Épaisseur du lit de pose en gravillons	3 cm ± 1 cm	4 cm ± 1,5 cm	5 cm ± 1,5 cm
Épaisseur du lit de pose en mortier ou en béton	3 cm ± 1 cm	5 cm ± 1,5 cm	inadapté

Les pavés dont la tolérance de fabrication ne permet pas de respecter l'épaisseur du lit de pose doivent être écartés. En outre, les préconisations complémentaires des fournisseurs doivent être prises en compte.

Dans le cas d'une pose sur mortier, il est conseillé de poser les pavés ou les dalles face à l'ouvrage pour conserver la planéité du revêtement. On peut dans certains cas, en prenant les précautions qui s'imposent, poser à l'avancement.

3.5.6.4. Mise en œuvre des joints

Selon les dimensions des produits, les largeurs de joints doivent respecter les largeurs minimales suivantes (cf. NF DTU 52.1 P1-1) :

- Pour les produits en pierre naturelle dont la surface (S) est < 120 cm² : 2 mm
- Pour les produits en pierre naturelle dont la surface (S) est > 120 cm² : 5 mm
- Pour les Opus incertum : la largeur des joints est libre
- Pour les Opus romain : joints de 2 à 10 mm

L'alignement est contrôlé à l'aide d'une règle de 2 m qui ne doit pas faire apparaître de différence d'alignement supérieur à 2 mm, à laquelle s'ajoute la tolérance sur les dimensions des pierres.

3.5.6.5. Blocage de l'ouvrage

Le pavage doit être contrebuté à toutes ses extrémités. Ce contre-buttage est indispensable pour empêcher les mouvements latéraux des pavés ou des dalles. Le blocage de l'ouvrage est abordé dans la partie I sur les bordures.

3.6. Spécificités des produits de pavage et dallage en béton préfabriqué

Les pavages et dallages préfabriqués comprennent les pavages et dallages en béton ainsi que les pavages et les dallages en pierre reconstituée.

3.6.1. Caractéristiques des produits

3.6.1.1. Les pavés et dalles en béton

Les pavés en béton sont définis dans la norme harmonisée NF EN 1338. Il s'agit d'un élément en béton préfabriqué utilisé comme matériau de revêtement satisfaisant les conditions suivantes :

- à une distance de 50 mm de tout bord, aucune section transversale ne présente une dimension horizontale inférieure à 50 mm ;

- sa longueur hors-tout divisée par son épaisseur est inférieure ou égale à quatre.

Note : ces deux conditions ne s'appliquent pas aux pièces complémentaires.

Les dalles en béton sont définies dans la norme harmonisée

NF EN 1339. Elles se distinguent des pavés par les conditions suivantes :

- leur longueur hors-tout ne doit pas dépasser 1 m ;
- leur longueur hors-tout divisée par son épaisseur est supérieure à 4.

Note : ces deux conditions ne s'appliquent pas aux pièces complémentaires.

Les pavés et dalles en béton peuvent être posés sous circulation piétonne et routière.

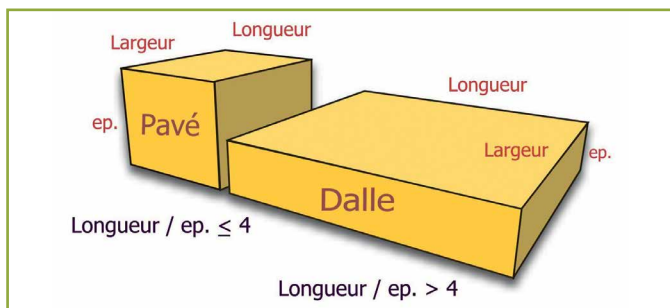


Figure 10 : Schéma des pavés et dalles en béton
(Dessin de C. Houel)

3.6.1.2. Les dallages en pierre reconstituée

Le format des produits de dallage dépend de la résistance minimale à la flexion et de l'épaisseur des produits.

Les produits de dallage sont conformes à la norme NF EN 13748-2, ou à la norme NF EN 13198 en garantissant une résistance minimale à la flexion de 4 MPa.

Lorsque des dimensions de produits de dallage supérieures sont retenues, il convient de se référer aux recommandations techniques du fabricant.

3.6.1.3. Les pavés de jardin

Ces produits sont définis dans la norme NF P 98-306. Les préconisations de pose du fabricant sont à suivre.

Point de contrôle interne

L'entrepreneur doit être en mesure de présenter les recommandations techniques du fabricant relatives à la pose du produit.

3.6.1.4. Revêtements perméables de pavés et de dalles en béton

Pour limiter le ruissellement des eaux de surface et contrer les effets de l'imperméabilisation, il est possible de mettre en œuvre des revêtements de surface perméables en éléments modulaires en béton :

- A) Les pavés ou dalles en béton poreux. Grâce à leur grande porosité connectée, ils permettent l'infiltration au travers des produits. Le matériau de jointoiement utilisé doit être dépourvu de fines pour éviter le colmatage du béton poreux.
- B) Les pavés à joints larges. Ce sont des pavés en béton usuel, qui présentent des joints élargis lors de la pose grâce à des écarteurs rapportés ou à leurs écarteurs intégrés sous formes de tenons d'écartement. L'infiltration des eaux de surface s'effectue par ces joints, qui peuvent être garnis de gravillons ou bien engazonnés.

- C) Les pavés à ouvertures de drainage, évidés ou perforés. Ce sont également des pavés en béton usuels, qui présentent des ouvertures dans leur épaisseur en partie courante ou sur leur pourtour. Ces ouvertures sont garnies de gravillons pour permettre l'infiltration des eaux de surface.



Figure 11 : Photos de différents types de revêtements perméables de pavés et de dalles en béton
(source : Cérif, document DP 115)

(voir document DP 115-CERIB « des revêtements en béton pour une meilleure infiltration des eaux pluviales »)

Ces produits ne sont pas inclus dans les domaines d'application des normes produit NF EN 1338 et NF EN 1339 relatives aux pavés et dalles en béton usuels, ni dans le domaine d'application de la norme de mise en œuvre NF P 98-335, cependant il est possible de se référer aux mêmes exigences fonctionnelles que ces derniers (tolérances dimensionnelles, résistance mécanique, résistance à l'abrasion, à la glissance...). Les couches de fondation sous le revêtement perméable doivent également présenter une perméabilité suffisante pour l'infiltration des eaux de surface (voir 3.1.4).

3.6.2. Conception

L'implantation de l'ouvrage ou de l'aménagement projeté nécessite de tenir compte d'impératifs techniques et législatifs essentiels susceptibles de conditionner la faisabilité du projet.

3.6.2.1. Esthétique et appareillage

Les produits préfabriqués en béton couvrent une vaste gamme de couleurs, textures et formes. Ces différentes caractéristiques peuvent être utilisées notamment pour distinguer les différents types d'espaces.

Les différents appareillages sont nombreux et dépendent de la forme des produits. Les appareillages présentés au paragraphe 3.5.6.2 peuvent être utilisés avec des pavés en béton. Il existe par ailleurs d'autres appareillages compatibles avec les produits en béton, par exemple la pose en chevron, en parquet ou en croix de chevalier.

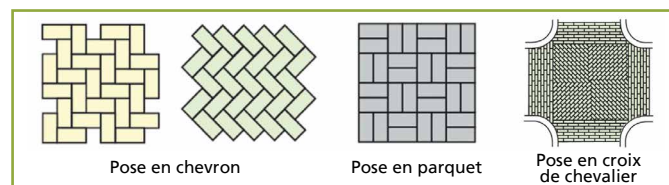


Figure 12 : Exemples d'appareillages compatibles avec les produits en béton (source : Cérif, document 206.E)

3.6.2.2. Résistance aux sollicitations climatiques

Afin de résister aux sollicitations climatiques, plusieurs classes de résistance sont définies dans la norme NF EN 1338 et 1339 :

- Classe A : aucune performance mesurée
- Classe B : Absorption d'eau inférieure à 6 % en masse (la classe B est adaptée aux zones de gel sévère et salage peu fréquent, ou aux zones de gel modéré et salage peu fréquent à fréquent)

- Classe D : Perte de masse à l'essai de gel/dégel inférieur à 1 kg/m² en moyenne avec aucun résultat individuel supérieur à 1,5 kg/m² (la classe D est adaptée aux zones de gel sévère avec un salage fréquent à très fréquent ou aux zones de gel modéré avec un salage très fréquent).

3.6.2.3. Résistance à l'abrasion

La résistance à l'abrasion permet de répondre à l'exigence d'esthétique et de pérennité. Elle influence également indirectement l'exigence de tenue au trafic puisque l'abrasion diminue l'épaisseur du produit.

Quel que soit l'élément (pavé, dalle, bordure ou caniveau), la marque définit une classe d'abrasion ≤ 23 mm (marquage « H »). Cette résistance à l'abrasion n'est pas explicitement indiquée sur le produit car elle est toujours garantie lorsque le produit est certifié.

Pour les dallages, la marque distingue deux classes de résistance à l'abrasion :

- U3 ≤ 23 mm : classification d'après le classement UPEC (marque déposée par le CSTB désignant l'usure due à la marche (U), le poinçonnement dû au mobilier fixe ou mobile (P), l'eau (E), les agents chimiques (C)).

- U4 : ≤ 21 mm

3.6.3. Épaisseur des produits

Les épaisseurs nominales minimales des pavés et des dalles utilisés sous circulation de véhicules sont définies par la norme NF P 98-335 en fonction du trafic. Pour les chemine-ments à accès strictement piétonnier, il est possible d'utiliser les produits de dallage en pierre reconstituée, caractérisés en fonction de leur épaisseur.

Type trafic	Caractéristiques trafic					Pavés	Dalles	
	Type véhicule	Charge par roue (daN)	Nombre de véhicules par jour et par sens	Nombre cumulés dans les deux sens	Vitesse	Épaisseur mini	Classe	Épaisseur mini
Léger	VL	≤ 600	≤ 50	≤ 100	Normale	60	S4	40
	VL	≤ 900	≤ 100	≤ 200	Normale	60	T7	40
T5	PL	≤ 2500	≤ 2,5	≤ 5	Réduite (≤ 30km/h)	60	T11	50
	PL	≤ 2500	≤ 12,5	≤ 25	Normale	60	U14	50
	PL	≤ 6500	≤ 2,5	≤ 5	Réduite (≤ 30km/h)	60	U25	50
	PL	≤ 6500	≤ 25	≤ 25	Normale	60	U30	50

w : Le présent document traite des trafics inférieurs à T5III (trafic inférieur à 25 PL / jour / sens). Pour des trafics supérieurs, il convient de se référer aux documents spécifiques.

Le référentiel de certification pour la marque NF 187 indique la correspondance entre domaine d'emploi et classe de résistance des dalles :

Tableau 9 : Domaine d'emploi des dalles posées sur plots en fonction de leur classe d'appellation (source : référentiel de certification NF 187)

Classe d'application	T 7	T 11	U 14
Domaine d'emploi dans le cas de la pose sur plots	Accès piéton exclusivement		Véhicule de charge par roue < 0,9t circulant à vitesse / jour / sens au maximum (aires de stationnement)
	Usage modéré sur petite surface (par ex : terrasses privatives) et hauteur des plots ≤ 15 cm	Usage collectif ou public	

3.6.4. Épaisseur du lit de pose

Le respect des épaisseurs du lit de pose conditionne la pérennité des ouvrages circulés. L'épaisseur du lit de pose doit être constante afin d'éviter tout risque de tassement ou de point dur.

L'épaisseur conseillée du lit de pose en sable, sable-ciment ou mortier est de 3 cm ± 1 cm.

L'épaisseur des assises de chaussée revêtues de pavés ou de dalles en béton se détermine au moyen du logiciel en accès libre Voirib, ou de tout autre logiciel équivalent. La méthode se base sur la méthode française de dimensionnement des chaussées du SETRA et du LCPC complétée par une étude expérimentale réalisée au CERIB.

Pour les chaussées de type T5 (trafic inférieur à 25 véhicules de PTAC > 3,5 tonnes par jour et par sens de circulation), les structures recommandées, définies pour une durée de service de 20 ans et un taux de croissance de trafic de 1 % sont présentées dans les tableaux suivants.

Tableau 10 : de l'épaisseur des assises de structures revêtues de pavés en béton. (source : Cerib, à partir du logiciel Voirib avec durée de vie 20 ans, et croissance de trafic 1 % par an / coefficient d'agressivité 0,1)

Plateforme	Trafic T5I (0 à 2 PL/jour/sens)	Trafic T5II (2 à 10 PL/jour/sens)	Trafic T5III (10 à 25 PL/jour/sens)
Classe P4 (PF3)	Assise inutile	Pavé + lit de pose + 15cm GNT 200	Pavé + lit de pose + 15cm GNT 200 Pavé + lit de pose + 8cm GB1
Classe P3 (PF2)	Pavé + lit de pose + 15cm GNT 200	Pavé + lit de pose + 15cm GNT 200 Pavé + lit de pose + 9cm GB1	Pavé + lit de pose + 17cm GNT 200 Pavé + lit de pose + 13cm BG1

Tableau 11 : Épaisseur des assises de structures revêtues de dalles en béton (source : à partir du logiciel voirib, Cerib)

Plateforme	Circulation de véhicules de PTAC inférieur à 3,5 t (roue inférieure à 900 kg) : dalles en classe T7*	Trafic T5 Charge par roue inférieure à 6500 kg : dalles de classe U 25
Classe P4 (PF3)	Dalle + lit de pose + 16cm de GNT 200	Dalle + lit de pose + 21cm de GC4
Classe P3 (PF2)	Dalle + lit de pose + 27cm de GNT 200	Dalle + lit de pose + 25cm de GC4*

*GC4 : grave ciment de classe 4

Remarque : En cas de stationnement occasionnel de véhicules de PTAC inférieur à 10 tonnes (charge par roue inférieure à 2,5 tonnes), les mêmes structures de chaussée peuvent être mises en œuvre en remplaçant les dalles T7 par des dalles T11.

3.6.5. Réception, validation des matériaux

La validation reprend tous les points de contrôle listés en partie 3.3, valables quel que soit le matériau.

Les pavés et dalles en béton doivent être conformes aux normes (NF EN 1338 et NF EN 1339).

Les produits de dallage en pierre reconstituée doivent être conformes à la norme NF EN 13748-2 ou à la norme NF EN 13198, en garantissant une résistance minimale à la flexion de 4 MPa.

La conformité est prouvée :

- par la certification NF : marquage des produits
- à défaut de certification, au moyen d'une réception par lots. Les essais à réaliser concernent la résistance mécanique, l'usure et le gel.

Remarque : le marquage réglementaire CE atteste que les performances des produits ont été identifiées par le fabricant. Ce n'est pas une marque de qualité. Seules les marques NF et Qualif-IB sont des marques de qualité.

3.6.6. Mise en œuvre

Les différents modes de pose sont définis dans les guides de pose du CERIB :

- CERIB 152 E : 2007, Guide de pose des pavés, dalles et bordures préfabriqués en béton
- CERIB DP 103 : 2011, Guide de pose des produits de dallage préfabriqués en béton pour l'extérieur

3.6.6.1. Pose des pavés et des dalles

En fonction des produits (pavés, dalles, produits de dallage), la pose peut s'effectuer de différentes façons :

- sur lit de pose en sable ou sable stabilisé
- sur lit de pose en gravillon fin 2/4, 2/6 ou 4/6
- sur plots
- en pose scellée
- en pose collée.

La pose scellée et la pose collée s'effectuent sur des supports en béton réalisés conformément aux normes. Si l'épaisseur du produit de dallage est inférieure à 3 cm, la pose collée n'est pas possible à mettre en œuvre (cf. NF DTU 52.2). On préconise de poser sur un stabilisé (pose souple) les dalles dont l'épaisseur est supérieure à 3 cm.

La pose sur granulats des produits de dallage préfabriqués en béton à usage uniquement piétonnier peut, en fonction

du support, être effectuée de la façon suivante :

- suite aux travaux de repérage et d'implantation, la terre végétale est décapée
 - dans le cas d'un sol peu déformable (sol graveleux, sable, tout venant, matériau rocheux), une profondeur de 10 cm minimum doit être décaissée
 - dans le cas d'un sol déformable (sol fin, argileux, remblai, etc.) une profondeur supplémentaire suivant la nature du sol environnant doit être décaissée pour réaliser une assise avec une couche de « tout venant » 0/31,5. Un essai à la plaque peut être réalisé.
- Dans les deux cas un compactage énergétique du sol-support (fond de forme) et de la couche de « tout venant » doit être exécuté.

Types de pose

Trois types de pose sont envisageables : la pose mécanisée, la pose manuelle et la pose sur plots. Le choix du type de pose est conditionné :

- d'une part par le poids des produits et la cadence de pose, qui orienteront vers une pose mécanisée ou manuelle
- d'autre part par les sollicitations et les conditions d'exploitation prévues pour les ouvrages qui conditionnent la nature de leur lit de pose et des joints.

a) Pose mécanisée

La pose se fera par « plaque » d'éléments. Il sera donc nécessaire de s'assurer que ce type de pose est compatible avec la complexité de l'appareillage choisi. De plus la pose mécanisée nécessite un compactage léger (précompactage) du lit de pose pour éviter un orniérage au passage de l'engin de pose.

Selon les engins de pose, et le lit de pose, la circulation se fait ou non sur le lit de pose. Autant que faire se peut, il convient d'éviter au maximum de circuler sur le lit de pose.

b) Pose manuelle

La pose se fait en partant du point bas lorsque la pente est significative. De plus, suivant l'appareillage, la progression de pose sera différente.

De même que dans le cas de la pose mécanisée, il convient de circuler autant que faire se peut sur les produits déjà posés. On pose à l'avancement sur le produit posé.

c) Pose sur plots

La pose sur plots est réservée aux cheminements piétons uniquement, ou bien au passage exceptionnel d'un véhicule de charge inférieure à 25 kN.

La dalle support doit présenter les mêmes caractéristiques que pour les techniques de pose évoquées précédemment. Il est possible de poser sur un stabilisé si celui-ci est de très grande qualité (afin d'éviter l'enfoncement des plots).

Pour le nombre de plots par dalle, il convient de se référer aux préconisations des fabricants de matériaux.

3.6.6.2. Blocage de rives

Le pavage doit être contrebuté à toutes ses extrémités. Ce contre-butage est indispensable pour empêcher les mouvements latéraux des pavés ou des dalles. Le blocage de rives peut être réalisé à l'aide de chanfreins de calage ou de bordures (métal ou matériaux plastiques, qui permettent d'avoir une finition nette).

Le blocage de rives est abordé en détail dans la partie I sur les bordures.

Chanfreins de calage ou solins

On privilégie les chanfreins droits pour augmenter la reprise de la végétation en bordure. Toutefois, des chanfreins en contrebuté peuvent être utilisés dans le cas de pavés de rive non scellés par-dessous, et sont même nécessaires dans le cas de sollicitations importantes (parking, allée de garage, etc.) Dans ce cas, l'angle maximum ne doit pas excéder 45° afin de ne pas gêner la végétation de proximité. Au plus haut, il ne doit pas excéder deux tiers à maximum trois quarts de la hauteur du pavé.

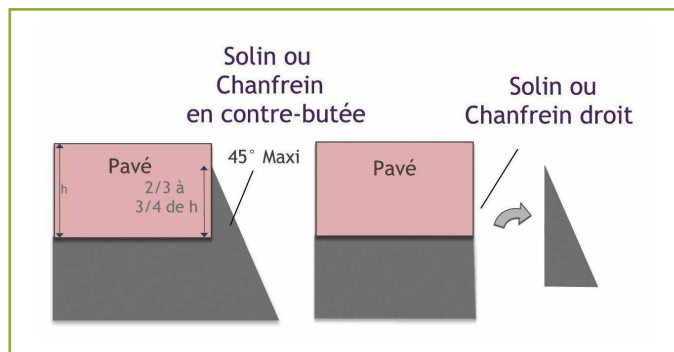


Figure 13 : Schémas en coupe des chanfreins
(Dessin de C. Houel)

3.6.6.3. Mise en œuvre des joints

La largeur des joints entre pavés doit être au minimum comprise entre 2 et 4 mm. La largeur des joints entre dalles doit être au minimum de 5 mm. Il convient de se référer, en fonction des matériaux, aux préconisations des fabricants.

La largeur minimale des joints entre éléments de dallage en pose en extérieur est de :

- 2 mm pour les éléments de dallage de surface inférieure à 120 cm² en pose collée ou scellée,
- 5 mm pour les éléments de surface supérieure à 120 cm², augmentée de la tolérance dimensionnelle des éléments, en pose collée ou scellée
- 4 à 6 mm pour les éléments de dallage en pose en extérieur sur sable

Réalisation des joints en sable :

Le garnissage des joints en sable s'effectue à l'avancement. Le sable excédentaire est enlevé par balayage. Pour les pavages, une opération de damage est ensuite réalisée en partant du centre de la surface et en finissant au droit des rives, en prenant soin de déborder sur le passage précédent. L'opération de damage est réalisée au moyen d'une plaque vibrante dont la semelle est recouverte d'une couche en élastomère pour ne pas rayer la surface. Les dalles ne sont pas soumises à l'opération de damage qui risquerait de les endommager.

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

En cas d'utilisation de sables polymères, il faut se référer aux notices d'utilisation transmises par les fournisseurs.

