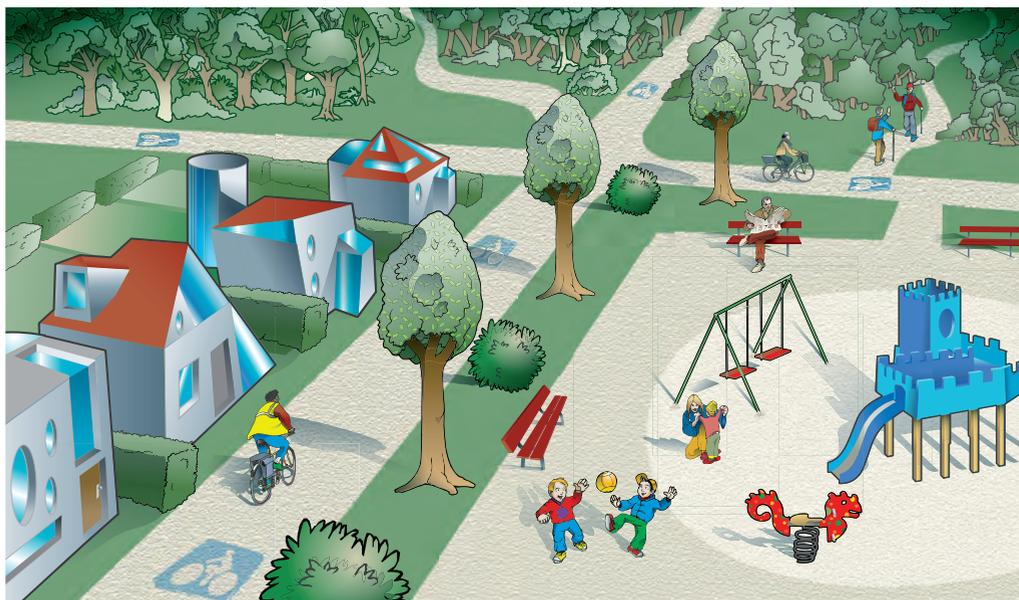


AMÉNAGEMENTS DÉCORATIFS EN MATÉRIAUX NATURELS STABILISÉS AUX LIANTS HYDRAULIQUES

Caractéristiques techniques et règles de bonne pratique



Syndicat National
du Béton Prêt à l'Emploi



Contributions à l'ouvrage :

Joseph	ABDO	Cimbéton
Gérard	Bonnet	Expert
Ludovic	Casabiel	Vicat
Frédéric	Didier	Holcim Ciments
Patrick	Dubois	Ciments Calcia
Antoine	Garrido	Ciments Calcia
Jean-Marc	Potier	SNPBPE
Jean-Christophe	Redon	Lafarge Ciments
Jean-Pascal	Soufflet	Holcim Ciments
Benoist	Thomas	SNBPE
Michel	Huet	Maire de Sarigné (49)

Sommaire

I. Présentation	5
------------------------	----------

2. Domaines d'utilisation	6
2.1 Voies accessibles aux véhicules légers	6
2.2 Voies inaccessibles à la circulation automobile	7

3. Qualités exigées	7
3.1 Esthétique : couleur et texture en harmonie avec l'environnement	7
3.2 Tenue sous sollicitations de la circulation : charges verticales et efforts horizontaux	8
3.3 Confort et sécurité	8
3.4 Résistance aux agressions climatiques : pluie, gel, vent	8
3.5 Entretien et réparations faciles	9

4. Matériaux utilisables	10
4.1 Les Sables	10
4.2 Graves 0/D	12

5. Liants	13
5.1 Ciments	13
5.2 Liants hydrauliques routiers	14
5.3 Liants hydrauliques routiers spécifiques	14

6. Ajouts éventuels	14
6.1 Les chaux	14
6.2 Les fillers ou correcteurs granulométriques	15
6.3 Les retardateurs de prise	15
6.4 Les colorants	15

7. Études	16
7.1 L'identification des granulats	16
7.2 La détermination des dosages	17
7.3 La détermination de la teneur en eau	17
7.4 La détermination des performances mécaniques	17

8. Dimensionnement	18
8.1 - Hypothèses prises en compte	18
8.2 - Caractéristiques des matériaux	19
8.3 - Dimensionnement	19

9. Fabrication du matériau	21
9.1 Fabrication en usine de béton prêt à l'emploi	21
9.2 Fabrication en centrale pour graves traitées	21