Cas de la pose scellée et collée :

Dans le cas de la pose scellée et collée, il est nécessaire de prévoir (voir publication CERIB DP 103) :

- des joints de dilatation du support
- des joints de retrait ou de fractionnement du support
- des joints de construction ou de reprise du dallage
- des joints périphériques ou d'isolement au niveau des seuils et des bords libres

3.6.6.4. Réception de l'ouvrage

Point de contrôle contradictoire

Les contrôles à réaliser pour la réception de l'ouvrage concernent les aspects suivants :

- les contrôles de nivellement
- les contrôles de planimétrie
- les contrôles visuels (propreté, intégrité, textures, calepinage, remplissage des joints, régularité des joints, désaxement) tels que décrits dans le NF DTU 52.1.

3.7. Autres matériaux modulaires

3.7.1. Les briques

Les revêtements en briques sont typiques à certaines régions et leur mise en œuvre peut nécessiter un temps de pose important. Pour être utilisable en revêtement, la brique doit être au moins cuite à 1 200 °C, ce qui la rend résistante au gel. La pose s'effectue sur chant, sur lit drainant. Plusieurs appareillages et motifs sont possibles. La densité de la brique étant plus importante que le béton, le revêtement ainsi posé présente une grande résistance. Après la pose, on effectue un jointoiement comme dans le cas des pavés, avec du sable 0/2, du 2/4 ou du 0/4.

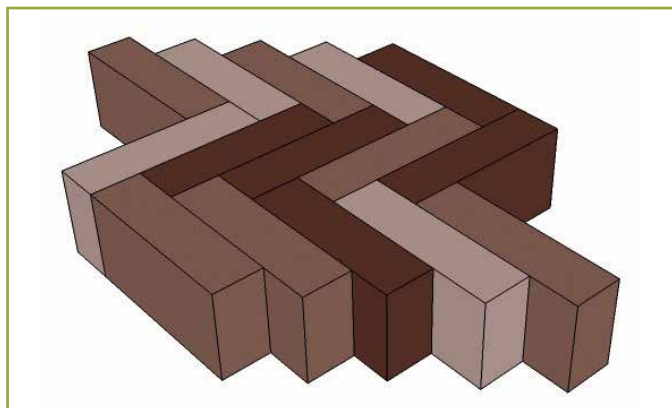


Figure 14 : Schéma de pose en chevrons de briques sur champ
(Dessin de C. Houel)

3.7.2. Les carrelages

Les carrelages d'extérieur sont généralement des grès cérames de 2 cm d'épaisseur, non gélifs, et dont la résistance est très importante. Plusieurs types de poses sont envisageables : sur plot, sur stabilisé, en pose scellée ou collée (NF DTU 52.1 et NF DTU 52.2). Dans tous les cas, la circulation sur le carrelage doit être exclusivement piétonne. Il convient, quoiqu'il arrive, de se référer aux préconisations des fournisseurs.

3.7.3. Le basalte fondu

Les éléments de revêtement en basalte fondu sont des produits pressés qui s'apparentent à des pavés dans leurs dimensions et dans leur mode de pose.

3.7.4. Les pavés de bois

La pose des pavés de bois nécessite une importante précaution, notamment parce que le bois travaille (dilatation – rétractation). En périphérie de l'ouvrage notamment, des dégradations peuvent être observées, en raison des mouvements du matériau.

Il est impératif de se référer aux précautions des fournisseurs.

C) Les revêtements en béton coulé en place

En général, on travaille soit sur des surfaces terrassées soit sur des dallages coulés existants (supports anciens).

3.8. Les revêtements en béton coulé en place

Les revêtements en béton coulé en place sont des couches épaisses de béton (généralement de 12 à 25 cm), se substituant à la fois à la couche de base et à la couche de roulement d'une structure routière. Pour le champ d'application visé par la présente règle, les structures en béton coulé en

place ne nécessitent pas, en général, de couche de fondation.

3.8.1. Généralités

Les propriétés recherchées d'un dallage en béton sont :

- Résistance aux charges et aux sollicitations climatiques
- Résistance aux charges statiques et au poinçonnement
- Bonne répartition des charges sur le support
- Intégration à l'environnement adéquat
- Uniformité

Il appartient au maître d'œuvre de conserver toutes les données attestant de la composition des bétons pour la traçabilité et la garantie décennale. L'épaisseur de béton mise en place atteste également de la quantité de béton mise en œuvre.

Les références normatives concernant les revêtements en béton coulé en place sont listées dans la partie 5 (Bibliothèque de référence – Revêtement en béton coulé en place).

3.8.2. La composition et les performances des bétons coulés en place

Le béton est constitué de gravillons, de sable, de ciment, d'eau et d'un agent entraîneur d'air. D'autres éléments peuvent y être incorporés : des éléments fins actifs ou non, des adjuvants (en plus de l'agent entraîneur d'air), des fibres, des colorants, etc.

Chacun de ces constituants a un rôle bien défini pour la mise en œuvre et pour l'obtention des caractéristiques finales du béton. Celles-ci sont la traduction des performances potentielles de chaque constituant ; d'où l'importance du choix préalable.

Le béton utilisé en tant que revêtement de chaussée doit satisfaire aux exigences des normes, et en particulier :

- NF EN 206/CN : Béton: Spécifications, performances, production et conformité, Complément national à la norme NF EN 206
- NF EN 13877-1 : Chaussées en béton – Partie 1 : Matériaux.
- NF EN 13877-2 : Chaussées en béton – Partie 2 : Exigences fonctionnelles pour les chaussées en béton.
- NF EN 13877-3 : Chaussées en béton – Partie 3 : Spécifications relatives aux goudons.
- NF P 98-170 : Chaussées en béton de ciment - exécution et contrôles.

Les sollicitations particulières auxquelles le béton est soumis sont :

- > celles dues au trafic qui imposent au béton des caractéristiques mécaniques minimales (résistance en fendage minimale et résistance élevée à « l'usure » superficielle) ;
- > celles dues aux agents atmosphériques (vent, chaleur, froid, etc.) qui imposent, au stade de la fabrication du béton, l'adjonction obligatoire d'un adjuvant entraîneur d'air qui conférera au revêtement béton une résistance élevée au gel en présence de sels de déverglaçage. Au stade de la mise en œuvre, il faut prévoir les mesures de protection obligatoires comme la cure du béton qui empêche l'évaporation de l'eau pendant la phase de durcissement.
- Celles dues aux pollutions diverses.

Le choix des constituants et la définition de leur proportion dans le mélange doivent être déterminés afin d'obtenir des performances adaptées au mode de mise en œuvre et aux sollicitations particulières auxquelles les matériaux sont soumis et aux qualités esthétiques recherchées.

Résistances mécaniques

La première caractéristique visée est, bien entendu, la résistance mécanique du béton. Elle est définie par la résistance caractéristique atteinte à 28 jours.

La norme NF P 98-170 prévoit six classes de résistance. Le tableau ci-après précise les conditions de choix selon la nature des travaux à réaliser (couche de roulement ou revêtement, couche de base ou couche de fondation).

Tableau 12 : Type de béton en fonction de la nature des travaux (source : norme NF P 98-170)			
Catégorie NF P 98-170	Résistance caractéristiques (en MPa)	Classe de compression (NF EN 206/CN)	Classe de fendage
2 (assise)	20	C 20/25	S 1,7
3 (assise)	25	C 25/30	S 2,0
4 (voirie à faible trafic)	29	C 30/37	S 2,4
5 (voirie tous trafics)	32	C 35/45	S 2,7
6 (aéroports)	38	C 40/50	S 3,3

Résistance au gel et aux fondants

La seconde caractéristique visée concerne la résistance du béton vis-à-vis du gel et des sels de déverglaçage.

Consistance du béton

La troisième caractéristique visée est liée au mode de mise en œuvre du béton. C'est la consistance du béton. Le choix de cette consistance est du ressort de l'entreprise exécutant les travaux. Elle est déterminée en fonction du type de matériel de mise en œuvre. Elle est mesurée soit par l'affaissement au cône d'Abrams, conformément à la norme NF EN 12350-2, soit par la maniabilité mesurée au maniabilimètre LCL, conformément à la norme NF P 18-542. La consistance du béton, étant un paramètre qui fluctue dans le temps et en particulier sous les effets de la température ambiante, doit être mesurée au moment de la mise en œuvre.

Toutefois, pour assurer la constance des caractéristiques mécaniques du béton en place, le marché peut spécifier la régularité de cette consistance en stipulant une plage acceptable de variation (± 2 cm pour l'essai d'affaissement au cône et de ± 10 s pour l'essai de maniabilité).

D'autre part, lorsque le béton est mis en œuvre à la machine à coffrages glissants, il faut que sa consistance soit comprise dans une fourchette de valeurs bien définies, de telle sorte que le béton ne s'affaisse pas à la sortie du moule (absence d'affaissement des bords du revêtement).

CIMBETON. T51 : Voiries et aménagements urbains en béton - Tome 2 Mise en œuvre. Collection technique Cimbéton. 2009.

3.8.2.1. Liant (ciment)

Le ciment utilisé pour la confection du béton doit être conforme à la norme NF EN 197-1 ou à l'une des normes suivantes : NF P 15-317 ou NF P 15-319.

Il est de type

- CEM I gris ou blanc,
- CEM II/A ou B,
- CEM III/A ou B,
- CEM III/C,
- CEM V/A.

Le ciment doit présenter des caractéristiques adaptées à la nature des granulats et aux conditions climatiques. Elles sont définies dans l'annexe B de la norme NF P 98-170.

Remarque : Pour des chantiers soumis à des contraintes particulières (par exemple : mise en circulation rapide...), des ciments spéciaux (ciment alumineux fondu [CA], norme NF P 15-315 ou ciment prompt naturel, norme NF P 15-314) peuvent être utilisés.

3.8.2.2. Granulats

Les granulats pour le béton doivent être conformes à la norme NF EN 12 620 et classés conformément à la norme NF P 18-545.

3.8.2.3. Adjuvants

Les adjuvants sont conformes à la norme NF EN 934-2. L'emploi d'un entraîneur d'air est obligatoire pour les bétons soumis au gel et au salage. Dans ce cas la teneur en air occlus du béton (air contenu dans le béton sous forme de bulles sphériques) doit être comprise entre 3 et 6 %. L'emploi d'un adjuvant autre que l'entraîneur d'air fera l'objet, lors de l'étude de formulation, d'une étude de compatibilité avec les autres constituants conformément à la norme NF P 98-170. D'autres types d'adjuvants permettent d'obtenir des propriétés spécifiques :

Les retardateurs ou accélérateurs permettent de retarder la prise du ciment pour le travailler plus longtemps, ou au contraire d'en accélérer la prise, par exemple si le risque de gel est fort.

Les plastifiants et les fluidifiants rendent le béton plus souple et plus malléable.

Il est conseillé d'acheter le béton en unité de production de Béton Prêt à l'Emploi pour bénéficier de la traçabilité, de la rapidité d'exécution et des conseils du fournisseur, notamment s'il est complété par des adjuvants.

Tableau 13 : Différents types d'adjuvants et leurs caractéristiques (source : C. Houel)	
Plastifiant réducteur d'eau	Adjuvant qui, sans modifier la consistance, permet de réduire la teneur en eau d'un béton donné ou qui, sans modifier la teneur en eau, en augmente l'affaissement / l'étalement, ou qui produit les deux effets à la fois
Superplastifiant haut réducteur d'eau	Adjuvant qui, sans modifier la consistance, permet de réduire la teneur en eau d'un béton donné ou qui, sans modifier la teneur en eau, en augmente considérablement l'affaissement / l'étalement ou qui produit les deux effets à la fois
Réteneur d'eau	Adjuvant qui réduit la perte en eau en diminuant le ressuage (remontée d'eau en surface)
Entraîneur d'air	Adjuvant qui permet d'incorporer pendant le malaxage, une quantité contrôlée de fines bulles d'air uniformément réparties et qui subsistent après durcissement
Accélérateur de prise	Adjuvant qui diminue le temps de début de transition du mélange, pour passer de l'état plastique à l'état rigide
Accélérateur de durcissement	Adjuvant qui augmente la vitesse de développement des résistances initiales du béton, avec ou sans modification du temps de prise
Retardateur de prise	Adjuvant qui augmente le temps de début de transition du mélange pour passer de l'état plastique à l'état rigide
Hydrofuge de masse	Adjuvant qui réduit l'absorption capillaire du béton durci
Plastifiant réducteur d'eau, retardateur de prise	Adjuvant qui combine les effets d'adjuvant plastifiant / réducteur d'eau (fonction principale) et ceux d'adjuvant retardateur de prise (fonction secondaire)
Superplastifiant haut réducteur d'eau, retardateur de prise	Adjuvant qui combine les effets d'adjuvant superplastifiant / haut réducteur d'eau (fonction principale) et ceux d'adjuvant retardateur de prise (fonction secondaire)

Tableau 13 : Différents types d'adjuvants et leurs caractéristiques (source : C. Houel)

Plastifiant réducteur d'eau, accélérateur de prise	Adjuvant qui combine les effets d'adjuvant plastifiant / réducteur d'eau (fonction principale) et ceux d'adjuvant accélérateur de prise (fonction secondaire)
---	---

3.8.2.4. L'eau de gâchage

L'eau utilisée pour la fabrication du béton est conforme à la norme NF EN 1008.

L'eau permet la « prise » du béton. Trop d'eau peut nuire à sa résistance, en provoquant des fissurations prématurées. Il est conseillé de ne pas couler par temps pluvieux ou de protéger la surface coulée de l'excès d'eau de surface. L'eau souillée et l'eau de mer sont interdites.

3.8.2.5. Les colorants

Les colorants sont des superfines (1 à 5 microns) dont le but est de modifier la teinte du béton dans lequel elles sont dispersées.

Ils doivent être des pigments de synthèse ou des pigments à base d'oxydes métalliques naturels.

Ils se présentent sous forme liquide ou en poudre. Leur dosage doit être compris entre 3 et 6 % pour les ciments courants et ne pas excéder 3 % dans le cas d'un ciment blanc.

3.8.2.6. Les fibres

Les fibres sont des fibres « polyester », des fibres « polypropylène » ou des fibres métalliques.

Leur dosage devra être conforme aux indications du fabricant. Leur utilisation et leur dosage seront soumis à l'acceptation du maître d'œuvre.

L'incorporation de fibres fera l'objet, lors de l'étude, d'une vérification de compatibilité avec les autres constituants.

Tableau 14 : Caractéristiques des principaux types de fibres

	Diamètre moyen (en µm)	Propriétés	Application
Fibres métalliques (acier)	50 à 1000	- Résistance à la traction et à la flexion - Réduction des risques de fissuration	Coulé en place
Fibres organiques (polypropylène)	> 4	- Contrôle du retrait plastique du béton - Amélioration de la maniabilité du béton - Souplesse et insensibilité chimique	Dallages et aménagements urbains

3.8.2.7. Les produits de cure

Les produits de cure doivent être conformes à la norme NF P 18-370. Les produits de cure protègent le béton contre l'évaporation de l'eau (sous les effets des agents atmosphériques) et donc de la dessiccation. Ils évitent aussi les retraits trop rapides et par conséquent l'apparition de fissures dans le béton.

La cure est réalisée immédiatement après la mise en œuvre

du revêtement. Elle peut être réalisée soit par la mise en place d'un film de polyéthylène souple, soit par la pulvérisation d'un produit de cure.

- Si la cure est assurée par un film de protection, il sera choisi de couleur claire ou transparent. Il ne présente pas de discontinuité.

- Si la cure est assurée par un produit de cure, la pulvérisation peut être faite soit à l'aide d'une machine automatique, soit plus simplement avec des pulvérisateurs manuels de type agricole. Le produit de cure est, en général, de couleur blanche pour en contrôler la bonne répartition. Il forme à la surface du béton un film imperméable qui assure une protection efficace et empêche l'évaporation de l'eau.

3.8.2.8. Produits de protection des ouvrages existants

La protection, lors de la réalisation du chantier, des ouvrages existants tels que façades d'immeubles, candélabres, calepinages en pavés, bordures, etc. peut se faire, soit par application d'un produit de protection qui facilite le nettoyage ultérieur, soit par la mise en place d'un film plastique de protection.

3.8.2.9. Produits de protection de la surface du béton

Ce produit est destiné à protéger la surface du béton contre les incrustations et les salissures.

Le produit peut être :

- un bouche-pores destiné à parfaire la fermeture des pores éventuels à la surface du béton,
- un liquide pulvérisé à la surface du béton et destiné à créer un film mince transparent et imperméable.

Le dosage doit être conforme aux indications du fabricant, le produit et le dosage seront soumis à l'acceptation du maître d'œuvre.

3.8.2.10. Les aciers

Compte tenu des niveaux de trafic visés, de manière générale, ces surfaces ne sont pas armées. Si toutefois une armature devait être posée, elle devra être conforme au NF DTU 13.3 et à titre d'exemple, une dalle de 12 cm d'épaisseur pourra être armée avec un treillis soudé, à maille carrée de 150 mm et de diamètre de fil de 7 mm. Elle ne comporte pas de joints de retrait. Les armatures sont à réserver pour les petites surfaces ou pour désolidariser chaque panneau.

3.8.2.11. Produits pour joints

Les produits pour joints ont pour rôle le remplissage des joints du revêtement en vue d'assurer leur étanchéité. Trois types de produits sont utilisés :

- les produits coulés à chaud ;
- les produits coulés à froid ;
- les produits préformés.

Ils doivent être conformes aux normes suivantes :

- NF EN 14188-1 pour les produits de scellement à chaud ;
- NF EN 14188-2 pour les produits de scellement à froid ;
- NF EN 14188-3 pour les produits de scellement préformés.

3.8.2.12. Retardateurs de surface

Ce produit est utilisé dans le cas d'un traitement de surface du béton par désactivation (ou dénudage chimique).

Il a pour rôle de ralentir la prise du mortier superficiel et de pouvoir ainsi l'éliminer par un moyen approprié pour mettre à nu la partie supérieure des gravillons.

Le retardateur de surface sera soumis par l'entreprise à l'acceptation du maître d'œuvre.

3.8.2.13. Durcisseurs de surface

Ce matériau, constitué d'un mélange de ciment et de particules minérales, et éventuellement de colorant, est destiné à améliorer les caractéristiques de surface du revêtement en béton. Il est à envisager dans le cas d'un revêtement en béton imprimé.

3.8.2.14. Les produits démoulants

Ce produit est utilisé pour la réalisation des revêtements en béton imprimé. Il est destiné à faciliter le démoulage des matrices et des moules appliqués à la surface du béton.

3.8.3. Les différents revêtements en béton coulés en place

Ils se déclinent en un vaste panel de possibilités. Le dosage des granulats est identique à la formulation d'un béton désactivé et ceux-ci sont choisis par le client (cf. annexe 2 Les différentes finitions du béton).

3.8.3.1. Béton désactivé

Le béton désactivé a un aspect équivalent à celui d'un béton lavé ou d'une surface de dalles en gravillons lavés. Il est cependant possible de lui donner un aspect différent en modifiant sa composition (finesse, coloris). Le béton utilisé est dosé en ciment entre 300 et 350 kg / m³ selon la classe de trafic. Le dosage en gravillons est élevé (1 100 à 1 350 kg/m³) et le rapport G/S (gravillons/sable) se situe entre 1.8 et 2.2. Le béton doit avoir une bonne plasticité et il est souhaitable d'incorporer un plastifiant pour faciliter la mise en œuvre.

La mise en œuvre d'un béton désactivé consiste à pulvériser à la surface du béton frais un produit désactivant, qui retarde la prise sur quelques millimètres. Le béton est suffisamment compact pour éviter la pénétration du désactivant en profondeur. Les désactivants sont appliqués au pulvérisateur aussitôt après talochage, à raison d'un litre pour 4 m². Le désactivant est coloré, ce qui permet de contrôler sa bonne répartition. La force d'attaque des désactivants est variable et peut aller jusqu'à une profondeur de 7 mm. Certains sont prêts à l'emploi en fonction de la dégradation que l'on souhaite obtenir. Après un délai de 8 à 36 heures selon le produit utilisé et les conditions atmosphériques, on lave la surface au jet d'eau à haute pression et on rince à l'eau claire.

Remarque : l'emploi d'un désactivant conduit à la libération de ciments qui peuvent nuire à l'environnement (canalisations bouchées, pollution des sols). Des précautions doivent être prises au moment du nettoyage de la surface.

Il n'existe pas de préconisations générales concernant les épaisseurs minimales de dallages coulés en béton désactivé. Chaque ville émet ses propres préconisations. Voici quelques chiffres à titre indicatif pour un espace piéton/voirie légère (en cm) : Strasbourg (14/18) ; Lyon (10/15) ; Nice (10-12/NR) ; Toulouse (10/12) ; Lille (10/12).

3.8.3.2. Béton brut surfacé (taloché, balayé, brossé, bouchardé, hydrosablé, etc.)

Le béton brut, non coloré, doit faire l'objet d'une finition mécanique ou manuelle, afin d'éviter les phénomènes de glissance.

Le béton balayé ou brossé est le plus simple. Il vise à créer, à la surface du béton frais, une macrotexture fine, constituée par des canaux fins qui assurent, en cas de pluie un drainage accéléré de la surface de revêtement. Il en résulte une bonne adhérence et un drainage superficiel efficace.

Le brossage est réalisé, en général, dans le sens transversal ou longitudinal. On applique le brossage au moyen d'un balai ou d'une brosse dure, soit manuellement, soit de façon mécanisée. Si le brossage transversal est réalisé manuellement, il est souhaitable de disposer d'une passerelle enjambant le revêtement et qui sert de guide au personnel qui l'emprunte pour exécuter son travail. En outre, il faut veiller à ce que l'outil n'attaque pas trop brutalement la surface du béton frais, sous peine de créer des empreintes, des ondulations et des déchaussements des granulats du béton.

Le béton bouchardé consiste à attaquer la surface du béton durci avec un marteau spécial, la « Boucharde », dont la

surface de frappe est hérissée de dents pyramidales « pointes-de-diamant ». Le procédé est simple : le béton, dont la composition est spécialement étudiée, est coulé en place, réglé, vibré puis taloché et protégé par un produit de cure suivant le processus classique de mise en œuvre. Quand il a suffisamment durci (environ 5 jours après bétonnage), il est alors bouchardé avec un appareil pneumatique qui porte les bouchardes. Les reliefs, en forme de pointes de diamant, en frappant la surface, font éclater le mortier du béton et fracturent légèrement les granulats. Cette technique permet, par un choix judicieux des granulats et une formulation adéquate, d'obtenir des aspects de surface imitant les pierres naturelles en granit.

Le béton hydrosablé est une technique qui consiste à attaquer un revêtement béton durci avec un jet de sable projeté à l'eau à haute pression. Le sable entraîné par l'eau à haute pression permet de dégarnir plus ou moins les granulats qui, selon leur dureté, sont plus ou moins arrondis par cette technique. Les granulats sombres sont éclaircis par ce traitement. Cette technique est adaptée à la réalisation d'aménagements urbains piétonniers ou faiblement circulés, mais aussi aux voiries circulées sous réserve de prévoir dans le béton des granulats répondant aux spécifications requises en matière de dureté et de résistance au polissage.

3.8.3.3. Béton poreux

Le béton poreux est de plus en plus utilisé pour résoudre les problèmes d'infiltration des eaux de ruissellement.

L'infiltration de l'eau dans un béton poreux implique de n'installer celui-ci que sur un support sain et bien préparé. Prêt à l'emploi et appliqué directement, le béton poreux ne reçoit aucun traitement de surface. Il se compose de gravillons et de ciment, éventuellement coloré et ne contient que peu de sable. Le dosage en ciment est un peu plus élevé que dans le cas du béton désactivé (350 kg / m³). Des fibres synthétiques peuvent être ajoutées, mais l'adjonction de fibres métalliques est impossible car l'eau, s'infiltrant, pourrait les faire rouiller.

Dans le cas des bétons poreux, les fondations sont extrêmement importantes. Celles-ci doivent être très perméables. Un lit drainant composé de cailloux, ou de drains, doit être mis en place. L'installation d'un béton poreux au-dessus d'une nappe stagnante est à proscrire. Un feutre géotextile perméable permet d'éviter les remontées d'argiles qui peuvent provoquer le colmatage du béton. Un vernis protecteur peut être appliqué pour donner une finition supplémentaire à l'ouvrage. Dans ce cas, il est nécessaire qu'il ait plu avant d'appliquer ce vernis pour éviter les remontées de calcite.

L'épaisseur de béton poreux est plus importante que celle de béton désactivé, ce dernier étant plus résistant. Une majoration de 50 % est une moyenne souvent appliquée.

Remarque : Attention, les particules fines volatiles peuvent progressivement boucher la porosité du béton, et ainsi empêcher l'infiltration de l'eau.

3.8.3.4. Béton imprimé (et matricé)

Le procédé d'impression recrée, dans un béton partiellement durci, les formes et les textures de divers matériaux (pavés, dalles...). Le béton est préparé et coulé comme pour une construction normale. Il est ensuite damé, puis lissé, afin d'obtenir une surface uniforme et plane. Une poudre durcissante et colorée est ensuite épandue sur la surface du béton. Cette opération s'effectue en deux fois afin d'obtenir une surface homogène, chaque épandage étant suivi d'un lissage. Après un temps de prise, un agent démoulant est saupoudré puis les matrices ou empreintes sont appliquées sur la surface puis damées. Elles sont déplacées au fur et à mesure de l'avancement du chantier. Le nettoyage de la surface au nettoyeur haute pression, puis la pulvérisation d'un vernis durcisseur s'effectuent 48 heures plus tard (voir préconisation des fournisseurs).

3.8.4. La mise en œuvre des revêtements en béton coulés en place

Pour réaliser une couche en béton dans de bonnes conditions, des dispositions doivent être prises avant et pendant l'exécution des travaux.

3.8.4.1. Travaux préparatoires (préliminaires)

3.8.4.1.1. Protection du chantier

La protection du chantier se fait par balisage de manière à empêcher le passage des véhicules, des piétons, des animaux, etc. sur le béton frais. Il faut, le cas échéant, prévoir l'aménagement de passages pour piétons et de passerelles d'accès aux habitations.

3.8.4.1.2. Protection des ouvrages existants et des végétaux

Les ouvrages contigus au chantier, tels que façades d'immeubles, candélabres, calepinage en pavés, bordures, rails, réseaux, plantations, gazon, plans d'eau, etc., doivent être protégés.

3.8.4.1.3. Préparation du support

Comme pour toutes les couches d'assise, il importe de soigner la préparation du support destiné à recevoir le béton. Dans ce cas, il faut :

- débarrasser le support de toutes traces de boue, de matières organiques, etc. ;
- évacuer les eaux superficielles ;
- soigner le compactage du support. La présence d'un petit rouleau vibrant sur le chantier est indispensable. Le compactage est effectué, avant la pose des coffrages, sur une largeur égale à celle de la future couche en béton augmentée (le cas échéant) de 50 cm de chaque côté ;
- vérifier le profil du support : une tolérance de 2,5 cm, mesurée à la règle de 3 mètres posée dans n'importe quelle direction, est admise ;
- éliminer, le cas échéant, les ornières formées par les véhicules ou engins appelés à circuler sur le support. Il est recommandé de les combler avec une couche granulaire et de la compacter. Tout comblement avec une couche de sable doit être proscrit, et ceci quelle que soit son épaisseur.

3.8.4.1.4. Coffrages : types, pose et vérification

Les coffrages sont constitués par des éléments en bois ou en tôle d'acier d'une hauteur égale à celle de la dalle à exécuter. Chaque élément de coffrage doit pouvoir être fixé au sol par des fiches dont l'espacement est inférieur à 1 mètre. Les éléments sont assemblés bout à bout par un système d'assemblage rigide.

Le montage correct des coffrages exige tout d'abord une implantation du tracé du projet. Le repérage s'effectue au moyen de piquets solidement enfoncés dans le sol et disposés à intervalles de 5 mètres environ.

Les points correspondant au niveau supérieur des coffrages sont visualisés sur les piquets. On les relie ensuite par un cordeau qui détermine le niveau des coffrages et de leur emplacement.

Les coffrages seront posés directement sur le support.

On enfonce ensuite les fiches dans le sol et on procède à l'assemblage des éléments soit à l'aide d'éclisses, soit à l'aide des broches de liaison. On ne doit observer ni écart en hauteur ni écart en plan supérieur à 1 cm par rapport à l'alignement théorique.

Une dernière opération consiste à enduire d'agents de décoffrage les faces intérieures afin d'éviter de provoquer des arrachements du béton lors du démontage.

Prise en compte des conditions climatiques

L'entreprise devra se tenir informée des conditions météorologiques afin de prendre les dispositions nécessaires en cas de pluie, vent, forte chaleur ou gel.

Les conditions atmosphériques ont une action sur la vitesse d'évaporation de l'eau du béton.

L'entreprise devra prendre des précautions en fonction des conditions climatiques telles que celles définies dans le tableau ci-après.

Tableau 15 : Préconisations de bétonnage en fonctions des conditions météorologiques (source : Cimbéton)

Hygro-métrie / Température ambiante	De 5 à 20 °C	De 20 à 25 °C	De 25 à 30 °C	> 30 °C
De 60 à 100 %	Conditions normales de bétonnage			Cure renforcée
De 50 à 60 %	Cure renforcée		Cure renforcée et arrosage maintenu de la plate-forme	Bétonnage à partir de 12h Cure renforcée et arrosage maintenu de la plate-forme
De 40 à 50 %	Cure renforcée Arrosage maintenu de la plate-forme		Bétonnage à partir de 12h	
< 40 %			Cure renforcée et arrosage maintenu de la plate-forme	Pas de bétonnage sans mesures spéciales

Présentation au client

Comme dans le cas des pavages et dallages, avant de mettre en place le revêtement sur toute la surface concernée, l'entrepreneur présente, soit en coulant une surface témoin sur une surface réduite (un ou plusieurs m² en fonction de la taille des chantiers), soit en présentant des chantiers du même type déjà réalisés, avec le désactivant, les teintes, et tout ce qui sera déployé sur le chantier, afin de le faire valider par le maître d'ouvrage. Un film de polyéthylène souple peut être posé avant afin d'éviter que le fond de forme n'absorbe trop d'eau du mélange.

Point de contrôle contradictoire

Comme dans le cas des pavés et dallages, l'acceptation ou non du support doit être notifiée au client. La réception du fond de forme doit être validée. Le calepinage des pavés de rive ou des bordures est également envoyé au client.

Le chantier doit être protégé pour en interdire l'accès et éviter les dommages sur les ouvrages.

3.8.4.2. L'épandage (le coulage)

3.8.4.2.1. La mise en place du béton

Différents procédés de mise en œuvre du béton existent. Le choix de l'un ou de l'autre de ces procédés se fait en tenant compte du type de chantier à réaliser, de la géométrie du projet, de l'emprise disponible de part et d'autre du revêtement, etc.

Les procédés de mise en œuvre les plus couramment utilisés sont les suivants :

- mise en œuvre à l'aiguille et à la règle vibrante : c'est la méthode la plus simple. L'approvisionnement en béton se fait par camions-toupies. Le béton est d'abord étalé manuellement, puis vibré à l'aiguille, notamment le long des coffrages avant le passage de la règle vibrante.

- mise en œuvre au rouleau araseur : le rouleau araseur est un matériel destiné à la mise en œuvre d'une voirie en béton. Il est constitué d'un tube en acier entraîné en rotation par un moteur thermique et hydraulique.

3.8.4.2.2. Le talochage

Après la vibration du béton, la surface du revêtement peut présenter quelques irrégularités (cavités apparentes, vagues, etc.). Un lissage à l'aide d'une taloche ou d'une lisseuse - manuelle ou mécanisée - est donc fortement recommandé.

3.8.4.2.3. La confection des joints

La réalisation correcte des joints est une condition essentielle à la pérennité de la plate-forme.

On réalise des joints de retrait/flexion transversaux et longitudinaux (si la largeur du revêtement est supérieure à 5 mètres), des joints de dilatation et des joints de construction.

Le joint de retrait-flexion est réalisé en créant dans le revêtement une saignée ou une entaille qui matérialise un plan de faiblesse selon lequel le béton est amené à se fissurer sous l'action des contraintes de traction par flexion. Cette entaille doit avoir une profondeur comprise entre $\frac{1}{4}$ et $\frac{1}{3}$ de l'épaisseur du revêtement et une épaisseur comprise entre 3 et 5 mm. Les joints de retrait/flexion transversaux doivent être réalisés à intervalles réguliers. Leur espacement est déterminé en fonction de l'épaisseur du revêtement conformément aux valeurs données dans le tableau 4 :

Espacements des joints en fonction des épaisseurs de la dalle support (page 16).

L'exécution des joints de retrait/flexion s'effectue de trois manières :

Les joints moulés

Les joints moulés doivent être exécutés aussitôt après la mise en œuvre du béton. Ils doivent avoir une profondeur minimale égale au quart de l'épaisseur de la dalle béton.

Ils sont réalisés par enfoncement dans le béton frais d'une languette ou profilé en plastique, d'épaisseur comprise entre 3 et 5 mm, qui demeurera dans le béton après son durcissement.

Après achèvement du joint, la surface du béton doit être rectifiée par talochage de part et d'autre du joint sur environ 50 cm.

Les joints « Réglette »

Ce sont des joints plastiques qui sont posés sur le support avant la mise en œuvre du béton. Ils créent une entaille sur toute l'épaisseur du revêtement. Leur utilisation est autorisée pour les voiries piétonnes.

Les joints sciés

Le sciage des joints doit être exécuté lorsque le béton de la dalle a suffisamment durci pour éviter que la scie ne laisse des traces à la surface du béton, donc obligatoirement après l'opération de cure du béton frais.

Il est capital de bien choisir le moment du sciage. Ce délai varie entre 6 et 48 heures, après le bétonnage, en fonction des caractéristiques du béton et des conditions climatiques. Ces joints sont réalisés à l'aide d'une machine à disques diamantés réglée sur une profondeur de l'ordre du $\frac{1}{4}$ ou du $\frac{1}{3}$ de l'épaisseur de la dalle. L'épaisseur du sciage est d'environ 3 à 4 mm.

Il est, en outre, conseillé de sceller ces joints conformément aux spécifications définies dans la série de normes :

- NF EN 14188-1
- NF EN 14188-2
- NF EN 14188-3

3.8.4.3. Les travaux de finition, de correction, de réparation

L'entrepreneur procède aux différents travaux abordés plus haut, selon les types de béton (cure, vernis de protection, minéralisant, etc.)

12 à 48 heures plus tard, réaliser des joints de fractionnement à la disquette, sur le tiers de l'épaisseur de la dalle. L'espacement des joints doit être conforme à la norme NF P 11-213 (exemple : espacement de 3 m pour une dalle de 12 cm). Après la mise en place du béton, il est nécessaire de laisser le béton durcir pour atteindre les performances mécaniques

autorisant sa mise ou sa remise en circulation. Cette échéance sera déterminée à partir de la mesure de la résistance du béton. L'ouverture aux piétons et aux véhicules légers peut être réalisée quand la résistance du béton à la compression a dépassé 14 MPa (obtenue 1 à 2 jours après le bétonnage ; cf. la norme NF P 98-335 au paragraphe 12.6.2.2.2 pour les différents délais possible en fonction du support).

Malgré cela, il est conseillé de laisser le béton au repos pendant vingt-huit jours au minimum (cf. tableau). Le fascicule 35 (page 85) sur les aménagements paysagers le mentionne : « les supports en béton de ciment doivent être cohésifs (28 jours) et secs (humidité < 3 %) et recevoir une préparation consistant en l'enlèvement de la laitance. »

L'entrepreneur mettra en place la signalisation nécessaire pour interdire formellement l'accès à l'ouvrage jusqu'à l'ouverture définitive à la circulation.

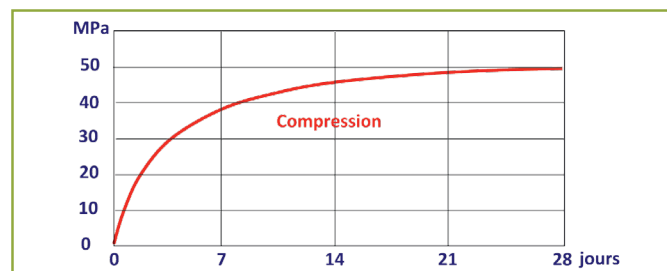


Figure 15 : Schéma représentatif de la résistance du béton à la compression sur une durée de 28 jours (Dessin de C. Houel)

Point de contrôle interne

La qualité et l'aspect de l'ouvrage sont contrôlés. L'entreprise vérifie la bonne exécution du travail, la planimétrie et l'esthétisme final.

Vérification des niveaux

Extrait du fascicule 35 :

« Pour les revêtements lisses (enrobé, asphalte, béton lisse et stabilisé traité au liant d'une granulométrie inférieure à 5 mm) la qualité de mise en œuvre doit éviter la formation de flaques d'eau de plus de 5 mm de profondeur sous une règle plane rectiligne de 3 m. Pour les allées engazonnées et le stabilisé mécanique, elle est portée à 1 cm. »

3.8.5. Travaux de reprise sur dallages coulés existants

Les travaux de reprise concernent la mise en place d'un revêtement sur un dallage existant. Un lavage, un dépoussiérage et/ou la mise en place d'une résine d'accrochage peuvent être nécessaires avant de couler le nouveau revêtement. La qualité du support déjà en place est une condition non négociable à la mise en place d'un nouveau revêtement.

Point de contrôle contradictoire

En cas de reprise, il faut notifier par écrit l'acceptation ou non du support et de la dalle en place. En cas de doute, mieux vaut déposer, pour commencer, le nouvel ouvrage sur une base saine.

D) Les platelages bois

Plusieurs éléments relatifs aux platelages bois sont détaillés dans la norme NF DTU 51.4.

Les applications des platelages bois concernent principalement :

- les cheminements (accès urbain, pourtours de piscines, quais, estacades, pontons, etc.) ;
- les zones de vie extérieures pour les piétons et deux-roues (salons extérieurs, terrasses de restaurants, abords des locaux recevant du public, aménagements urbains, etc.).

Cependant, le platelage ne doit en aucun cas être fixé à une construction existante.

Plusieurs normes et réglementations régissent la mise en œuvre des platelages bois (cf. 5 – Bibliothèque de références) :

- Si le niveau supérieur du platelage est situé à au moins 60 cm par rapport au terrain naturel, et que la Surface Hors Œuvre Brute (SHOB) est inférieure ou égale à 20 m², il est nécessaire d'établir une déclaration de travaux

- Si le niveau supérieur du platelage est situé à au moins 60 cm par rapport au terrain naturel, et que la SHOB est supérieure à 20 m², il est nécessaire d'établir un permis de construire

- Des vérifications complémentaires doivent être effectuées auprès des services techniques des mairies (ex : réglementation spécifique de lotissements et bâtiments de France)

- Toutes les terrasses d'un niveau supérieur à 20 cm sont soumises à l'approbation des calculs des sections par un bureau d'étude agréé.

3.9. Particularité du bois

Le bois est un matériau très sensible à l'humidité. Suivant le bois que l'on va utiliser, l'épaisseur des joints sera très différente.

De manière générale, plus l'humidité optimale est importante, plus l'écartement des lames est important.

Quoi qu'il en soit, il est fortement déconseillé de poser des lames de terrasse à bords jointifs, et primordial de se référer aux préconisations des fabricants. De même, on ne pose que des lames ou dalles de bois aux arêtes chanfreinées ou arrondies.

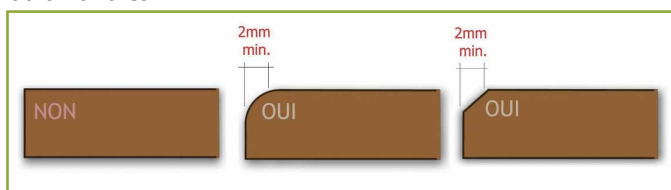


Figure 16 : Schéma des types d'arêtes autorisées
(Dessin de C. Houel)

3.9.1. Classement du bois

On distingue les différentes classifications du bois suivant leur durabilité et les milieux dans lesquels ils sont employés. Pour les platelages bois, les bois de classe 1 ou classe 2 sont proscrits. Les bois de classe 3 conviennent s'ils ne touchent pas le sol (ils sont prévus pour être utilisés en humidité constante). Les deux classes supérieures sont à utiliser respectivement pour des pièces en contact avec le sol et humidification constante (4) ou immergées (5).

Tableau 16 : Classes de bois en fonction de leurs caractéristiques (d'après la NF DTU 51.4)	
Classe	Caractéristiques
Classe 5	Bois immergé (immergeable) dans l'eau
Classe 4	Bois en contact avec le sol ou en eau douce Rétentions ou stagnations d'eau de surface ou localisées Humidité du bois supérieure à 20% en permanence ou pendant des périodes importantes Bois sujet en permanence à l'humidification
Classe 3a	La norme NF X - 102-3 introduit une différenciation : classe 3a et 3b Bois sans contact avec le sol et pas abrité mais soumis à une humidification constante Pas d'eau stagnante dessus prolongée Bois abrité mais exposé à une humidification fréquente et exposé aux intempéries Séchage complet avant réhumidification Alternance rapide d'humidification H > 20% et de séchage

Voici les principales essences résineuses, feuillues tempérées et feuillues tropicales rencontrées pour des ouvrages de type platelage :

- Essences résineuses

- Durabilité naturelle :

Douglas (*Pseudotsuga menziesii*) hors aubier et bois de transition
Mélèze (*Larix decidua*) hors aubier et bois de transition

- Durabilité conférée :

Pin sylvestre (*Pinus sylvestris*) traité pour une utilisation en classe 4

Pin de Weymouth (*Pinus strobus*) traité pour une utilisation en classe 4

Pin maritime (*Pinus pinaster*) traité pour une utilisation en classe 4

- Essences feuillues tempérées

Châtaignier (*Castanea sativa*) hors aubier et bois de transition
Robinier (*Robinia pseudoacacia*) hors aubier et bois de transition

Chêne pédonculé (*Quercus robur*) hors aubier et bois de transition

- Essences feuillues tropicales (dans tous les cas hors aubier et bois de transition)

Azobé (*Lophira alata*)

Bilinga (*Nauclea diderrichii*)

Ipé (*Tabebuia spp.*)

Remarque : La liste n'est pas exhaustive et elle est mise à jour régulièrement. Par ailleurs, on conseille de préférer des bois certifiés vis-à-vis des problématiques de déforestation ou de gestion forestière. D'un point de vue environnemental, on préconise également d'utiliser des bois issus de forêts gérées durablement, de ressources locales, ou de filières de recyclage. Les bois exotiques présentent en effet un bilan carbone très important. Au moment de la livraison, l'entrepreneur doit être à même de vérifier la traçabilité du bois.