10. Réalisation du chantier	22
10.1 Préparation du chantier	22
10.2 Préparation du support	22
10.3 Mise en œuvre	23

11. Contrôles	26
11.1 Contrôle des granulats	26
11.2 Contrôle de la fabrication	27
11.3 Contrôle de la mise en œuvre	27

12. Mise en service	27
----------------------------	-----------

13. Entretien et réparations	28
-------------------------------------	-----------

Bibliographie	29
----------------------	-----------

1 - Présentation

Les voiries sans ou à très faible circulation automobile doivent très souvent satisfaire à des exigences esthétiques et parfois économiques. Une couche de roulement, répondant à ces exigences et permettant d'obtenir le résultat souhaité par les maîtres d'œuvre, peut être réalisée avec des sables ou des gravés stabilisés au ciment, avec un liant hydraulique routier ou avec un liant hydraulique routier spécifiquement formulé pour cet usage.

Ces matériaux sont constitués :

- de matériaux naturels ;
 - de ciment, de liant hydraulique routier ou d'un liant hydraulique routier spécifique ;
 - d'eau ;
- et éventuellement
- d'un adjuvant retardateur de prise ;
 - d'un correcteur granulaire (fillers).

Selon l'importance du projet, ils seront élaborés dans une unité de fabrication : centrale de béton prêt à l'emploi ou centrale pour gravés traités. Toutefois, des produits pré-dosés pourront être directement utilisés sur le chantier.



Chartres, place aménagée en sable calcaire stabilisé au ciment.

Les sols traités en place ne sont pas concernés par le présent document.

Utilisés habituellement pour la construction des assises des chaussées courantes (couches de fondation, couches de base), ces matériaux sont définis et encadrés par les normes NF EN 14227-1 et NF EN 14227-5. Cependant, pour les chantiers concernés par le présent document les exigences de ces normes seront à adapter aux contraintes du trafic qu'ils supporteront.

Lorsque l'aspect décoratif est d'abord recherché, les critères de choix des constituants pour la mise en valeur du projet devront tenir compte de :

- la couleur et la granulométrie des sables et graviers ;
- la teinte du liant hydraulique.

2 - Domaines d'utilisation

Les domaines d'utilisation sont multiples et nous les avons classés en deux catégories.

2.1 - Voies accessibles aux véhicules légers

Il existe plusieurs types de voies accessibles aux véhicules légers :

- les aires de stationnement ;
- les pistes cyclables ;
- les esplanades ;
- les allées de parcs de loisirs ou de cimetières ;
- les allées forestières ;
- les pistes hippiques, etc.



Les allées reçoivent la circulation des véhicules d'entretien : camionnettes, tracteurs, tondeuses qui restent cependant bien moins agressifs que les poids lourds (essieu de 13 tonnes) pris en considération pour le dimensionnement des chaussées.

Parking pour véhicules légers en sable stabilisé.

2.2 - Voies inaccessibles à la circulation automobile

Certaines voies ne peuvent être soumises à la circulation automobile :

- les allées piétonnes ;
- les aires de jeux ;
- les pistes cyclables ;
- les îlots de séparation ;
- les trottoirs, etc.

Toute circulation ne pourra y être qu'exceptionnelle (dégradations de surface possibles).



Abords d'un carrefour giratoire en sable stabilisé rose à l'aide d'un liant hydraulique routier spécifique.

3 - Qualités exigées

La couche de roulement de ces voiries doit répondre aux qualités suivantes.

3.1 - Esthétique: couleur et texture en harmonie avec l'environnement

Ce type de revêtement est généralement choisi par les prescripteurs pour son caractère « rustique et minéral ». L'utilisation de matériaux locaux renforce l'intégration paysagère du projet avec son environnement.

3.2 - Tenue sous sollicitations de la circulation : charges verticales et efforts horizontaux

Les voies mentionnées au paragraphe 2.1 accessibles aux véhicules doivent résister :

- aux sollicitations des charges verticales, le rôle d'une couche de roulement étant de les transmettre au support sans se déformer,
- à des efforts horizontaux induits par les démarrages, les freinages et les dérapages.

En particulier, les motos et les engins agricoles ont des pneumatiques souvent agressifs.

3.3 - Confort et sécurité

Les caractéristiques de surface doivent permettre aux véhicules légers et aux cycles de circuler confortablement. Pour les piétons, le revêtement doit être souple à la marche, non glissant et non salissant et il doit être sécurisant pour les jeux.

3.4 - Résistance aux agressions climatiques : pluie, gel, vent

Les matériaux liés aux liants hydrauliques sont peu ou pas sensibles à l'érosion provoquée par le vent et moins sensibles aux précipitations que les matériaux non traités. On devra néanmoins bien étudier l'évacuation des eaux et l'emploi de ces matériaux est déconseillé pour des pentes longitudinales > 4 %.