3.9.2. Durabilité et imprégnabilité des matériaux bois

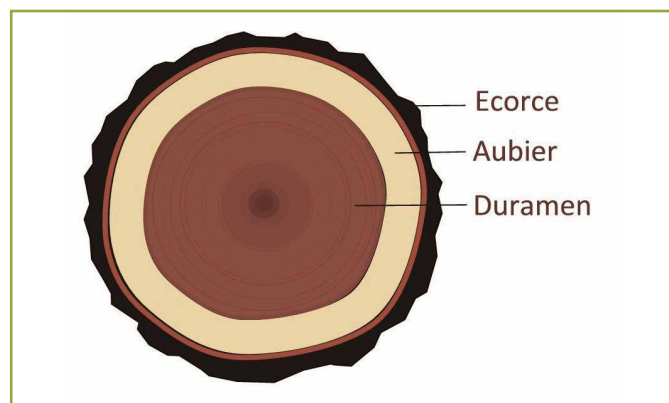


Figure 17 : Schéma en coupe d'un tronc d'arbre
(Dessin de C. Houel)

La durabilité du bois est naturelle ou conférée.

Elle est décrite dans la norme NF EN 350-2 :

- cinq classes de durabilité naturelle (hors aubier, cf. Figure 17) sont définies vis-à-vis des champignons lignivores : de D1 (très durable) à D5 (non durable)

- deux classes de durabilité naturelle sont définies vis-à-vis des capricornes (seuls les résineux sont concernés) et des vrillettes : D (durable) et S (sensible)

- trois classes de durabilité naturelle (hors aubier) sont définies vis-à-vis des termites : D (durable), M (moyennement durable) et S (sensible).

L'imprégnabilité désigne quant à elle la facilité à traiter le bois. Quatre classes d'imprégnabilité sont définies : de 1 (imprégnable, facile à traiter) à 4 (non imprégnable, pénétration minimale du produit).

Les données pour les différentes espèces sont répertoriées dans la norme NF EN 350-2.

3.9.3. Aspect du bois

La surface des bois est lisse (bois raboté) ou striée (rainurée), antidérapante, et les bords sont chanfreinés. La pose se fait sur l'une ou l'autre des faces, ou encore en alternance. Le taux d'humidité du bois doit toujours être inférieur à 20 %. Avant installation, il convient ainsi d'être vigilant aux conditions de stockage qui peuvent influencer sur la qualité du produit (l'exposition au soleil peut déformer le bois, le griser, et l'humidité peut provoquer de légères variations dimensionnelles en largeur et/ou des microfissures).

Remarques :

- L'idée reçue que le bois strié est antidérapant est fausse. Les rainures retiennent l'humidité et favorisent le développement des mousses qui au fil du temps rendent le platelage glissant. Les rainures ne jouent pas sur la résistance mécanique, mais apportent une plus-value esthétique. Il est possible d'améliorer les propriétés antidérapantes d'un platelage en alternant des lames d'épaisseurs différentes ou en utilisant du bois brut de sciage au lieu de bois raboté.
- Hormis les bois naturels des régions tempérées et tropicales, des éléments de platelage en bois composite existent également.

Point de contrôle interne

- Vérifier l'éclatement, les caractéristiques mécaniques et les qualités d'aspect de chaque essence
- S'assurer de l'épaisseur minimale des lames (stabilité et sécurité)
- Vérifier que les arêtes cassées ou arrondies soient supérieures ou égales à 2 mm
- Contrôler la tolérance dimensionnelle et la stabilité
- Tester la dureté

3.9.4. Platelages bois particuliers

3.9.4.1. Caillebotis

Les dalles ont une forme carrée dont les dimensions sont comprises entre 40 x 40 et 59 x 59. Le bois est au moins de classe 4. Les platelages sur nappes d'étanchéité sur toitures-terrasses sont décrits dans les avis techniques des nappes. En revanche, il n'existe pas de référentiel pour tous les autres usages.

Les dalles ne doivent pas être posées sur le sol directement, et les plots (polymères généralement) ou lambourdes doivent être conformes aux exigences. L'épaisseur minimale des dalles est de 22 mm, mais celle-ci est à vérifier en fonction de la portée et des caractéristiques mécaniques des bois (les calculs de portée et le dimensionnement des éléments peuvent être faits à l'aide de la norme NF DTU 51.4, notamment les tableaux des pages 12, 13, 15 et 16).



Figure 18 : Schéma de dalles en bois préfabriquées (Dessin de C. Houel)

3.9.4.2. Platelage en bois massif ou en bois modifié thermiquement

Les bois modifiés thermiquement ne sont pas des bois massifs, certaines caractéristiques évoluent de façon signi-

ficative. Ainsi, plus la température est élevée (250°) plus la durabilité est améliorée mais plus les caractéristiques mécaniques se dégradent. La reproductibilité et la traçabilité du procédé doivent être établies, et les caractéristiques étudiées au cas par cas.

3.9.4.3. Platelage bois polymère (ou bois recomposé)

Il existe beaucoup de produits, dont les caractéristiques varient suivant le procédé d'extrusion, la nature et les proportions des composants (fibres de bois et polymères). Un produit est prescrit si :

- il a fait l'objet d'une étude complète destinée à évaluer l'aptitude à l'usage
 - le fournisseur fournit un cahier des charges de mise en œuvre qui définit tous les détails techniques
- Il est impératif de suivre les préconisations de mise en œuvre.

3.10. Mise en œuvre des revêtements bois

3.10.1. Mise en œuvre du support

L'installation d'une terrasse bois peut se faire sur différents supports :

- dalle béton (dosage 350 kg / m³) armé (treillis ou fibré)
- Supports en plots polymères
- Plots avec un avis technique (voir fournisseur, fabricant)
- sable
- géotextile
- empierrement drainant 40 mm minimum avec cales d'assises en béton (350 kg / m³)
- plots béton (350 kg / m³)
- support par ancrage métallique (galvanisation à chaud ou inox)
- charpente de rehausse en bois
- Gros béton (150 kg / m³) pour assise en fonds de fouilles de plots
- terre stabilisée et égalisée de portance minimale 2 bars

Des cales rigides et durables de désolidarisation des lambourdes sont ensuite obligatoirement mises en place.

Remarque : Au-delà de 20 cm pour la constitution de terrasse surélevée, ces plots sont considérés comme des poteaux et feront l'objet d'une étude spécifique par un organisme agréé (bureau d'études).

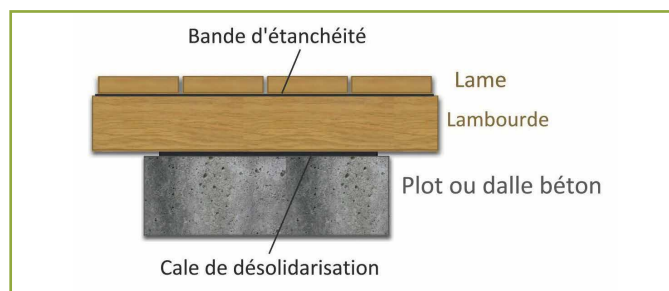


Figure 19 : Schéma d'un exemple de mise en œuvre d'éléments isolants - cale de désolidarisation et bande d'étanchéité (Dessin de C. Houel)

3.10.2. Mise en œuvre du platelage

Le chevronnage ne doit pas toucher le sol. Pour ce faire, il suffit d'effectuer un calage.

Des informations complémentaires se trouvent dans la norme NF DTU 51.4-1.

Remarque : Dans le cas d'un platelage en matériaux recomposés, les lames réagissent en longueur et non en largeur contrairement au bois massif qui réagit plus en largeur qu'en longueur. Les variations dimensionnelles des bois naturels sont dues à l'humidité alors que les variations dimensionnelles (VD) des bois recomposés sont plutôt dues à la température.

3.10.2.1. Pose sur plots

Pour les supports des poteaux ou lambourdes, plusieurs techniques sont possibles selon la configuration :

- dalle en béton armé sur toute la surface
- plots de béton, ou pavés sur sol support compacté
- blocs de béton coulés dans le sol à une profondeur suffisante pour la mise hors gel
- semelle filante en béton.

Les plots de béton sont obligatoirement en béton plein dosé à 350 kg/m³. Les corps creux ne sont pas admis (parpaing, brique....). Au-delà de 20 cm pour la constitution d'une terrasse surélevée, les plots sont considérés comme des poteaux et font l'objet d'une étude spécifique pour l'incorporation de ferraillages adaptés.

Les plots polymères doivent également être adaptés au cahier des charges (solllicitations horizontales, durabilité, portance, etc.).

Les supports d'ancrage doivent présenter une composition métallique avec traitement de qualité. L'ancrage direct par poteau dans le sol est déconseillé en raison des risques liés à l'humidité.

L'ouvrage de charpente pour la rehausse de l'ensemble de la terrasse nécessite une justification selon la norme NF P 21-203.

Les poteaux, s'ils existent, dans le cas des terrasses surélevées, appelées terrasses sur pilotis, reposent et sont fixés sur la fondation. L'écartement entre les poteaux dépend de la charge à supporter et de la structure mise en place (avec ou sans longerons). Le matériau utilisé est de même nature que le plancher lui-même. Les fixations, si elles n'ont pas été incluses dans le béton, sont vissées en surface à l'aide de chevilles. Toutes les pièces métalliques sont inoxydables ou traitées contre la corrosion.

Des pièces de fixation (platines) sont parfois coulées dans le béton pour recevoir les poteaux et assurer leur ancrage. À ce stade, il peut par ailleurs être nécessaire de mettre en place en surface du sol, un second géotextile pour éviter la pousse de plantes adventices qui, surtout si le sol en dessous de la terrasse est inaccessible, peuvent causer des désagréments.

Sur les poteaux prennent place des longerons ou traverses qui servent de pièces d'appui aux lambourdes. La dimension et l'écartement entre les longerons dépendent des charges à supporter et de la dimension des lambourdes. L'ensemble de l'ossature doit présenter une pente d'au moins 0.5 % pour éviter que l'eau ne stagne en surface.

3.10.2.2. Pose sur lambourdes et/ou solives

Le terme « solivage » (section plutôt rectangulaire) s'applique pour des sections de bois importantes. Le terme « lambourdage » (section plutôt carrée) s'exprime pour des sections plus réduites.

Les lambourdes assurent la ventilation nécessaire sous le plancher et la fixation des lames. Si elles sont en bois, l'essence utilisée est souvent, mais pas nécessairement, identique à l'essence des lames. Les recommandations de pose des fournisseurs sont alors à prendre en compte.

Les lambourdes présentent généralement une hauteur à peu près égale au double de l'épaisseur des lames, et une largeur de 45 mm minimum, plus importante (70 mm) au niveau des raccords des lames. L'écartement entre les lambourdes dépend de l'épaisseur des lames. Il est en général de 0.40 m mais peut être supérieur (jusqu'à 0.80 m). Cet écartement se trouve réduit dans le cas d'une pose de lames en diagonales (0.20 m pour une pose à 45°). Des tableaux de dimensionnement se trouvent dans la norme NF DTU 51.4.

Les lambourdes sont solidement fixées au support directement par vis ou tire-fonds, ou par l'intermédiaire de platines protégées contre la corrosion. Elles sont posées sur plots, sur sol dressé ou sur dalles. Les lambourdes en matériau composite non porteur sont obligatoirement posées sur un sol plat.

L'utilisation de bois de sections et inerties mécaniques importantes permet de réduire le nombre d'appuis. Il convient de s'assurer des caractéristiques mécaniques du bois employé. La liste des essences utilisables peut être consultée dans la norme NF DTU 51.4.

3.10.2.3. Mise en place du revêtement

Les règles de pose sont les suivantes :

- chaque extrémité de lame doit reposer sur une lambourde
- les lames situées sur le pourtour de la terrasse doivent dépasser suffisamment pour, si nécessaire, réaliser un habillage. La coupe définitive des lames n'intervient qu'à la fin de la pose
- l'espacement entre deux lames est obligatoire pour compenser les variations dimensionnelles du bois, et est compris entre 3 et 12 mm
- en cas de voisinage avec un point fixe (mur), la lame est écartée de 5 à 10 mm

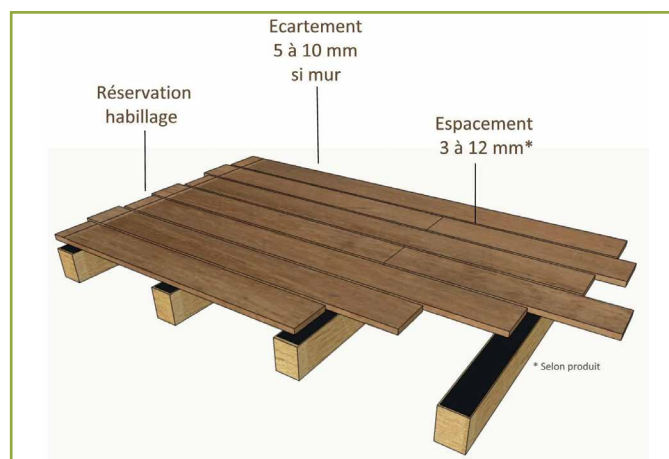


Figure 20 : Schéma de mise en place du revêtement sur lambourdes (Dessin de C. Houel)

3.10.2.4. Fixation

La fixation peut se faire par vissage, en respectant les principes suivants :

- vis inoxydables de 40 à 80 mm de longueur ($L = 2.5$ fois l'épaisseur d'une lame) et 4,5 à 8 mm de diamètre (5 x 50 mm pour les plus courantes)
- un préperçage d'un diamètre inférieur à celui de la vis est réalisé pour éviter l'éclatement du bois. Il est indispensable dans les bois denses. Il peut être accompagné d'un avant-trou permettant à la tête de vis de se trouver sous le niveau de la surface sans écarter les fibres du bois
- deux vis sont fixées dans la largeur sur chaque lambourde
- les vis doivent se trouver à plus de 20 mm des extrémités pour éviter l'éclatement du bois
- vis apparentes :
 - vis inox A2 ou A4
 - têtes fraisées ou bombées et double filetage ou congé de file sous tête (pour un effet d'auto serrage)
 - pointes non admises (interchangeabilité des lames délicates)
- vis non apparentes
 - tout système spécifique non traversant doit faire l'objet d'évaluation, aboutissant à un cahier des charges de conception et de pose
 - compatibilité entre fixation et profils
 - performances mécaniques à l'arrachement et cisaillement
 - anticiper les mouvements du bois (retrait, gonflement).

La fixation peut aussi se faire par fixations cachées : de nombreux systèmes de clips (griffes ou agrafes) permettent de fixer les lames de façon discrète, sur les lambourdes. Des encoches en V ou en U sont présentes sur les chants des lames pour le clipsage ou l'encliquetage. Les clips, en acier inoxydable, sont insérés dans les encoches et fixés sur les lambourdes avec une vis.

Afin d'assurer une bonne fixation de l'ensemble du

platelage, on utilise des vis en acier inox A2 ou A4 (qualité de l'inox, résistance à l'oxydation). Suivant l'ambiance, les protections minimales de la quincaillerie d'assemblage et d'ancrage des éléments structuraux (équerres, boîtiers pointés, etc.) sont en inox, ou galvanisées à chaud.

Tableau 17 : Protection des différents éléments de fixation en fonction de l'ambiance humide (2005, Le Commerce du Bois)

Organe d'assemblage	Ambiance humide courante	Ambiance humide agressive (marin ou industriel)
Vis pour lame de platelage (fixation traversante)	Acier inox A2	Acier inox A2 ou A4
Vis pour lame de platelage (fixation en sous-face)	Acier inox A2 ou électro - zingage renforcé	Acier inox A2 ou A4
Quincaillerie solivage, lambourrage et ancrage	Galvanisation à chaud, acier inox A2, acier électro - zingage renforcé	Galvanisation à chaud renforcé, acier inoxydable A2 ou A4
Pointes, broches, boulons, etc.	Galvanisation à chaud, acier inox A2, acier électro - zingage renforcé	Galvanisation à chaud, acier inox A2 ou A4
Chevilles de fixation sur béton	Acier électro - zingué	Acier inox A2 ou A4

3.10.2.5. Particularités de la pose des dalles (caillebotis)

Pour la construction de surfaces en dalles de bois, le fond de forme est constitué d'une couche d'éléments filtrants fins (sable, gravier). Les dalles sont ensuite disposées directement par fixation sur des chevrons. La taille maximale d'une dalle est de 0,36 m². L'écartement dépend de la préconisation du fabricant.

3.10.2.6. Particularités de la pose des lames

Pour la pose des lames de platelage, un géotextile est mis en place sur le sol support pour en améliorer la portance, puis un apport de grave sur une épaisseur variable selon la fréquentation et la nature du sol amène à une stabilité suffisante. L'écartement dépend de la norme NF DTU 54.1-1 selon le type de bois et la section.

3.10.2.7. Les finitions

Il est préférable de réaliser un bandeau de finition pour l'esthétique, chanfreiner les arêtes et les angles après la découpe.

Il existe des produits de rénovation et de protection (dégri-seurs, saturateurs, etc.) à employer selon les essences de bois et les préconisations du fournisseur.

Point de contrôle interne

Vérification des fixations, de la visserie ; finition des lames (pas d'arêtes vives, ponçage des traits de scie) ; vérification des niveaux.

E) Les revêtements hydrocarbonés

3.11. Les enrobés, les asphaltes et les enduits hydrocarbonés

Encore appelés bétons bitumineux, ils constituent la majorité des revêtements de sols pour les stationnements et les circulations résidentielles à faible trafic (entrées de garage, parkings privés, surfaces faiblement utilisées, trottoirs). L'enrobé fourni par les centraliers répond aux normes en vigueur.

Point de contrôle contradictoire

Faire valider par le maître d'ouvrage le type de produit hydrocarboné (enrobé, asphalte ou enduit superficiel, les granulats utilisés, les épaisseurs qui seront mises en œuvre et les moyens pour les réaliser). Les références de l'enrobé, les caractéristiques du matériau doivent être précisées au maître d'ouvrage.

Travaux préparatoires

Le support de pose de ce type de revêtement doit être sain, propre, réglé et compacté. La portance doit être suffisante pour le type de circulation qu'il reçoit (exemple : 20 cm minimum de GNT compactée et réglée pour une circulation légère). Un géotextile permet de limiter les éventuelles pousses d'adventices, qui dans certains cas peuvent engendrer des désordres. Un blocage de rives est à prévoir, il permet de guider l'évacuation des eaux de ruissellement et bloque l'ouvrage sur ses côtés. Si l'ouvrage ne comporte pas de blocage des rives, dans ce cas les couches d'assise sont élargies afin de limiter les affaissements.

Il est nécessaire de prévoir plusieurs systèmes de compactage, notamment dans les angles ou aux abords des points singuliers pour lesquels la compaction peut être plus difficile. Une protection des ouvrages extérieurs est à mettre en place.

Point de contrôle interne

Après acceptation du support et la mise en place des couches d'assise, vérifier les pentes pour l'écoulement des eaux (2 % minimum) et sa bonne compaction. La couche de base doit être réglée et compactée avec soin. Selon les produits utilisés, il est impératif de respecter les conseils de pose, notamment en ce qui concerne les conditions climatiques et les températures pour la mise en œuvre des produits.

3.11.1. Les enrobés bitumeux (ou bitumineux)

3.11.1.1. Généralités

Les qualités recherchées pour un enrobé sont les suivantes : une bonne adhérence, un bon drainage des eaux de ruissellement, une réduction du bruit de roulement, une bonne uniformité, un bon aspect esthétique, une mise en œuvre facile et économique. D'une façon générale, ils constituent des revêtements souples, résistants, agréables aux déplacements et pouvant être colorés.

Ils sont durables, dans la mesure où ils peuvent être recyclés, et participent notamment aux efforts écologiques actuels (infiltration des eaux de ruissellement dans le cas d'enrobés drainants).

Il existe de très nombreuses formulations, qui dépendront du type de trafic. La plupart du temps ils se posent « à chaud ».

3.11.1.2. La composition des enrobés

Un enrobé est constitué d'un liant hydrocarboné (bitume issu du traitement du pétrole brut), de granulats (normés, de diamètres 0/d ou d/D selon la perméabilité souhaitée), et éventuellement d'adjuvants (oxydes, etc.) Leurs proportions

varient (dans la dimension des granulats employés, leur quantité et la viscosité de bitume, les différents adjuvants intégrés au mélange) et donnent lieu à différentes appellations. Il existe des enrobés qui s'étalent à chaud et d'autres à froid. En moyenne, un enrobé est constitué de 94 à 95 % de granulats et de 5 à 6 % de bitume et parfois d'adjuvants.

3.11.1.2.1. Le liant

Dans les produits hydrocarbonés il est généralement constitué par du bitume ou un liant de synthèse et éventuellement complété par des adjuvants. Ses propriétés lui permettent de durcir lors de son refroidissement et de lier les granulats entre eux.

3.11.1.2.2. Les granulats

Il s'agit du squelette minéral des enrobés et de l'asphalte (composé de sables et de gravillons).

3.11.1.2.3. Les adjuvants

Produits naturels ou de synthèse incorporés à l'asphalte ou aux enrobés, en faibles proportions, afin d'améliorer leurs propriétés physiques. On trouve des polymères, des fibres synthétiques, minérales ou métalliques.

On peut également incorporer aux mélanges des pigments pour colorer les produits.

3.11.1.3. Les différents enrobés pour couches de roulement

La couche de roulement est la couche superficielle sur laquelle s'exercent les agressions du trafic et du climat. Elle doit avoir les caractéristiques mentionnées au chapitre 3.11.1.1. Généralités.

Il existe trois grands types d'enrobés utilisés en couche de roulement : les enrobés épais, les enrobés minces et les enrobés très minces.

- Les enrobés épais

Ils sont employés dans la réalisation de chaussées. Leur épaisseur varie généralement de 5 à 10 cm. Ils existent sous trois grands types :

• Les Bétons Bitumineux Semi Grenus (BBSG)

Leur épaisseur varie de 5 à 7 cm (granulats 0/10) ou de 6 à 9 cm (granulats 0/14).

• Les Bétons Bitumineux à Module Elevé (BBME)

Leur teneur en bitume est généralement plus élevée que le BBSG avec une granularité identique. Ils répondent à des sollicitations plus lourdes et résistent mieux à l'orniérage.

• Bétons Bitumineux Souples (BBS)

Comme leur nom l'indique, ils sont réservés aux chaussées souples, de faible portance (trafic réduit). Ils ont une très faible résistance à l'orniérage.

- Les enrobés minces

Ils sont employés pour réaliser des couches de roulement sur des chaussées neuves ou pour restaurer des chaussées abîmées.

Ils existent sous deux grands types :

• Les Bétons Bitumineux Minces (BBM)

Leur épaisseur varie de 3 à 4 cm (granulats 0/10) ou de 3,5 à 5 cm (granulats 0/14).

• Les Bétons Bitumineux Drainants (BBDr)

Leur rôle est de réduire le ruissellement des eaux superficielles et le bruit des chaussées jeunes. Leur teneur en vides est d'environ 20% avec une très faible proportion de fines (3 à 4 %).

- Les enrobés très minces

Ils sont surtout utilisés pour l'entretien des chaussées et leur épaisseur correspond pratiquement à celle des granulats employés.

Ils existent sous deux grands types :

• Les Bétons Bitumineux Très Minces (BBTM)

Leur épaisseur moyenne est de 2 à 3 cm avec une granularité de 0/6 à 0/10. Leur dosage en sable est faible.

- Les Bétons Bitumineux Ultra Minces (BBUM)

Leur épaisseur varie de 1 à 1,5 cm avec une granularité de 0/6 à 0/10.

- Les enrobés spéciaux

Créés pour des usages précis ils répondent aux sollicitations imposées par le contexte dans lequel ils sont épandus. Il existe des enrobés colorés, des enrobés de bitume pur, des enrobés à base de liant de synthèse, des enrobés à froids, des enrobés à l'émulsion, etc.

Il existe également des enrobés à liant végétal qui n'utilisent pas de bitume dans leur composition.

Pour chaque produit spécifique, les conseils de pose des fabricants sont à respecter.

3.11.1.4. Le répandage

Le répandage consiste à étaler de l'enrobé de façon uniforme, puis à le compacter.

Les points durs ou les extrémités des surfaces doivent être régalez manuellement avec certaines précautions : un surplus est nécessaire sur ces points. Leur régala est réalisé en poussant l'excédent en une seule passe tout en gardant un surplus de matériau à l'avant afin de laisser une surface homogène.

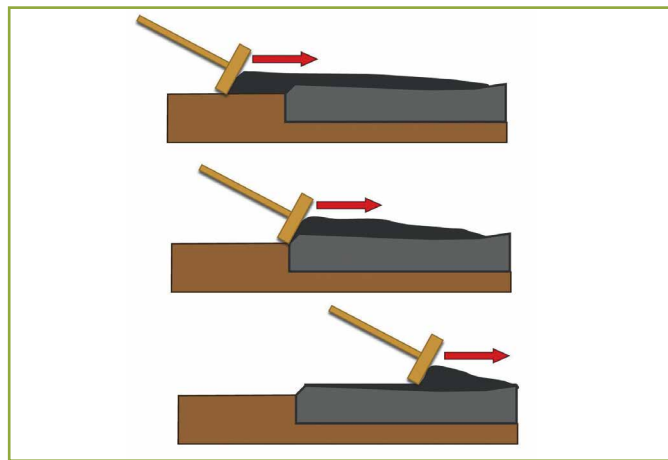


Figure 21 : Schéma de la technique de répandage
(Dessin de C. Houel)

Point de contrôle interne

S'assurer que les enrobés à chaud ont une température suffisante pour leur répandage (le délai entre la livraison et la pose doit être le plus court possible).

3.11.1.5. Le compactage des mélanges bitumeux

Le compactage est une opération qui consiste à accroître la compacité d'un matériau et donc à réduire son volume d'air par des passes successives. On utilise des rouleaux compaction, plaques vibrantes, pieds de mouton, cylindres...



Figure 22 : Schéma de la technique de compactage
(Dessin de C. Houel)

En général le tassement d'un enrobé est de 10 à 20 % selon la nature de l'enrobé, les conditions de mise en œuvre et l'objectif recherché. La compaction doit atteindre plus de 92 % de sa densité maximale. La compaction des endroits difficiles d'accès est à réaliser au petit compacteur manuel (plaque vibrante) et la liaison avec les bordures est réalisée avec un liant d'accrochage. Le compactage se réalise toujours de bas en haut dans le cas de terrain en pente, sans arrêt de travaux.

Il est nécessaire d'attendre au moins 24 heures avant sa mise en service.

Point de contrôle interne

Vérification de la planéité, du respect des pentes et de l'uniformité du revêtement.

Extrait du fascicule 35 :

« Pour les revêtements lisses (enrobés, asphalte, béton lisse et stabilisé traité au liant d'une granulométrie inférieure à 5 mm) la qualité de mise en œuvre doit éviter la formation de flaques d'eau de plus de 5 mm de profondeur sous une règle plane rectiligne de 3 m. Pour les allées engazonnées et le stabilisé mécanique, elle est portée à 1 cm. »

3.11.2. L'asphalte coulé

L'asphalte est un produit plus ou moins liquide et visqueux, contenant un mélange de fines calcaires ou siliceuses (entre 20 et 75 % en moyenne), de sable, de gravillons et de bitume (de 7 à 14 % en moyenne). Il est étanche et ne contient pratiquement pas de vides. Les épaisseurs peuvent aller jusqu'à 50 mm en deux couches.

Il s'agit d'un produit coulé à chaud utilisé en revêtement de surface pour les terrasses, les parkings, les trottoirs... qui ne nécessite aucun compactage et qui peut être étalé à la main.

Il existe trois types d'asphalte :

- Les asphaltes coulés à chaud :

Leur transport et leur mise en œuvre sont réalisés à une température supérieure à 200 °C.

- Les asphaltes coulés à basse température (BT) :

Leur transport et leur mise en œuvre sont réalisés à une température comprise entre 180 °C et 200 °C.

- Les asphaltes coulés à très basse température (TBT) :

Leur transport et leur mise en œuvre sont réalisés à une température inférieure à 180 °C.

3.11.3. Les enduits superficiels

Il s'agit d'un traitement de surface qui permet de fixer sur la chaussée des gravillons jointifs (monogranulaires) au moyen d'une couche de liant préalablement épandu.

Il s'agit d'un procédé économique qui permet d'imperméabiliser une surface, de la rénover ou de créer une couche de roulement. Le procédé est utilisé pour les circulations à faible trafic.

Il existe différents types d'enduits superficiels :

- Les enduits monocouches (application d'une couche de liant puis d'un gravillonnage)

Les enduits bicouches (d'une couche de liant puis d'un gravillonnage, puis d'un liant et enfin d'un second gravillonnage à granularité plus réduite)

- Les enduits monocouches à double gravillonnage (application d'une couche de liant, puis d'une couche de granulats, et enfin d'une couche de granulats plus réduits)

- Les enduits prégravillonnés (dits en « sandwich » : application d'une couche de granulats, puis d'un liant et enfin d'une couche de granulats plus réduits).

Pour chaque couche de gravillon, un compactage est nécessaire.

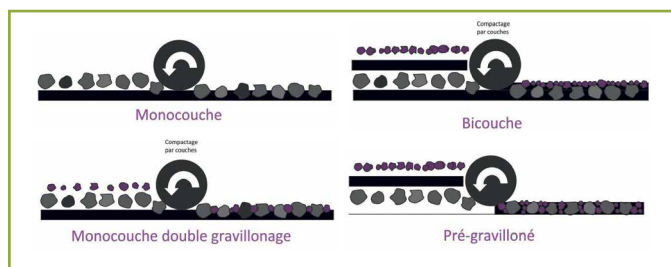


Figure 23 : Schéma de réalisation de différents types d'enduits (Dessin de C. Houel)

Point de contrôle interne

Vérifier la planéité et l'homogénéité de l'épandage.

F) Les revêtements alvéolaires

3.12. Revêtement alvéolaire sous forme de dalles.

3.12.1. Généralités

Les dalles alvéolaires permettent de stabiliser des supports. Garnies de graviers ou de gazon, elles se présentent sous forme de plaques préfabriquées de dimensions variables et peuvent être occasionnellement circulées. Il s'agit d'un matériau drainant.

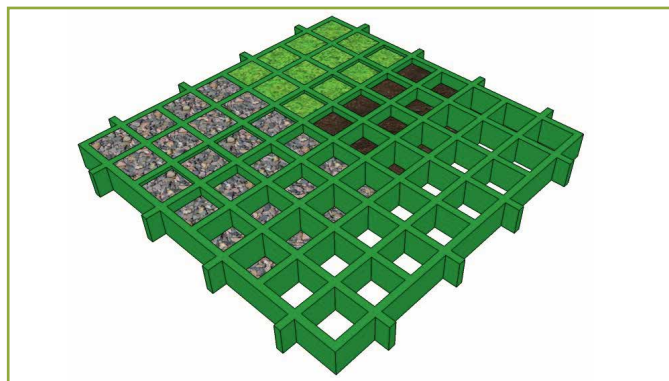


Figure 24 : Schéma de dalle alvéolaire (Dessin de C. Houel)

De même, sauf stipulations différentes du CCTP, les dalles sont posées au sable sur fondation en pierrailles, mâchefer, grave ou sable ; la terre utilisée pour le remplissage des alvéoles est un mélange de terre végétale, de sable ou de tourbe.

Les fondations doivent être portantes et perméables. Si les alvéoles sont végétalisées, les matériaux porteurs des fondations doivent être non gélifs et assurer une structure lacunaire ouverte.

Après exécution du drainage, s'il y a lieu, le fond de forme est dressé et compacté, le matériau de support et les dalles sont posés.

Dans le cadre des dalles alvéolées engazonnées, afin de faciliter l'implantation des racines, on peut terminer la fondation par un mélange de concassé et de terre végétale.

La règle professionnelle P.C.4-R0 : « Travaux de mise en œuvre des gazon (hors sols sportifs) » partie 3.7.1. aborde en détail la question des parkings végétalisés sur dalles alvéolaires.

3.12.2. Dalle gazon en béton

3.12.2.1. Définition

La dalle gazon en béton est un produit plat en béton non armé comprenant de larges ouvertures dans le sens vertical. Lors de la pose, la géométrie des faces latérales permet de créer de nouvelles ouvertures, et au total les ouvertures représentent plus de 25 % de la surface totale. Ces ouvertures peuvent être garnies de gravillons ou de sable grossier pour infiltrer et stocker les eaux pluviales, ou peuvent être garnies de mélange terre-sable pour permettre la pousse du gazon.

Les dimensions des dalles gazon, les géométries de leurs ouvertures (rondes, hexagonales, carrées...), ainsi que leurs épaisseurs (de 8 à 15 cm) dépendent des fournisseurs.

Ces dalles gazon sont principalement utilisées pour revêtir des zones faiblement circulées tels qu'emplacements de parkings, voiries légères, allées piétonnes, etc. Les ouvertures permettent de créer une surface esthétique, perméable à l'eau, qui résiste aux différentes charges de trafic.

3.12.2.2. Mise en œuvre

En l'absence de préconisations, les « recommandations pour la pose des dalles gazon » du syndicat national des fabricants de produits en béton pour voirie de surface et signalisation sont utilisées :

Cas de circulation piétonnière ou de véhicules légers

C'est le cas des allées résidentielles, des parkings sans trafic de camions, des descentes de garage, etc. Lorsque le terrain est porteur, seul un décapage sur 10 à 15 cm d'épaisseur est souhaitable. Le fond de forme est alors compacté avec une dame ou un cylindre, puis réglé soigneusement à l'aide d'un sable argileux ou d'un mélange de terre végétale et de sable.

Lorsque le terrain n'est pas porteur, il est alors nécessaire de terrasser jusqu'à 25 à 30 cm du sol fini afin de réaliser une couche de fondation en grave crue ou en tout-venant compacté de 15 cm environ.

Cas de circulation de véhicules lourds

Lorsque le terrain est porteur, le décapage réalisé jusqu'à une profondeur de 25 à 30 cm permet, après compactage du fond de forme, la réalisation d'une couche de fondation de 15 cm environ de tout-venant.

Lorsque le terrain n'est pas porteur, il est nécessaire d'augmenter cette couche de fondation de 15 cm environ selon la nature du terrain.

Il est impératif toutefois d'éliminer tout matériau à base de ciment ou de bitume qui s'oppose à la pousse correcte du gazon.

La pose s'effectue sur un lit de sable de 3 cm éventuellement argileux ou limoneux.

Quelques dalles sont alors posées comme point de niveau, puis le complément est assemblé à la règle ou au cordeau. Les dalles gazon sont posées soit manuellement, soit de manière mécanisée (avec une pince par exemple). Les dalles sont posées les unes à côté des autres en ménageant un joint de 5 mm.

3.12.2.3. Garnissage des dalles gazon

Engazonnement

La terre végétale, de bonne qualité, sans motte, est mise en remblai à refus.

Il est souhaitable de laisser tasser quelques jours en arrosant si possible pour amener la terre à un niveau stable.

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

Dans tous les cas, les règles générales de l'Art pour l'engazonnement doivent être respectées. On ne doit pas, notamment, arroser si l'on ne peut pas assurer un arrosage fréquent.

Le fascicule 35 précise qu'après le remplissage des alvéoles suivi d'un léger tassement, la terre ne doit pas dépasser le niveau des dalles.

Le semis s'effectue par remplissage final des alvéoles à l'aide d'une fine couche de graines mélangées au substrat.

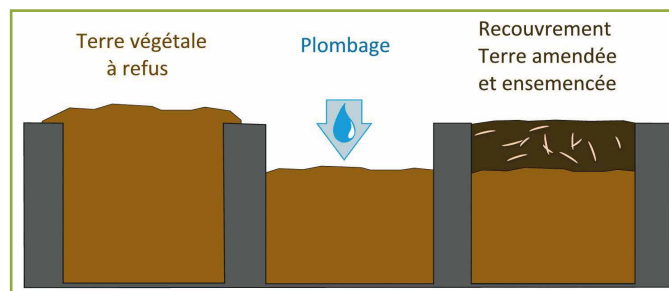


Figure 25 : Schéma des étapes de remplissage par semis des dalles alvéolaires (Dessin de C. Houel)

Gravillons

Les gravillons ou le gravier coloré constituent une alternative au gazon. Outre un effet esthétique, il permet une plus grande capacité d'infiltration des eaux pluviales. Les ouvertures sont remplies par exemple de gravillons 3 à 15 mm, jusqu'au bas des plots avec une granulométrie plus grande en surface.

Pavés

Les ouvertures des dalles gazon en béton peuvent aussi être combinées à d'autres produits, par exemple des pavés en béton de couleur, de manière à délimiter une surface par exemple.

3.12.3. Dalles alvéolaires en matériaux plastiques

Plusieurs matériaux plastiques peuvent entrer dans la composition des dalles alvéolaires mais celles-ci sont généralement en polypropylène ou polyéthylène haute densité.

Elles peuvent être garnies de gazon, ou stabiliser des gravillons.

Attention : les dalles garnies de gazon ne sont pas les mêmes que les dalles remplies de stabilisés, il s'agit de deux produits différents. Les dalles pour gazon sont souvent plus rigides et ne sont pas posées sur un géotextile, alors que les dalles pour stabilisés sont souvent dotées d'un géotextile (si ce n'est pas le cas, il est fortement conseillé d'en prévoir un) et sont plus résistantes.

Elles sont conseillées pour les zones à trafic peu important et/ou sans passage de véhicules lourds (même si les dalles pour stabilisés peuvent, si la fondation le permet, accepter le passage des poids lourds).

3.12.3.1. Les différentes épaisseurs

L'épaisseur des dalles alvéolaires en matériaux plastiques doit permettre de respecter les exigences de la norme NF EN ISO 844.

Les charges de rupture à vide sont toujours significativement plus faibles que les charges de rupture une fois que la dalle est en charge. Les valeurs de charge sont données par les fournisseurs.

Suivant les fabricants, les épaisseurs varient entre 3 et 5 cm.

- Accès piétonnier et piste cyclable: 5 à 10 cm d'empierrement, remplissage des alvéoles et 1 cm de granulats de finition ; compactage (plaque vibrante).

- Voirie légère: 15 à 20 cm d'empierrement, remplissage des alvéoles et 1 cm de granulats de finition ; compactage.

- Voirie lourde : 30 à 40 cm d'empierrement, remplissage des alvéoles et une couche de 2,5 cm de granulats de finition ; compactage.

3.12.3.2. Travaux préparatoires (préliminaires)

Préalablement à la mise en place des dalles alvéolaires, il convient de décaisser le support sur une hauteur équivalente à la hauteur des dalles (généralement quelques centimètres). Si nécessaire, le fournisseur peut recommander d'autres travaux préliminaires.

Point de contrôle interne

Vérifier la planéité de la surface ainsi que le respect des pentes, vérifier la stabilité des dalles et leur tenue au sol.

3.12.3.3. Le remplissage des alvéoles

Selon les produits, les plaques seront préférentiellement disposées en quinconce sur le support réglé.

Le remplissage des alvéoles est effectué avec des granulats concassés ou roulés, en une surcouche d'environ 1,5 cm pour avoir une finition à 1 cm une fois compacté avec une plaque vibrante.

Ce remplissage peut s'effectuer manuellement ou mécaniquement à l'avancement.

Pour un garnissage de gazon, se référer à la règle professionnelle P.C.4-R0. Il conviendra de choisir un gazon résistant à la sécheresse et au piétinement.

Le fascicule 35 préconise un léger tassement après le remplissage des alvéoles. La terre ne doit alors pas dépasser le niveau des dalles.

Le semis s'effectue par remplissage final des alvéoles à l'aide d'une fine couche de graines mélangées au substrat.

Il existe des dalles alvéolaires pré plantées de gazon, ce qui évite tout tassement et offre un aspect esthétique et un usage immédiat.

3.12.4. Les travaux de finition, de correction, de réparation

Dans le cas d'un revêtement granulaire, du gravier est remis en place par ratissage et éventuellement un apport complémentaire sur les parties les plus empruntées.

Dans le cas d'un revêtement gazon, on effectue un regarnissage (semences et substrat). Le substrat a l'avantage d'être nourrissant et rétenteur d'eau.

La tonte doit être réalisée régulièrement. Un arrosage automatique est conseillé (car le support est très drainant et le matériau conserve facilement la chaleur).

3.13. Revêtement alvéolaire sous forme de nattes

Les nattes alvéolées sont semblables à des géotextiles qui se déroulent ou se déplient comme un accordéon (ce qui implique des précautions à prendre au moment de la pose). Le revêtement alvéolaire en nattes doit être fixé sur les bords. Il convient de se référer aux prescriptions des fournisseurs en ce qui concerne les techniques de pose.

G) Les revêtements particuliers

3.14. Les surfaces gravillonnées

3.14.1. Généralités

Une surface gravillonnée est formée de gravier ou de roche roulée (le plus souvent issue de lit de rivière) ou concassée (issue de carrière ou de rivière). Elle se différencie d'une surface sablée par l'absence de fines (sa présence permettant aux surfaces sablées d'être compactées).

Les propriétés recherchées des surfaces gravillonnées sont leur faible coût, leur facilité de pose et les travaux de pose réduits, leur capacité naturellement drainante. En revanche, elles exigent un entretien régulier, elles sont moins stables que d'autres types de revêtement et offrent un confort moindre.

Ce type de revêtements est à réserver aux circulations piétonnes et aux véhicules légers. (cf. NF P 18-545)

3.14.2. La composition des surfaces gravillonnées

3.14.2.1. Granulats

Les granulats peuvent être d'origines variées, les fournisseurs proposant différentes roches selon les régions. Elles doivent être non gélives et préférentiellement non poreuses. Les granulats issus de pierres concassées rendent la marche plus agréable que les granulats roulés.

Les dimensions des granulats ne sont pas identiques : ils sont différenciés en classes de diamètre (entre d et D, où D est un diamètre ; les classes de sables sont de la forme 0-d). Le choix des classes de diamètre repose sur les préférences de l'entrepreneur : de petits granulats sont facilement éparpillés, se coincent sous les chaussures de marche ou les pneus des voitures, se répandent dans les surfaces environnantes ; des granulats de grande taille rendent la marche moins confortable. La granulométrie détermine aussi la perméabilité du revêtement : plus les granulats sont fins, plus la surface est imperméable. De plus, des granulats de faibles dimensions seront plus facilement entraînés par le ruissellement et l'érosion.

3.14.2.2. Les différents matériaux

Il est possible de placer un géotextile entre les différentes couches. Lorsqu'il est placé entre le support et la couche de revêtement, il sépare efficacement les deux couches et évite les mélanges.