Poitiers: le forum de la bibliothèque universitaire a retrouvé sa vocation piétonnière grâce au sable-ciment.

À Marseille, la promenade a été conçue pour supporter un trafic de vélos, de piétons, mais aussi de véhicules légers dévolus à la collecte des ordures.



À Poitiers, parvis de la piscine de la Pépinière: cohabitation de la pierre, du béton et du sable stabilisé au ciment.

Selon leurs performances mécaniques (voir le paragraphe 7.4) ces matériaux pourront être plus ou moins sensibles au gel. La pose de barrières de dégel pourra être éventuellement nécessaire sur les voies relevant du paragraphe 2.1 accessibles aux véhicules légers.

3.5 - Entretien et réparations faciles

Les matériaux liés aux liants hydrauliques peuvent être balayés sans générer de poussières et sans déplacement de matériau. Les dégradations éventuelles, nids de poule, ravinements peuvent se réparer facilement si l'on a pris soin de conserver un stock du matériau non traité. Seules les taches d'hydrocarbures seront plus difficiles à enlever.

4 - Matériaux utilisables

Les matériaux ne doivent pas contenir de terre végétale ou de matières organiques qui peuvent contrarier la prise et le durcissement du liant ou des sulfates qui peuvent provoquer des phénomènes de gonflement.

4.1 - Les sables

Comme indiqué dans la norme NF EN 14227-1 les sables considérés ci-après ont :

- « D » inférieur ou égal à 6,3 mm ;
- un passant à 0,063 mm inférieur à 25 %.

Leurs caractéristiques de granulométrie et de propreté seront au moins celles de la catégorie « c » de la norme XP P 18-545 :

- la friabilité des sables ou du mélange de sables devra être ≤ 60 ;
- l'étendue (variation) du pourcentage de passants à 0,063 mm sera ≤ 6 .

■ 4.1.1 - Les Sablons 0/D ($D \leq 1 \text{ mm}$)

Ce sont des sables naturels comme les sables de Fontainebleau, les sables de dune, les sables du Perche, etc. Ils doivent avoir les caractéristiques suivantes :

- Équivalent de sable : SE \geq à 40.
- Passant à 0,063 mm $<$ 25 %.

Ces sablons sont généralement « homométriques » et ne peuvent pas être utilisés sans un ajout de sable concassé pour corriger leur courbe granulométrique.



Détail d'un sable rose stabilisé à l'aide d'un liant hydraulique routier spécifique.

■ 4.1.2 - Les Sables 0/D ($1 < D \leq 6,3 \text{ mm}$)

4.1.2.1 - Les sables naturels alluvionnaires

Ce sont des sables naturels obtenus par tamisage de matériaux alluvionnaires.

Leur granularité est généralement de 0/4 ou 0/5 mm et dont le passant à 0,063 mm est inférieur à 5 %. Ils doivent avoir les caractéristiques suivantes :

– Équivalent de sable : $SE \geq 60$.

Ils ne peuvent pas être utilisés sans un ajout de sable concassé et ou de filler pour corriger leur courbe granulométrique.

Traversée de village : trottoir en sable rose stabilisé à l'aide d'un liant hydraulique routier spécifique.



4.1.2.2 - Les sables obtenus par concassage de matériaux alluvionnaires ou de roches massives

Leur granularité peut varier de 0/2 à 0/6 selon les carrières et dont le passant à 0,063 est supérieur à 10 % (il peut aller jusqu'à 22 %). Ils doivent avoir les caractéristiques suivantes :

– Équivalent de sable : $SE \geq 40$.

– Valeur au bleu : $VB \leq 3$.

Ils sont souvent utilisés pour corriger les courbes granulométriques des sablons et des sables alluvionnaires précédents.

■ 4.1.3 - Les sables naturels et sablons disponibles non conformes

Au moins une caractéristique (équivalent de sable ou passant à 0,063) n'est pas conforme à la catégorie « c » de la norme XP P 18-545. Si leur teneur en eau au moment des travaux est trop élevée, ces matériaux nécessiteront un traitement préalable à la chaux.

Ils sont déconseillés pour les voies du paragraphe 2.1 accessibles à la circulation automobile parce qu'ils ne permettent pas d'obtenir des performances mécaniques suffisantes pour en supporter les contraintes.

4.2 - Les graves 0/D

Pour des raisons de confort et de sécurité, les graves utilisées auront un $D < 14$ mm.

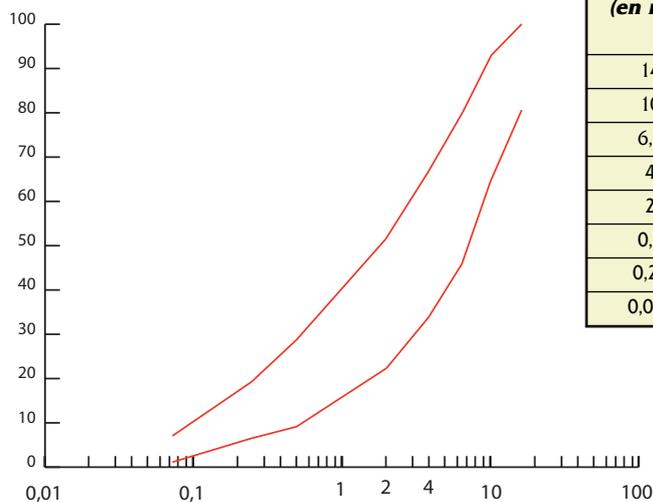


Détail d'une grave naturelle stabilisée à l'aide d'un ciment.

■ 4.2.1 - Les graves reconstituées 0/D (0/10, 0/14)

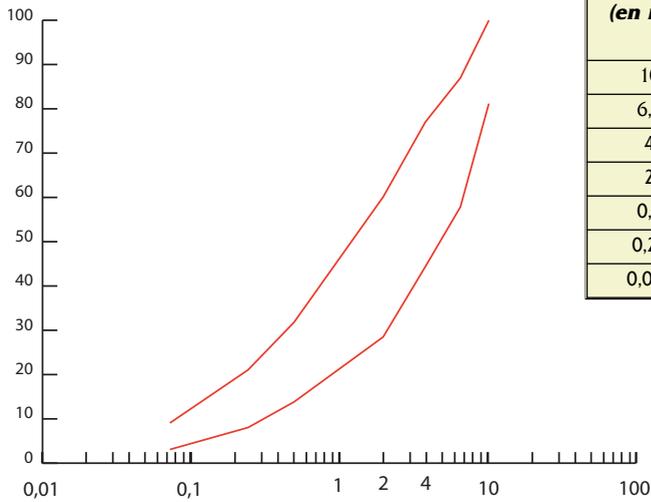
Leur courbe granulométrique sera comprise dans les fuseaux ci-après. L'équivalent de sable de la fraction 0/2 sera ≥ 40 .

Fuseau granulométrique 0/14



Tamis (en mm)	Pourcentage de passants en masse	
	0/14	
	Minimum	Maximum
14	81	100
10	64	93
6,3	46	80
4	34	67
2	22	52
0,5	9	28
0,25	6	19
0,063	0,5	7

Fuseau granulométrique 0/10



Tamis (en mm)	Pourcentage de passants en masse	
	0/10	
	Minimum	Maximum
10	81	100
6,3	58	87
4	44	77
2	29	60
0,5	13	32
0,25	8	21
0,063	2,5	9

■ 4.2.2 - Les graves naturelles

Ce sont des graves naturels obtenus par tamisage de matériaux alluvionnaires. Elles sont écrêtées à $D = 14$ mm.

Il ne sera toléré qu'une seule caractéristique (équivalent de sable SE sur fraction 0/2 ou passant à D) non conforme à la catégorie c de la norme XP P 18-545.

5 - Liants

5.1 - Ciments

Dans tous les cas, tous les ciments conformes à la norme NF EN 197-1 conviennent. Lorsque l'aspect décoratif est prioritairement recherché, on pourra utiliser des ciments qui altéreront peu la couleur du matériau naturel : les ciments de type CEM III dont l'indice de blancheur est élevé ou les ciments blancs.

5.2 - Liants hydrauliques routiers

Les liants hydrauliques routiers seront conformes à la norme NF P 15-108* ou à un agrément technique européen ou équivalent ou aux pratiques valides au lieu d'utilisation. Comme pour les ciments, on préférera les liants qui altéreront peu la couleur du matériau naturel.

5.3 - Liants hydrauliques routiers spécifiques

Les sociétés cimentières ont mis au point des liants hydrauliques routiers spécifiquement formulés pour cet usage et permettant :

- par leur clarté, de conserver la teinte naturelle des matériaux ;
- par leur cinétique adaptée et leur performance mécanique élevée à moyen terme, d'offrir au matériau une résistance à l'érosion et au ravinement.

6 - Ajouts éventuels

6.1 - Les chaux

Les chaux hydrauliques naturelles seront conformes à la norme NF EN 459-1, ou les chaux hydrauliques spécifiques adaptées.