Lorsqu'il est placé sous le support, il évite les remontées d'argile et les dégâts provoqués par les végétaux ou les animaux (comme les taupes).

Dans les deux cas, le géotextile permet de répartir les charges, d'autant plus efficacement qu'il est placé en profondeur.

Il est conseillé de réaliser un empierrement de même matériau, ou au moins de même couleur, que le revêtement. Cela évite les contrastes malheureux en cas de perte de revêtement à certains endroits.

Des arrêts sont nécessaires pour éviter que les gravillons ne quittent l'emplacement du revêtement. Ces éléments sont abordés en détail dans la partie I sur les bordures.



Figure 26 : Schéma de principe d'un revêtement gravillonné (Dessin de C. Houel)

3.14.3. La mise en œuvre des surfaces gravillonnées

3.14.3.1. Travaux préparatoires (préliminaires)

Les surfaces gravillonnées ne présentent pas de travaux préparatoires particuliers par rapport aux autres types de revêtement.

3.14.3.2. L'épandage

Il n'est pas nécessaire de régler la pente lors de l'épandage car elle est déterminée par le fond de forme. Le chemin peut être bombé pour évacuer rapidement les eaux de pluie. Le choix de placer des rigoles d'évacuation est plus incertain car ils sont comblés par le matériau.

La mise en place dépend du matériel utilisé. Il n'y a pas de manière particulière pour réaliser l'épandage. Il faut toutefois veiller à ce que la répartition soit uniforme.

3.14.3.3. Les différentes épaisseurs

Plus l'épaisseur est faible, plus le confort de marche est important. Les fournisseurs peuvent préconiser l'épaisseur à utiliser.

3.14.3.4. Les travaux de finition, de correction, de réparation

Les surfaces gravillonnées nécessitent un entretien facile mais régulier. Les trous doivent être rebouchés, le matériau rechargé, le revêtement réuniformisé, etc. Les reprises sont invisibles.

3.15. Les surfaces biodégradables

3.15.1. Généralités

Les propriétés recherchées des surfaces biodégradables sont l'utilisation de produits naturels (et de préférence locaux), leur capacité de couvrir un espace à caractère sauvage et de ne pas dégrader le sol en place, l'apport de nourriture au sol, l'atténuation du tassement. Il nécessite en revanche un rechargement régulier.

Les surfaces biodégradables doivent être des revêtements durables, il s'agit de recyclage de résidus. Il est évident qu'un abattage d'arbres dans le seul but de produire des copeaux de bois est à bannir.

Aucune norme ne s'applique à ce type de revêtement.

3.15.2. La composition des surfaces biodégradables

Les surfaces biodégradables peuvent être composées de différents matériaux, élaborés ou naturels : mulch, bois broyé, paille de lin ou de chanvre, géotextile de lin ou de matériaux recyclés, noyaux, coques, etc. Un bon matériau doit être stable dans le temps.

3.15.3. La mise en œuvre des surfaces biodégradables

3.15.3.1. Travaux préparatoires (préliminaires)

Les surfaces biodégradables ne présentent pas de travaux préliminaires particuliers par rapport aux autres types de revêtement.

3.15.3.2. L'épandage

Comme pour les surfaces gravillonnées, il n'y a pas de manière particulière pour réaliser l'épandage. Il faut toutefois veiller à ce que la répartition soit uniforme.

3.15.3.3. Les différentes épaisseurs

L'épaisseur est faible. Ce type de revêtement est utilisé dans le cas de circulation faible, surtout piétonne.

3.15.3.4. Les travaux de finition, de correction, de réparation

Les surfaces biodégradables nécessitent un entretien facile mais régulier. Le matériau doit être rechargé, le revêtement réuniformisé, etc. Les reprises sont invisibles.

3.16. Les gazons renforcés

3.16.1. Généralités

Les gazons peuvent être renforcés par une base, assurant une plus grande stabilité pour la circulation.

Les propriétés recherchées des gazons renforcés sont l'aspect esthétique, le matériau vivant, les propriétés drainantes de la surface en herbe, un bon bilan carbone. En revanche, l'ajout de matière inerte rend la pérennisation du gazon plus difficile (nécessitant souvent un arrosage), la pousse rend la surface inutilisable pendant un certain temps après sa réalisation, qui n'est d'ailleurs pas possible en toute saison, l'entretien difficile.

3.16.2. La composition de base des gazons renforcés

Les gazons peuvent être renforcés par une base, en mélange terre-pierre (cf. règle professionnelle P.C.4-R0 : « Travaux de mise en œuvre des gazons (hors sols sportifs) partie 3.7.2. »).

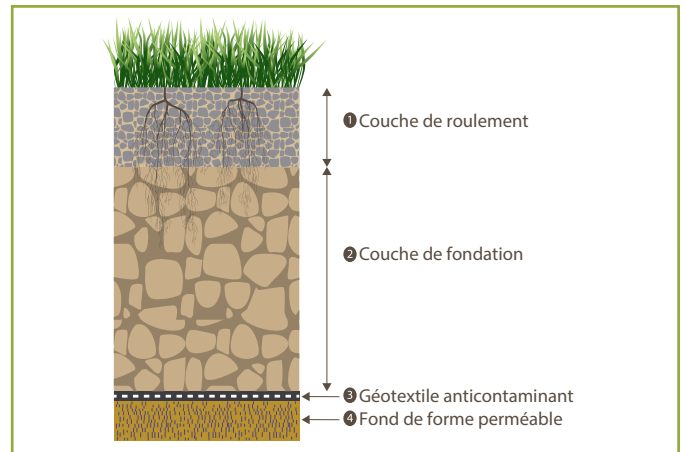


Figure 27 : Schéma en coupe d'un gazon renforcé (source : règle professionnelle de l'Unep P.C.4-R0)

Le gazon peut également être renforcé grâce à l'application de maillages plastiques déroulés après la tonte et fixés dans le sol support. Ceux-ci permettent d'éviter l'orniérage mais ne peuvent supporter une circulation automobile dense.



Figure 28 : Schéma d'application d'un maillage en renforcement sur gazon en place (Dessin de C. Houel)

D'autres produits existent, et le secteur des gazons renforcés connaît une évolution rapide, notamment en raison d'une législation favorable à la mise en œuvre d'aires engazonnées plutôt que minérales. Il convient systématiquement, pour l'ensemble de ces produits, de se référer aux préconisations des fournisseurs. Le choix du matériau et de la granulométrie dépend du terrain.

Le choix des graines et des semences est très important et se fait selon les usages. On privilégie le plus souvent peu de ray-grass et une proportion importante de fétuques.

3.16.3. La mise en œuvre des gazons renforcés

3.16.3.1. Travaux préparatoires (préliminaires)

Aux travaux préliminaires communs à tous les types de revêtements s'ajoute une vérification de la qualité du sol en place. Une sous-couche drainante peut être nécessaire dans certains cas, en fonction de la circulation.

3.16.3.2. L'épandage

Comme pour les surfaces gravillonnées, il n'y a pas de manière particulière pour réaliser l'épandage. Il faut toutefois veiller à ce que la répartition soit uniforme. Le mélange de terre doit être homogène. Après avoir semé, le tassement s'effectue généralement au rouleau.

L'écoulement des eaux de surface peut être assuré par un terrain en pente. Un bombage du revêtement est possible.

3.16.3.3. Les différentes épaisseurs

L'épaisseur dépend du type de sol, de la circulation, etc.

3.16.3.4. Les travaux de finition, de correction, de réparation

L'entretien des gazons renforcés est plus lourd que celui d'autres types de revêtement, le matériau étant ici vivant. Outre une tonte régulière des zones non utilisées, les trous doivent être rebouchés, le matériau rechargé (les reprises sont visibles, au moins durant le temps de pousse). Un arrosage régulier peut-être nécessaire, ainsi qu'une surveillance. L'entretien est également contraint par la fréquentation. Dans le cas d'un usage permanent, l'entretien doit être fait par zones, fermées pour l'occasion.

Ce type de revêtement est plus indiqué pour les endroits à circulation peu importante.

Point de contrôle interne

Vérification des niveaux

Extrait du fascicule 35 :

« Pour les revêtements lisses (enrobés, asphalte, béton lisse et stabilisé traité au liant d'une granulométrie inférieure à 5 mm) la qualité de mise en œuvre doit éviter la formation de flaques d'eau de plus de 5 mm de profondeur sous une règle plane rectiligne de 3 m. Pour les allées engazonnées et le stabilisé mécanique, elle est portée à 1 cm. »

H) Les stabilisés

3.17. Les sols stabilisés

3.17.1. Généralités

Les sols stabilisés sont constitués d'un mélange de matériaux granulaires (la plupart du temps constitués de sables ou de graves exempts de matière organique), avec ou sans liant, humidifiés et compactés. Ils sont utilisés pour les circulations à très faible trafic, voire à trafic nul (chemins piétonniers, surfaces de jeu, sentiers, allées...) et offrent des alternatives économiques et paysagères intéressantes.

Avantages : Utilisation de matériaux locaux et intégration paysagère facile. Économique à la pose, sans matériel particulier outre le compacteur (même si des matériels spécifiques peuvent être utilisés de type finisseur). Entretien et réparation faciles (par simple rechargement).

Inconvénients : La pulvérulence de certains matériaux qui provoquent des poussières par temps sec. La dégradation du matériau de surface, qui selon qu'il soit plus ou moins renforcé ou non, se délite au fil du temps (nid de poule, ravinement). L'imperméabilisation du sol dans les premières années (d'autant plus s'il est renforcé avec des matériaux hydrauliques). L'entretien régulier, notamment en rechargement, désherbage (solution alternative envisageable : enherbement à moyen terme).

Usage sur des circulations à faible pente pour éviter les phénomènes de ravinement et de contamination (par le sable) des surfaces environnantes.

3.17.2. Composition

3.17.2.1. Deux types de sols stabilisés

On distingue deux familles de stabilisés :

- Les sables et graves stabilisés mécaniquement (avec un compacteur), ou « sablés ».

- Les sables et graves stabilisés avec un liant, ou « renforcés ». Le liant peut être d'origine minérale (chaux, ciment...), biologique (fibre végétale...) ou organique (résines acryliques...) et dans tous les cas compacté. Le stabilisé renforcé a une pérennité plus grande que le sablé (pour une structure de circulation identique) et répond mieux aux sollicitations mécaniques et à l'usure.

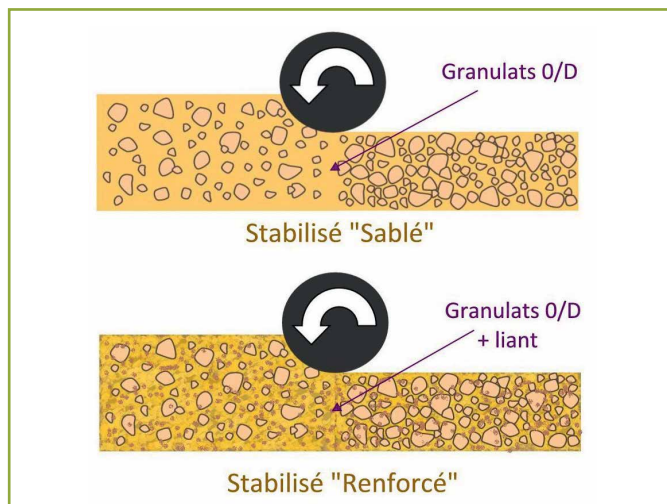


Figure 29 : Schéma de la réalisation de différents types de stabilisés (Dessin de C. Houel)

Point de contrôle contradictoire

Faire valider un échantillon au Maître d'ouvrage : couleur et dimension des granulats, type de granulats, teinte et dosage du liant (si stabilisé renforcé).

Point de contrôle interne

L'entrepreneur doit être en mesure de fournir la Fiche technique de produit (FTP) : norme NF P 18-545.

3.17.2.2. Composition détaillée

Les sables et les graves utilisées sont des sablons 0/D, des sables 0/D, des graves reconstituées (0/D) et des graves naturelles. Ils doivent être conformes à la norme NF P 18-545, ainsi qu'au fascicule 23 du CCTG.

Lorsqu'ils sont mélangés à un liant hydraulique (ciment), ils devront être conformes à la norme NF EN 14227-1. D'autres liants peuvent être utilisés (pouzzolaniques, polymères...) en se référant aux documents techniques et aux spécifications de mise en œuvre des fournisseurs.

En règle générale, les sables ont une granulométrie inférieure à 6,3 mm ($D < 6,3 \text{ mm}$) et les graves, une granulométrie inférieure à 14 mm ($D < 14 \text{ mm}$).

3.17.3. Mise en œuvre

Après acceptation du support, apport d'une couche de grave GNT sur 10 à 20 cm (selon portance du sol en place) réglée et compactée en plusieurs couches. Dressage du sablé ou du stabilisé renforcé (mélange réalisé en centrale le plus souvent) sur 4 à 10 cm en moyenne (selon le produit) en plusieurs passes, et selon le trafic supporté. Réglage du niveau et des pentes (manuel ou mécanique avec un finisseur), humidification et compactage. Le tassement est de l'ordre de 20 à 25 % en moyenne.

Épaulement en GNT ou en terre végétale afin de bloquer le stabilisé et d'éviter la migration des éléments en bordure de voie. Remise en circulation de deux jours à deux semaines selon le produit et la destination de l'ouvrage.

3.17.3.1. Les stabilisés simples (« sablés » à stabilisation mécanique)

Revêtement de surface plus ou moins sensible à l'érosion, il est à réserver pour des circulations où la pente longitudinale n'excède pas 4 %.

Un soin particulier est à accorder à la direction des eaux de ruissellement (la capacité pulvérulente de ce matériau risque de provoquer des colmatages en points bas).

Le trafic supporté est plus faible que les stabilisés renforcés. Des risques d'orniérage, de migration (nids de poule) sont à prévoir. De fait, l'entretien est plus contraignant, amenant parfois les concepteurs à faire évoluer ces surfaces vers un système de stabilisation par végétalisation (semis spontané, semis classique avec ou sans substrat ajouté).
Matériau : sables ($D < 6,3 \text{ mm}$) ou graves fines.

3.17.3.2. Les stabilisés renforcés (avec liant)

Les stabilisés renforcés offrent une meilleure résistance à l'érosion, aux contraintes climatiques (gel/dégel), et aux usages (portance plus élevée). En règle générale ils sont moins pulvérulents, de fait ils ont une durée de vie plus longue. Ils offrent les mêmes avantages qu'un « sablé » traditionnel, mais tolèrent une pente longitudinale supérieure (jusqu'à 15 %). Leur fréquence d'entretien est moins élevée, mais leur coût est supérieur et dépend du liant employé. Des adjuvants peuvent compléter le mélange (retardateur de prise par exemple pour les liants hydrauliques).

3.17.4. Les différents types de stabilisés renforcés

- Les stabilisés renforcés au liant pouzzolanique ou à la chaux : Il s'agit d'un mélange de granulats naturels fins, d'un liant contenant de la chaux, de la pouzzolane (roche volcanique ou sédimentaire calcinée de type argile siliceuse ou silico-alumineuse de granulométrie 0/d) et d'eau. Les propriétés de la pouzzolane améliorent les performances mécaniques du stabilisé en se liant à la chaux. La chaux sert d'activateur à la pouzzolane pour créer un liant stable.

- Les stabilisés renforcés au liant hydraulique :

Il s'agit d'un mélange de granulats naturels (sables et graves), de liant hydraulique tel que le ciment, d'eau et éventuellement d'adjuvants (retardateurs de prise).

Les matériaux utilisés principalement en revêtement de surface des stabilisés (sables et graves) sont définis et encadrés par les normes NF EN 14227-1 et NF EN 14227-5. Ces normes concernent principalement les matériaux granulaires utilisés en couche de fondation ou de base, elles sont cependant à adapter aux contraintes du trafic supporté en tant que couche de roulement.

- Les stabilisés renforcés au liant à base de résine ou polymères : Il s'agit d'un mélange de granulats calibrés (d/D) et d'un liant de synthèse (dosages différents selon les prescripteurs). Le mélange obtenu durcit et devient perméable. Dans la mesure du possible, utiliser une résine HQE (sans solvant).

- Les stabilisés renforcés au ciment de verre :

Il s'agit d'un mélange de granulats naturels ou recyclés (béton), d'un liant minéral hydraulique à base de verre (poudre de déchets ultimes dosée à près de 80 % du mélange) et d'eau. Le verre présent dans le mélange réagit différemment selon la durée de prise : dans un premier temps, ses propriétés hydrauliques créent la « prise », puis ses propriétés pouzzolaniques confortent sa résistance et en fin de particularités autocicatrisantes lui permettent de réparer ses microfissurations.

Point de contrôle interne

Vérification des niveaux

Extrait du fascicule 35 :

« Pour les revêtements lisses (enrobés, asphalte, béton lisse et stabilisé traité au liant d'une granulométrie inférieure à 5 mm) la qualité de mise en œuvre doit éviter la formation de flaques d'eau de plus de 5 mm de profondeur sous une règle plane rectiligne de 3 m. Pour les allées engazonnées et le stabilisé mécanique, elle est portée à 1 cm. »

D Bordures et caniveaux

Applications

Les bordures sont employées dans un grand nombre d'ouvrages de voirie : délimitation de routes, rues, trottoirs, d'allées ou d'aires d'activités, îlots directionnels et de refuge, chicanes... Elles servent aussi, par exemple, dans les parkings pour délimiter les places, et autour des zones pavées en tant que calage de rive. Les caniveaux peuvent également être employés pour structurer l'espace sans dénivellation. Associées à des caniveaux, les bordures permettent de récupérer et évacuer les eaux de ruissellement.

Exigences fonctionnelles

De même que pour les pavages et dallages, la conception des ouvrages en bordures et caniveaux n'est pas conditionnée uniquement par des exigences liées à la résistance au trafic mais répond également à des besoins fonctionnels et architecturaux.

Lors de la conception d'un aménagement, les enjeux portent à la fois sur :

- la structuration de l'espace ;
- sa personnalisation ;
- l'intégration dans l'environnement ;
- l'esthétique, tout en renforçant la sécurité d'usage de l'espace ;
- la prise en compte des exigences liées à l'intégration des personnes à mobilité réduite ;
- l'évacuation rapide des eaux de surface ;
- la prise en compte des contraintes d'entretien.

Mise en œuvre

Les fouilles sont réalisées conformément au fascicule 68 (mise en dépôt provisoire, réemploi ou évacuation des déblais provenant des fouilles).

Il est fortement recommandé de compacter le fond de fouille. Dans le cas où il ne serait pas possible de le compacter, il faut prendre des dispositions complémentaires (augmentation des dimensions de la fondation ou réalisation d'une semelle armée).

Quel que soit le matériau employé, la pose est le plus souvent mécanisée, soit à l'aide d'un engin adapté à la pose de bordures et de caniveaux, soit à l'aide d'une pelle hydraulique équipée et opérante pour le levage de charges.

Point de contrôle interne

Dans tous les cas (béton, pierre naturelle, bois, métal ou matières plastiques) se référer aux conseils de pose des fabricants. Conserver les fiches produits.

Il est possible de mettre en place un dispositif de collecte des eaux superficielles sous forme d'un caniveau central. Il peut être réalisé sous la forme d'un caniveau préfabriqué en béton, d'un caniveau à fentes, d'un caniveau à grille ou par l'emploi de pavés.

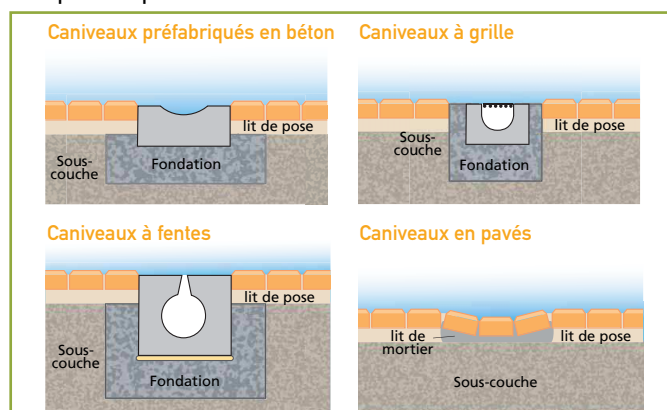


Figure 30 : Schéma de différents types de caniveaux centraux (source : Cérib, document 206.E)

3.18. Bordures et caniveaux en béton préfabriqués

3.18.1. Conception

3.18.1.1. Choix des caractéristiques de produit

Les bordures et caniveaux en béton préfabriqués sont définis dans la norme harmonisée NF EN 1340 et dans le complément national NF P 98-340.

Les profils des bordures et caniveaux préfabriqués en béton ont été définis pour répondre à un usage spécifique. La diversité des profils, normalisés ou non, permet en outre de répondre à des exigences esthétiques d'aménagement. Ces profils sont définis dans la norme NF P 98-340.

Il existe d'autres profils qui ne sont pas soumis à la norme NF P 98-340 mais qui restent soumis aux consignes des fabricants.

Afin de répondre aux sollicitations climatiques, à la résistance à l'abrasion et à la glissance, la marque NF « Bordures et caniveaux » met en place différents essais de caractérisation des produits. Ces essais sont cohérents avec ceux réalisés sur les pavés et dalles en béton :

- Classe A, B et D pour la résistance aux sollicitations climatiques.

- Classe H (optionnelle) pour la résistance à l'abrasion
- Essai au pendule SRT pour les produits polis ou meulés

3.18.1.2. Réception et validation des matériaux préfabriqués par l'entreprise, acceptation du fond de fouille

Réception et validation des matériaux par l'entreprise :
Préalablement au chantier, l'entrepreneur doit vérifier la compatibilité des produits, compte tenu de leur exposition au trafic routier. La réception du chantier est effectuée par l'entrepreneur en présence du maître d'œuvre.

Les bordures et caniveaux doivent être conformes aux normes NF EN 1340 et au complément national NF P 98-340/CN.

La conformité est prouvée :

- Par la certification NF : marquage des produits
- À défaut de certification, au moyen d'une réception par lots. Les essais à réaliser sont ceux spécifiés par les normes de référence (résistance mécanique, usure, gel...).

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

Remarque : le marquage réglementaire CE atteste que les performances des produits ont été identifiées par le fabricant. Ce n'est pas une marque de qualité. Seule la marque NF est une marque de qualité.

3.18.1.3. Dimensionnement structurel

Les bordures et les caniveaux sont posés sur fondation béton (classe C16/20 minimum) d'épaisseur minimale 10 cm et de largeur au moins égale à la largeur de la bordure plus 10 cm minimum de part et d'autre.

Les bordures sont calées à l'aide d'un solin continu ou à l'aide d'épaulements au niveau des joints avec le même béton que celui de la fondation sur une hauteur au moins égale à la mi-hauteur de la bordure.

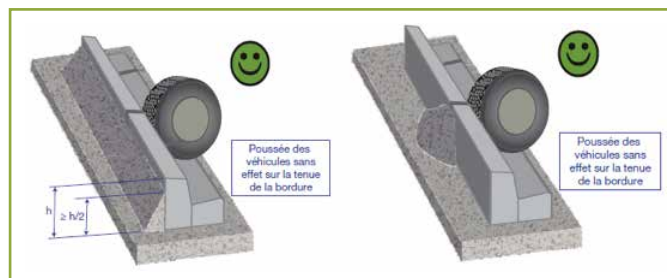


Figure 31 : Calage par solin continu (à gauche) et par épaulement (à droite)
(source : Cérrib, document 152.E_v3)

Les éléments de bordures peuvent être posés :

- Avec maintien d'un espace vide de 0,5cm maximum entre éléments, pour une pose sans joint ;
- Pour la pose avec joints, l'espace de 0,5cm entre bordures est rempli (en totalité ou en partie) d'un matériau élastoplastique ou d'un mortier de ciment. Le mortier de joint doit être dosé à 200 kg/m³ sans jamais excéder 250 kg/m³ ;
- En pose jointive, un joint de 0,5 cm est placé tous les 10 mètres. Pour les caniveaux, les joints sont réalisés avec un espace entre éléments de 0,5 cm rempli (en totalité ou en partie) d'un matériau élastoplastique ou d'un mortier de ciment (le mortier de joint doit être dosé à 200 kg/m³ sans jamais excéder 250 kg/m³).

3.18.2. Mise en œuvre

Les modalités de pose des bordures et caniveaux en béton sont détaillées dans les guides de mise en œuvre du CERIB :
CERIB 152 E : 2007, Guide de pose des pavés, dalles et bordures préfabriqués en béton

CERIB 153 E : 2007, Guide de pose des bordures et caniveaux préfabriqués en béton

Point de contrôle interne

Entre les côtes du projet et les cotes de l'ouvrage achevé il est toléré un écart de ± 2 cm (sur l'altitude et l'alignement). L'alignement sur la longueur ne doit pas avoir d'écart supérieur à 0,5 cm et ce, mesuré sur les têtes de caniveau, du fil d'eau et des têtes de bordures (cf. schéma suivant ; C. Houel), à l'aide d'une règle de 3 mètres.

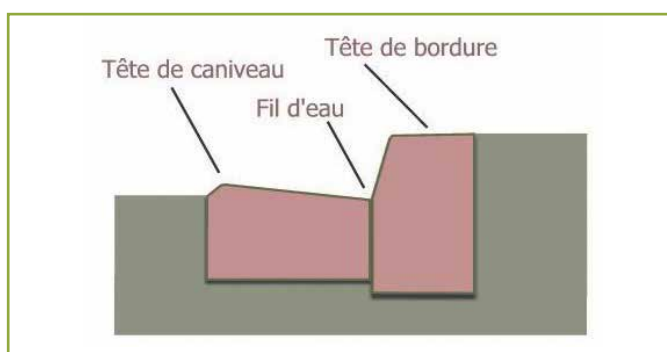


Figure 32 : Schéma en coupe d'un caniveau
(Dessin de C. Houel)

Point de contrôle contradictoire

Les contrôles à réaliser pour la réception de l'ouvrage concernent les aspects suivants :

- les fonds de fouille (portance, altimétrie, planimétrie) ;
- les bétons de fondation (certification, dosage, résistance) ;
- les mortiers de pose (dosage, résistance) ;
- les mortiers de joints (dosages) ;
- les contrôles de nivellement et d'alignement.

Les écarts en tête de bordure, en tête de caniveau et sur le fil d'eau

3.19. Bordures et caniveaux en pierres naturelles

3.19.1. Conception

La norme existante est la norme NF EN 1343. La désignation des produits se fait par la mention :

- de leur nature de « bordure » ou « caniveau » ;
 - de la lettre « R », caractéristique des produits en pierre naturelle ;
 - de leur mode de taille, par la lettre « F » pour fendage et « S » pour sciage ;
 - de la nature de la pierre ;
 - de l'aspect « bouchardé », « smillée » ou « flammée » ;
 - de la largeur en centimètres ;
 - de la hauteur en centimètres.
- (extrait du Fascicule 31 du CCTG)

Par exemple, la désignation d'un produit en granit se fera de la manière suivante : « Bordure RF granit bouchardé 20 X 30 ». Cette désignation concerne par extension toutes les autres roches (calcaire, grès, etc.)

Dans le cas de marchés publics, les produits en pierres naturelles sont normalisés (dimensions et tolérances) selon les normes NF P 98-304 pour les granits ou les grès et la norme NF B 10-001 pour les calcaires (et NF P 98-304 pour les dimensions et tolérances). Leur aspect est également normalisé (NF EN 1343 fev. 2003).

Point de contrôle contradictoire

Ces matériaux sont soumis à acceptation du maître d'ouvrage, de façon contractuelle, à partir d'échantillons de référence. La traçabilité sur les produits doit pouvoir être apportée au maître d'ouvrage.

3.19.2. Mise en œuvre

Les techniques de mise en œuvre des bordures et caniveaux en pierres naturelles sont identiques à celles en béton. L'aspect souvent irrégulier des pierres naturelles nécessite un soin particulier quant à leur mise en place. Le cordeau se placera le plus souvent sur l'avant de la bordure, si possible au niveau du fil d'eau, l'arrière ayant souvent un aspect moins régulier.

Remarques : pour les pierres sédimentaires, il est préconisé d'utiliser des ciments adaptés avec moins de calcaire pour éviter les efflorescences lors de la prise du mortier de jointoiement.

3.20. Bordures en bois

Elles sont constituées :

- De rondins ou de demi-rondins, assemblés verticalement et fichés en terre.
- De poutres horizontales ou verticales (voir murs et murets paysagers) posées sur un lit drainant et scellées au béton (sans contact avec ce dernier).
- De planches horizontales ou lisses, fichées dans le sol.
- Éventuellement de fascines.

Dans tous les cas, pour les produits manufacturés, le bois employé doit être de classe IV, imputrescible ou traité, afin de lui garantir une durée de vie suffisamment longue. Ces bordures n'ont pratiquement aucune résistance face à une charge, leur rôle est principalement esthétique.

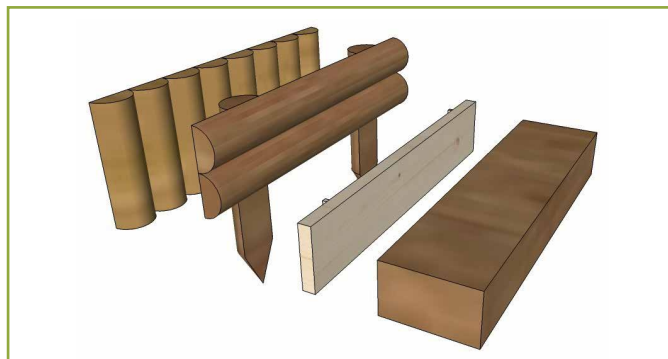


Figure 33 : Schéma des principaux types de bordures en bois
(Dessin de C. Houel)

3.21. Bordures flexibles

3.21.1. Bordures en métal

Il existe deux formes principales de bordures en métal : les voliges et les profilés.

La plupart du temps, elles sont constituées par des voliges, en métal inoxydable (acier galvanisé, Corten, peint ou non), associées à des fiches métalliques pour l'ancrage ou scellées au béton. Ces bordures permettent d'obtenir des courbes bien réalisées et sont pratiquement invisibles une fois posées. Elles répondent à la norme NF EN 10143.

Les profilés se posent pratiquement à même le sol, ils ne nécessitent pas, contrairement aux voliges, de décaissement profond de l'espace de pose.

Les angles de courbures sont indiqués par les fabricants, ainsi que les conseils de pose, selon les spécifications de chaque produit.

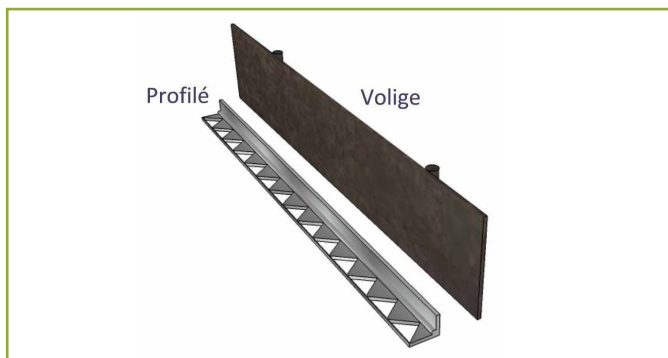


Figure 34 : Schéma des principaux types de bordures en métal
(Dessin de C. Houel)

3.21.2. Bordures en matière plastique

En polyéthylène (PE), en PET recyclé, en polychlorure de vinyle (PVC), en matériau composite... Elles ont les mêmes profils que les voliges ou les bordures en métal. Elles se posent de la même façon, c'est-à-dire avec des fiches ou des clous de grande dimension, afin d'éviter le décrochement des bordures.

4. Définition des points de contrôle internes et des points de contrôle contradictoires

	Description	Qui effectue le point de contrôle ?	Matérialisation du point de contrôle
Point de contrôle interne	Il correspond à la vérification de la bonne exécution des travaux au fur et à mesure de l'avancement du chantier, et plus spécifiquement quand une tâche est achevée. Il permet de prendre du recul sur le chantier avant de passer à l'étape suivante.	Le chef d'équipe, le chef de chantier ou le conducteur de travaux. Le maître d'œuvre peut être impliqué s'il en a manifesté le souhait.	Consignation facultative sur un document interne et spécifique au chantier ou sur une fiche de journée. > Ce type de point de contrôle ne débouche pas systématiquement sur une preuve mobilisable en cas d'expertise judiciaire / de litige.
Point de contrôle contradictoire	Il correspond : - à la formalisation d'un accord entre l'entreprise et le maître d'œuvre ou le maître d'ouvrage - à un changement de tâche, notamment lorsqu'une tâche a des conséquences sur la suivante ou lorsqu'elle a des conséquences irréversibles - à la réception des travaux. <i>Chaque règle professionnelle ne doit pas comporter plus de 5 points de contrôle contradictoires pour une même réalisation d'ouvrage.</i>	- Le chef de chantier, le conducteur de travaux ou le dirigeant de l'entreprise du paysage, en présence du maître d'œuvre ou du maître d'ouvrage. - Une entreprise tierce (exemple : mesure de la portance).	- Consignation au niveau du compte-rendu de chantier, cosigné par l'entreprise et le maître d'œuvre ou le maître d'ouvrage. - Un document réalisé par une entreprise tierce. > Ce type de point de contrôle doit déboucher sur une preuve mobilisable en cas d'expertise judiciaire / de litige.

Les points de contrôle contradictoires constituent des **points d'arrêt**. Ces arrêts obligatoires sont contractuels. Ils interdisent de continuer la phase suivante de la tâche jusqu'à ce que les points d'arrêt soient levés. La levée des points d'arrêt a lieu dès que les contrôles contradictoires ont donné satisfaction. La phase suivante du travail peut alors reprendre de façon formelle avec toutes les garanties de bonne exécution de la ou des tâches précédentes.

Il existe par ailleurs deux types de points de contrôle contradictoires particuliers :

- les points de contrôle relatifs aux approvisionnements
- les points de contrôle relatifs à la réception du support.

Chaque approvisionnement et chaque réception de support doit automatiquement déboucher sur un point de contrôle contradictoire entre l'entreprise de paysage et le fournisseur dans le premier cas et entre l'entreprise de paysage et l'entreprise ayant réalisé le support dans le second cas.

Le cas particulier de la clientèle particulière sans maîtrise d'œuvre :

Parce que la clientèle particulière n'est pas « sachante » en termes d'aménagements paysagers, les points de contrôle pour ce type de clientèle sont principalement des points de contrôle internes.

Il est fortement recommandé de formaliser les étapes de validation des plantes et des matériaux à mettre en œuvre et de réception des travaux avec la clientèle particulière. De même, il est fortement recommandé que chaque modification de la commande initiale du client débouche sur la rédaction d'un nouveau devis, la signature par le client particulier du nouveau devis prouvant son accord.

5. Bibliothèque de références

Accessibilité :

Éditions du moniteur - complément technique - accessibilité des espaces verts. Numéro juillet-août 2009.

WERNERT Grégoire. *Rendre la ville accessible à tous : contexte législatif, réglementaire et normatif* (réf. 271.E). CERIB. 2013.

NF P 98-352, 2015 : Cheminements - Bandes de guidage tactile au sol, à l'usage des personnes aveugles et malvoyantes ou des personnes ayant des difficultés d'orientation

Pierres naturelles :

AITF. *Revue générale des routes et des aéroports (RGRA) - Pierres naturelles : conception et réalisation de voiries et d'espaces publics*. AITF. 2010.

NF B 10-601, 2006 : Produits de carrières - Pierres naturelles - Prescriptions générales d'emploi des pierres naturelles.

NF P 98-335, 2007 : Chaussées urbaines, Mise en œuvre des pavés et dalles en béton, des pavés en terre cuite et des pavés et dalles en pierre naturelle.

NF DTU 52.1, 2010 : Revêtements de sol scellés.

NF DTU 52.2, 2009 : Pose collée des revêtements céramiques et assimilés - Pierres naturelles.

NF EN 1341, 2003 : Dalles de pierre naturelle pour le pavage extérieur - Exigences et méthodes d'essai.

NF EN 1342, 2003 : Pavés de pierre naturelle pour le pavage extérieur - Exigences et méthodes d'essai.

NF EN 1343, 2003 : Bordures de pierre naturelle pour le pavage extérieur - Exigences et méthodes d'essai.

NF P 98-304, 1982 : Chaussée Granit – Bordures et caniveaux en granit et en grès

NF B 10-001, 1975 : Produits de carrières et de dragage - Matériaux - Pierres calcaires

Fascicule 31, 2012 : Bordures et caniveaux en pierre naturelle ou en béton et dispositifs de retenue en béton.

Joints :

NF EN 14188-1, 2005 : Produits de scellement de joints - partie 1 : Spécifications pour produits de scellement appliqués à chaud.

NF EN 14188-2, 2005 : Produits de scellement de joints - partie 2 : Spécifications pour produits de scellement appliqués à froid.

NF EN 14188-3, 2006 : Produits de scellement de joints - partie 3 : Spécifications pour joints moulés.

NF P 11-213, 2005 : Dallages – Conception, calcul et exécution.

Assises et fondations d'assises :

NF DTU 13.11, 1997 : Fondations superficielles.

NF DTU 20.1, 2008 : Travaux de bâtiment - Ouvrages en maçonnerie de petits éléments - Parois et murs.

NF DTU 20.12, 1993 : Maçonnerie des toitures et d'étanchéité

NF DTU 21, 2014 : Travaux de bâtiment - Exécution des ouvrages en béton.

NF DTU 32.1, 2009 : Travaux de bâtiment - Charpente en acier.

Bois de structure et platelage :

NF B 54-040, 2010 : Lames de platelages extérieurs en bois.

NF EN 14081, 2011 : Structures en bois - Bois de structure à section rectangulaire classé pour sa résistance.

Fascicule 68, 2012 : Exécution des travaux de fondation des ouvrages de génie civil.

Platelages bois :

Classement structurel des bois :

NF EN 1912, 2012 : Bois de structure - Classes de résistance - Affectation des classes visuelles et des essences.

NF B 52-001, 2013 : Règles d'utilisation du bois dans la construction - Classement visuel pour l'emploi en structures des bois sciés français résineux et feuillus.

Classement d'aspect bois :

NF EN 975, 2004 : Bois sciés - Classement d'aspect des bois feuillus.

NF EN 1611-1, 2003 : Bois sciés - Classement d'aspect des bois résineux.

Dimensionnement :

NF EN 1995, 2014 : Eurocode 5 - Conception et calcul des structures en bois.

NF DTU 51.4, 2010 : platelage en bois.

Conception, mise en œuvre, entretien :

NF DTU 51.4, 2010 : platelage en bois.

NF P 21-203, 1993 : Travaux de bâtiment – charpente et escaliers en bois.

Site internet de l'association Le Commerce du Bois : <http://www.lecommercedubois.org/>

Durabilité :

NF EN 335, 2013 : Durabilité du bois et des matériaux à base de bois.

NF EN 350, 1994 : Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois - Durabilité naturelle du bois massif.

NF EN 351, 2007 : Durabilité du bois et des produits à base de bois - Bois massif traité avec produit de préservation.

NF EN 460, 1994 : Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois - Durabilité naturelle du bois massif.

NF B 50-105-3, 2014 : Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois - Bois et matériaux à base de bois traités avec un produit de préservation préventif.

Boîtiers, équerres, étriers :

Etag 015, 2012 : Guideline for european technical approval of three-nailing plates.

NF EN 1995, 2014 : Eurocode 5 - Conception et calcul des structures en bois.

Pointes, boulons, vis :

NF EN 14592, 2012 : Structures en bois - Éléments de fixation de type tige – Exigences.

NF EN 1995, 2014 : Eurocode 5 - Conception et calcul des structures en bois.

Chevilles métalliques :

Etag 001, 2013 : Guide d'agrément technique européen sur les chevilles métalliques pour béton.

NF EN 1995, 2014 : Eurocode 5 - Conception et calcul des structures en bois.

Dallages et pavages en béton préfabriqué :

CERIB DP 103, 2011 : Guide de pose des produits de dalle préfabriqués en béton pour l'extérieur.

CERIB 152 E, 2007 : Guide de pose des pavés, dalles et bordures préfabriqués en béton.

CERIB 153 E, 2007 : Guide de pose des bordures et caniveaux préfabriqués en béton.

CERIB 206.E, 2009 : Voirie et aménagements publics. Guide de conception des ouvrages réalisés à partir de pavés, dalles, bordures et caniveaux préfabriqués en béton.

NF EN 1338, 2004 : Pavés en béton – Spécifications et méthodes d'essai.

NF EN 1339, 2004 : Dalles en béton – Spécifications et méthodes d'essai.

NF EN 1340, 2004 : Éléments pour bordures de trottoir en béton - Prescriptions et méthodes d'essai.

NF P 98-306, 2000 : Produits en béton manufacturé - Pavés jardin en béton

NF P 98-335, 2007 : Chaussées urbaines – mise en œuvre des pavés et dalles en béton, des pavés en terre cuite et des pavés et dalles en pierre naturelle.

NF P 98-340, 2004 : Éléments pour bordures de trottoir en béton - Prescriptions et méthodes d'essai.

Fascicule 29, 2012 : Exécution des revêtements de voiries et espaces publics en produits modulaires.

CERIB. DP 115 « Des revêtements en béton pour une meilleure infiltration des eaux pluviales ». CERIB. 2014.

Revêtement en béton coulé en place :

Références normatives, fascicules, CCTP

NF EN 197-1, 2012 : Liants hydrauliques - Ciments courants - Composition, spécifications et critères de conformité.

NF P 15-314, 1993 : Liants hydrauliques – Ciment prompt naturel.

NF P 15-315, 1991 : Liants hydrauliques – Ciment aluminé fondu.

NF P 15-317, 2006 : Ciment pour travaux à la mer.

NF P 15-319, 2014 : Ciment pour travaux en eau en haute teneur en sulfate.

NF EN 12620, 2008 : Granulats pour béton.

NF P 18-545, 2011 : Granulats, éléments de définition, conformité et codification.

NF EN 206/CN, 2014 : Béton : Spécifications, performances, production et conformité. Complément national à la norme NF EN 206

NF EN 1008, 2003 : Eau pour béton.

NF EN 934-2, 2012 : Adjuvants pour béton.

DD ENV 10080, 1996 : Aciers pour béton.

NF EN 13877-1, 2013 : Chaussée en béton – Partie 1 : matériaux.

NF EN 13877-2, 2013 : Chaussée en béton – Partie 2 exigences fonctionnelles pour les chaussées en béton.

NF EN 13877-3, 2005 : Chaussée en béton – Partie 3 : spécifications relatives aux goudons.

NF P 98-170, 2006 : Chaussée en béton de ciment - Exécution et contrôle.

FD P 98-171, 1996 : Chaussée en béton de ciment. Étude de formulation d'un béton. Détermination de la composition granulaire conduisant à la compacité maximale du béton frais.

NF P 98-730, 1992 : Matériels de construction et d'entretien des routes. Centrale de fabrication des bétons.

NF P 98-734, 1994 : Matériels de construction et d'entretien des routes. Machines de répandage des mélanges granulaires, machines à coffrages glissant pour la mise en place du béton de ciment.

NF EN 14188-1, 2005 : Produits de scellement de joint – Partie 1 : spécifications pour produits de scellement appliqués à chaud.

NF EN 14188-2, 2005 : Produits de scellement de joint – Partie 2 : spécifications pour produits de scellement appliqués à froid.

NF EN 14188-3, 2006 : Produits de scellement de joint – Partie 3 : spécifications pour joints préformés

NF P 18-370, 2013 : Adjuvants - Produits de cure pour bétons et mortiers - Définition, spécifications et marquage.

NF EN 12350-2, 2012 : Essai sur béton frais – Partie 2 : affaissement.

NF EN 12350-7, 2012 : Essai sur béton frais – Partie 7 : teneur en air, méthode de la compressibilité.

NF EN 12390-1, 2012 : Essai sur béton durci – Partie 1 : formes dimensions et autres exigences relatives aux éprouvettes et aux moules.

NF EN 12390-3, 2012 : Essai sur béton durci – Partie 3 : résistance à la compression des éprouvettes.

NF EN 12390-6, 2012 : Essai sur béton durci – Partie 6 : résistance en traction par fendage des éprouvettes.

NF EN 13863-1, 2004 : Revêtement en béton – Partie 1 : méthode d'essai pour la détermination de l'épaisseur de la dalle par voie non destructive.

NF P 98-254-4, 1995 : Essai relatif aux chaussées. Mesure de propriété liée à la perméabilité des matériaux – Partie 4 : mesure de l'écoulement surfacique au perméamètre à charge constante dans un matériau drainant.

NF EN 13036-1, 2010 : Caractéristiques de la surface des routes et des aéroports. Méthode d'essai – Partie 1 : mesure de la profondeur de macrotexture d'un revêtement de la surface d'un revêtement à l'aide d'une technique volumétrique à la tâche.

NF P 98-216-2, 1994 : Essai relatif aux chaussées

Détermination de la macrotexture. Partie 2 : méthode de mesure sans contact.

NF P 98-218-1, 1992 : Essais relatifs aux chaussées – Essai lié à l'uni – Partie 1 : mesure avec la règle fixe de 3 m.

NF P 98-218-2, 1992 : Essais relatifs aux chaussées – Essai lié à l'uni – Partie 2 : mesure avec la règle roulante de 3 m.

NF DTU 13.3, 2005 : Dallages - Conception, calcul et exécution - Partie 3 : cahier des clauses techniques des dallages de maisons individuelles.

NF 187, 2013 : Dalles de voirie & toiture en béton.

Fascicule 28, 2012 : Exécution des revêtements en béton de ciment.

Fascicule 31, 2012 : Bordures et caniveaux en pierre naturelle ou en béton et dispositifs de retenue en béton.

Collection « Cimbéton »

T 50 « Voiries et aménagements urbains en béton
- Dimensionnement »

T 51 « Voiries et aménagements urbains en béton – Mise
en œuvre »

T 52 « Voiries et aménagements urbains en béton – CCTP
type »

T 53 « Espaces urbains en béton désactivé »

T 57 « Voiries et aménagements urbains en béton
- Revêtement et structures réservoir »

T 59 « Les infrastructures de transports collectifs de surface »

G 80 « Teintes et textures »

T 67 « Aménagements décoratifs en matériaux naturels
stabilisés aux liants hydrauliques »

Collection SPECBEA:

Guide pratique de l'entretien des chaussées en bétons

Guide pratique : Les joints

Guide pratique : Les bordures en béton extrudés

Les bétons décoratifs : voiries et aménagements urbains

Tome 1 : Finitions, gestes et techniques

Collection SNBPE

Les matériaux autocompactants

Transports collectifs en site propre - Les Solutions Béton

Voies vertes et pistes cyclables

Autres matériaux :

NF EN 13748-2, 2004 : Carreaux de mosaïque de marbre ou
à liant ciment à usage extérieur

NF EN 13198, 2003 : Mobilier urbain et de jardin

NF DTU 54.1, 2008 : Revêtements de sol coulés à base de
résine de synthèse

NF EN ISO 844, 2014 : Plastiques alvéolaires rigides
- Détermination des caractéristiques de compression.

NF EN 14227-1, 2013 : Mélanges traités aux liants hydrau-
liques - Spécifications - Partie 1 : mélanges granulaires
traités au ciment.

NF EN 14227-5, 2013 : Mélanges traités aux liants hydrau-
liques - Spécifications - Partie 5 : mélanges granulaires
traités aux liants hydrauliques routiers.

NF EN 10143, 2006 : Tôles et bandes en acier revêtues en
continu par immersion à chaud - Tolérances sur les dimen-
sions et sur la forme.

Fascicule 23, 2012 : Fournitures granulats employés à la
construction et à l'entretien des chaussées.

*Aménagement des espaces verts urbains et du paysage
rural (4^e éd.) (collection Agriculture d'Aujourd'hui) J.-L.
Larcher, T. Gelgon © Lavoisier Paris, 2012.*

6. Glossaire

Bois autoclave : bois ayant subi un traitement par décompression-compression afin d'y faire pénétrer plus profondément des produits de préservation.

Éclisse : plaque d'acier de forme allongée permettant de réunir les extrémités de deux pièces.

Fine : élément de granulat de dimension infime (de l'ordre du millimètre).

Fourrure : doublage d'un élément, jugé trop mince, pour le renforcer ou pour le mettre à niveau.

Longeron : élément de structure disposé longitudinalement entre deux poteaux pour renforcer l'ensemble.

Longrine : élément de structure longitudinal répartissant des forces importantes dans un ensemble, notamment pour buter un pavage.

Platelage : plancher de charpente.

Saignée : entaille profonde et étroite qui, remplie ou non, constitue un joint.

Tout-venant : extrait brut provenant d'une carrière ; mélange de sable et de graviers provenant de déblais (normalisés).

-

Travaux

d'aménagement
et d'entretien
des constructions
paysagères

Règles professionnelles

Travaux liés aux revêtements
et à leurs fondations, aux
bordures et aux caniveaux

N°: **C.C.3-A-R0** | Création : juillet 2016



Annexe 1 : Accessibilité et réglementation

L'accessibilité est régie par les lois 75-534 du 30 juin 1975 (loi d'orientation en faveur des personnes handicapées) et 91-663 du 13 juillet 1991 (loi cadre). Il est ainsi établi que la voirie publique ou privée ouverte à la circulation publique doit être aménagée pour permettre l'accessibilité des personnes handicapées selon des prescriptions techniques fixées par décret.

La loi du 11 février 2005 (n°2005-102) vient en complément et prend en compte tous les types de handicaps. On distinguera les utilisateurs de fauteuils roulants (UFR) et les personnes à mobilité réduite (PMR), pour qui ces prescriptions sont obligatoires. Les revêtements de sols doivent, d'une part, se différencier des autres aménagements (par un revêtement contrasté, par des marquages ou guidages au sol, visuels ou tactiles, et par une signalétique adaptée) et d'autre part, ils ne doivent pas comporter d'obstacles à la circulation. Les surfaces doivent être non meubles, non glissantes (par temps de pluie), non réfléchissantes et ne doivent pas comporter de trous ou de fentes d'un diamètre ou d'une largeur supérieure à 2 cm. Les surfaces engazonnées, sablées, gravillonnées, ainsi que les platelages en bois qui demeurent glissants par temps de pluie, sont ainsi déconseillés.

La dimension des cheminements (largeur, longueur, pente et ressauts) pour les UFR et PMR est réglementée selon la nature du lieu et sa fréquentation. Leur largeur se détermine entre les bordures, mains-courantes ou garde-corps. Ces largeurs correspondent à deux unités de passage et sont à adapter à la fréquentation de l'espace.

Remarque :

La largeur minimale pour le croisement de deux fauteuils roulants est 1 m 60.

La pente maximale autorisée ne doit pas être supérieure à 5 % (sauf en cas d'impossibilité technique ou de contrainte de travaux, elle est dans ce cas comprise entre 10 et 12 % maximum selon la nature du lieu). D'une façon générale, une pente ne doit pas excéder 10 m de long sans comporter de palier de repos. Ces paliers doivent se trouver sur les points hauts et bas de chaque pente, ainsi qu'aux aires de retournement. Leur dimensionnement est également réglementé.

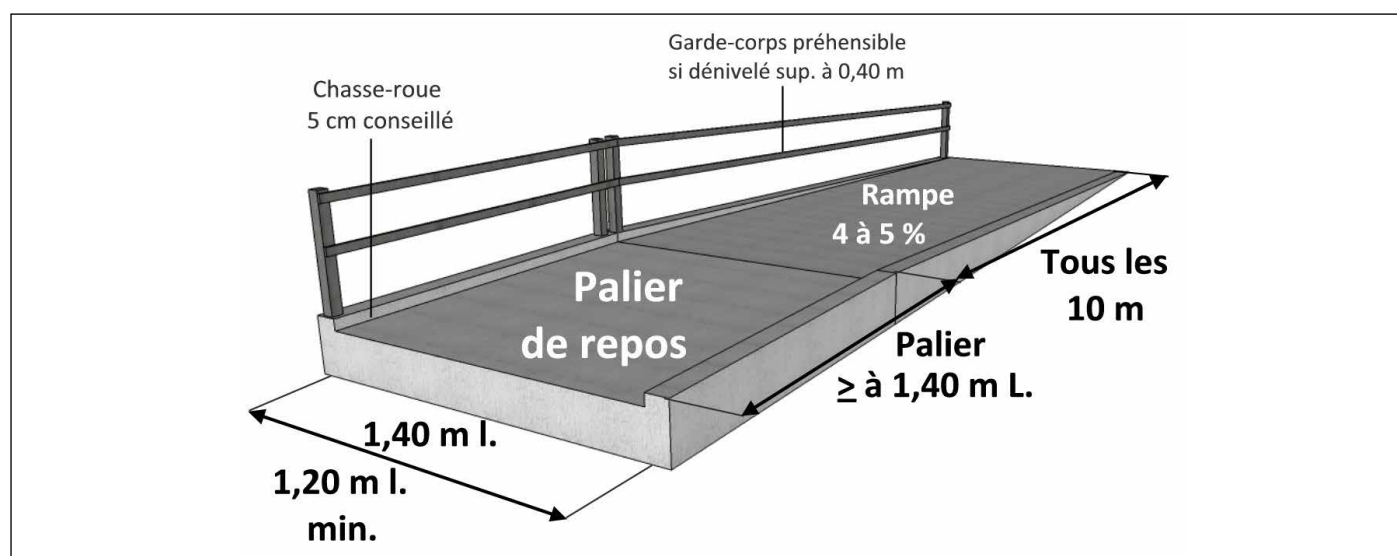


Figure A : Schéma synthétisant les contraintes dimensionnelles de l'aménagement de circulations accessibles aux personnes à mobilité réduite (Dessin de C. Houel)

Les ressauts ne doivent pas être supérieurs à 2 cm, avec les bords arrondis ou chanfreinés et jusqu'à 4 cm pour un ressaut avec chanfrein (dimensionné 1 pour 3). Les dévers ne doivent pas avoir une pente supérieure à 2 % (jusqu'à 3 % en cas de contrainte technique). En cas de rupture de niveau supérieure à 40 cm, un dispositif de protection doit être mis en place pour éviter les chutes. Il peut être constitué d'un garde-corps ou d'une bande de protection (végétalisée par exemple) de 90 cm de large. En cas de ressaut supérieur à 1 m de dénivellée, un garde-corps est obligatoire.

Depuis 2009, la loi impose de mettre en place un Plan de mise en accessibilité de la voirie et des espaces publics (PAVE) pour chaque commune ou établissement public de coopération intercommunale.

Les dispositions réglementaires sont consultables dans les documents législatifs suivants :

- Décrets n°2006-1657 et n°2006-1658 du 21 décembre 2006, relatifs à l'accessibilité de la voirie et des espaces publics, JO du 23 décembre 2006
- Décret 2006-1658 du 21 décembre 2006 relatif aux prescriptions techniques pour l'accessibilité de la voirie et des espaces publics
- Arrêté du 15 janvier 2007 portant application du décret n°2006-1658 du 21 décembre 2006, relatifs à l'accessibilité de la voirie et des espaces publics, JO du 3 février 2007
- Arrêté du 18 septembre 2012 modifiant l'arrêté du 15 janvier 2007 relatif aux prescriptions techniques pour l'accessibilité de la voirie et des espaces publics
- Directive du 13 avril 2006, relative à l'application de la loi n°2005-102 du 11 février 2005, pour l'accessibilité des services de transport public terrestre des personnes handicapées et à mobilité réduite, BO du ministère chargé de l'équipement n°2006/13
- Norme NF P 98-351 : Cheminements - Insertion des handicapés - Éveil de vigilance : Caractéristiques, essais et règles d'implantation des dispositifs podotactiles au sol d'éveil de vigilance à l'usage des personnes aveugles ou malvoyantes.
- Norme NF P 98-351 : Cheminements - Bandes de guidage tactile au sol, à l'usage des personnes aveugles et malvoyantes ou des personnes ayant des difficultés d'orientation

Annexe 2 : Les finitions du béton (traitements de surface)

Traitements de surface	Caractéristiques
béton désactivé	obtenu par épandage d'un désactivant empêchant la prise de la croûte supérieure du béton (sur 1 mm) puis par passage d'eau dessus pour enlever la pellicule de béton
béton balayé	obtenu par balayage du béton frais avec des balais à poils durs ou des râtaux
béton lissé	obtenu après talochage fin du béton frais et passage d'une toile de jute afin de mettre en relief les grains de sable
béton sablé	obtenu par projection à l'air comprimé d'un jet de sable
béton lavé	obtenu par simple lavage au jet d'eau
béton bouchardé	État de surface obtenu par passage d'une boucharde, machine équipée de marteaux à tête en carbure qui martèle la surface du béton durci, produisant un éclatement localisé. (boucharde)
béton grenaillé	État de surface obtenu par projection à forte puissance de grenaillage métallique à la surface du béton durci.
béton imprimé (estampé)	Le béton imprimé, obtenu par saupoudrage d'un durcisseur minéral coloré sur la surface fraîche du béton, permet à l'aide d'une matrice de donner formes et couleurs décoratives au pavage. Produit résistant aux trafics roulants.
béton projeté	Le pavage est obtenu par projection d'une résine minérale colorée sur la surface d'un support existant à l'aide d'un pochoir, le produit s'adapte sur tout support existant dans le neuf ou la réhabilitation, produit de très faible épaisseur, pouvant être utilisé sur un dallage existant.
béton matricé	Le béton matricé est obtenu par la pression d'une empreinte au moment du coulage, sur la surface fraîche d'un béton préalablement recouvert d'un durcisseur minéral coloré ou coloré dans la masse, afin de lui conférer le relief, la forme et la couleur décorative d'un pavage, d'un dallage ou autre (bois...)
béton acidé (acidifié)	En traitant le béton lisse à l'acide et en le rinçant minutieusement, la surface prend un effet « pierre de taille » à l'apparence uniforme. Les revêtements acidifiés sont créés avec comme base des acides de sels minéraux qui pénètrent dans le béton et en changeant chimiquement la couleur pour produire des effets de couleurs uniques et permanents.
béton poreux	Le béton poreux est teinté dans la masse et réalisé avec une coupure de granulats très petite laissant ainsi une grande partie de vide. Le matériau présente ainsi une porosité importante permettant le drainage de l'eau.
béton flammé ou brûlé	Cette technique développée à l'origine pour le traitement des dalles de pierre naturelle consiste à faire apparaître la texture du matériau par éclatement superficiel provoqué par l'action d'une flamme en surface.
Béton hydrosablé ou hydrogommé ; Béton grésé ; Béton taloché ; Béton poncé ; etc.	

Annexe 3 : Pentes des revêtements paysagers

Extrait du fascicule 35 page 94.

À titre indicatif le tableau ci-dessous récapitule les pentes recommandées en fonction des revêtements choisis :
Ce tableau est donné à titre indicatif pour une pluviométrie moyenne horaire de 0,005 m.

% des pentes sur voie, allées, aires de jeux suivant les matériaux												
	Stabilisé											
	Drainé		Non drainé		Enduit gravilloné		Enrobés		Asphalte		Béton et pavés	
	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T
Minimum	0	1	1	1	1	1,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1
Correct	1,5	1,5	1,5	1,5	2	2	3	3	2	2	3	2,5
Maximum	2	2	2	2	3	3	15	15	5	5	10	5
Pentes (en %) L : en longueur ; T : en travers												

Ces valeurs sont toutefois modulables en fonction des conditions pluviométriques du site et de la qualité du matériau utilisé. Elles peuvent également être adaptées selon les zones de raccordement et les longueurs sur lesquelles elles sont utilisées.

« Pour les revêtements lisses (enrobé, asphalte, béton lisse et stabilisé traité au liant d'une granulométrie inférieure à 5 mm) la qualité de mise en œuvre doit éviter la formation de flaques d'eau de plus de 5 mm de profondeur sous une règle plane rectiligne de 3 m. Pour les revêtements en dallage ou pavage, cette profondeur est portée à 1 cm. Pour les allées engazonnées et le stabilisé mécanique, elle est portée à 1 cm.

Le CCTP peut autoriser des prescriptions moins rigoureuses lorsque les pentes longitudinales et transversales sont importantes. »

Attention : sur l'ensemble des zones publiques accès PMR, la pente ne doit pas être contradictoire avec les autres normes PMR.

Annexe 4 : Répartition des classes de risques en fonction des usages

Classes	Situation en service	Exemples d'emplois
1	Bois sec, humidité toujours inférieure à 20%	Menuiseries intérieures à l'abri de l'humidité : parquets, escaliers, intérieurs, portes...
2	Bois sec mais dont l'humidité peut occasionnellement dépasser 20%	Charpente, ossatures correctement ventilées en service
3	Bois à une humidité fréquemment supérieure à 20 %	Toutes pièces de construction ou menuiseries extérieures verticales soumises à la pluie : bardages fenêtres... Pièces abritées mais en atmosphère condensante
4	Bois à une humidité toujours supérieure à 20 %	Bois horizontaux en extérieur (balcons, coursives...) et bois en contact avec le sol ou une source d'humidification prolongée permanente
5	Bois en contact permanent avec l'eau de mer	Piliers, pontons, bois immergés

Essences résineuses tempérées	Classes			
	1 (a)	2 (a)	3 (a)	4 (a)
Épicéa				
Hemlock				
Sapin				
Pin noir et laricio				
Pin weymouth				
Cèdre				
Douglas				
Mélèze				
Pin maritime				
Pin sylvestre				
Pitchpine				
Western red cedar				

Essences feuillues tempérées	Classes			
	1 (a)	2 (a)	3 (a)	4 (a)
Bouleau				
Charme				
Érable				
Eucalyptus				
Frêne				
Hêtre				
Peuplier				
Tilleul				
Chêne rouge d'Amérique				
Orme				
Noyer				
Châtaignier				
Chêne rouvre & pédonculé				
Robinier				

Essences tropicales	Classes			
	1 (a)	2 (a)	3 (a)	4 (a)
Ayous				
Illomba				
Limba				
Samba				
Lauan white				
Dibétou				
Framiré				
Amarante				
Angélique				
Azobé				
Kosipo				
Méranti				
Niangon				
Sipo				
Wengé				
Bété				
Douka				
Doussié				
Iroko				
Kapur				
Moabi				
Padouk				
Teck d'Asie				

(a) Sans limitation de durée de service.

(b) Pour des durées de service de l'ordre de 25 ans indépendamment de déformations à maîtriser séparément.

(c) Le comportement et la durée de service dépendent de nombreux facteurs liés au sol, climat, exposition, section de pièces, etc. L'appréciation est donnée ici pour une durée moyenne de plus de 10 ans sans attaque significative. Il n'est pas non plus tenu compte de la section des bois qui, toutes choses égales par ailleurs, peut retarder la rupture des pièces attaquées par la pourriture.

Légende :



Non naturellement résistant



Naturellement résistant

Edité par les Editions de Bionnay

SAS d'édition de presse au capital de 140 800 euros - RCS Lyon 401 325 436

Les Editions de Bionnay - route du Château de Bionnay - 69640 Lacenas

Président : Erick Roizard

Directeur général : Martine Meunier

Tél. 04 74 02 25 25 - Fax. 04 37 55 08 11 - E-mail : leseditionsdebionnay@orange.fr



Dépôt légal à parution - ISBN : 978-2-917465-23-3 - Imprimerie Chirat (42540).

Toute reproduction ou représentation intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit, des pages publiées dans la présente publication, faite sans autorisation de l'éditeur, est illicite et constitue une contrefaçon.

Seules sont autorisées les reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective, et les analyses et courtes citations justifiées par le caractère scientifique ou d'information de l'œuvre dans laquelle elles sont incorporées (Loi du 11 Mai 1957 - articles 40 et 41 et Code pénal en son article 425).

L'UNEP étant titulaire des droits d'auteur, en aucun cas, les Editions de Bionnay ne pourraient être tenues pour responsables de toute omission d'une donnée ou d'une information, ou de toute erreur ou lacune dans les règles professionnelles.