** Cette norme française sera remplacée par les futures normes européennes : NF EN 13282-1 et NF EN 13282-2.*

6.2 - Les fillers ou correcteurs granulométriques

Lorsque le matériau de base manque d'éléments fins, on doit utiliser un correcteur granulométrique dont la dimension maximale D est inférieure à 0,125 mm avec 70 % de passants à 0,063 mm.

6.3 - Les retardateurs de prise

Les retardateurs de prise permettent d'allonger le délai de maniabilité (durée pendant laquelle le matériau traité peut être mis en œuvre). Ils seront choisis soit par référence à la norme NF EN 934-2, soit dans les produits spécialement mis au point pour ces matériaux traités et faisant l'objet d'une fiche technique.

6.4 - Les colorants

Les colorants servent à accentuer une teinte ou à la modifier. Les couleurs les plus économiques vont de l'ocre jaune à l'ocre rouge. Ils sont le plus souvent utilisés en centrale de béton prêt à l'emploi car il faut bien maîtriser le dosage et le malaxage pour obtenir une teinte homogène sur chaque gâchée et d'une gâchée à l'autre.



Le Tholonet: intégration parfaite dans le paysage d'un parking réalisé avec un sable calcaire 0/4 mm stabilisé au ciment.

7 - Études

Les normes NF P 98-114-1 et NF P 98-114-2 exposent la méthodologie d'étude en laboratoire des matériaux traités aux liants hydrauliques.

Le présent document limitant l'emploi de ces matériaux aux couches de surface de voiries à très faible ou sans circulation automobile, l'étude réduite proposée dans cette norme est suffisante.

7.1 - L'identification des granulats

L'identification des granulats doit inclure :

- une analyse granulométrique ;
- un essai de propreté (équivalent de sable SE ou bleu de méthylène MB).



Le forum de la bibliothèque universitaire de Poitiers : harmonie parfaite entre le sable stabilisé et le végétal.

7.2 - La détermination des dosages

La détermination du dosage en pourcentage de chacun des différents constituants considérés comme secs : principalement grave et sable avec les correctifs éventuels et liant de manière à obtenir une courbe granulométrique continue (courbe de Talbot) présentant un passant à 0,08 mm ($\geq 8\%$ pour $D \leq 6,3$ mm et $\geq 15\%$ pour $D \leq 1$ mm).

Les dosages en liant pourront varier selon leurs caractéristiques et les performances mécaniques souhaitées pour le matériau (voir paragraphe 7.4). Ils sont indiqués en pourcentage du poids du matériau sec.

Les dosages minima suivants seront néanmoins respectés :

- **pour les sables**, le dosage minimum en liant est **de 7 %** ;
- **pour les graves**, le dosage minimum en liant est **de 5 %**.

7.3 - La détermination de la teneur en eau

La teneur en eau doit permettre d'obtenir la densité la plus élevée : *Optimum Proctor*. C'est un facteur très important pour la mise en œuvre par compactage. Elle doit être régulière et prendre en compte les modifications pouvant intervenir entre la fabrication et la mise en œuvre : précipitations ou évaporation pendant le transport. Les camions bennes seront généralement bâchés.

7.4 - La détermination des performances mécaniques

Pour simplifier encore l'étude, nous avons choisi la classification par la résistance à la compression (système 1 du paragraphe 6.5.2 de NF EN 14227-1 et paragraphe 7.2 de NF EN 14227-5). La mesure de la résistance en compression (R_c) est effectuée selon les normes NF EN 13286-41. Ces mesures sont réalisées à 28 jours pour les ciments et à 60 jours pour les liants hydrauliques routiers.

Pour les voies accessibles aux véhicules (voir le paragraphe 2.1) on exigera une résistance caractéristique minimum de **7 MPa à 28 jours** pour les matériaux traités au ciment et à 60 jours pour ceux traités aux liants hydrauliques routiers. Pour les voies non accessibles aux véhicules cette même résistance sera de **3 MPa**.

L'indice de portance immédiat (IPI) pour les matériaux traités aux liants hydrauliques routiers sera ≥ 25 .

8 - Dimensionnement

8.1 - Hypothèses prises en compte

Plate-forme

Il sera retenu trois classes :

- PF1 : portance comprise entre 20 MPa et 50 MPa. Il sera retenu, pour les calculs, la valeur minimale de 20 MPa.
- PF2 : portance comprise entre 50 MPa et 120 MPa. Il sera retenu, pour les calculs, la valeur minimale de 50 MPa.
- PF3 : portance comprise entre 120 MPa et 200 MPa. Il sera retenu, pour les calculs, la valeur minimale de 120 MPa.

Trafic

Les calculs sont conduits pour une durée de vie de 20 ans avec un taux probabiliste de risque de 30 %. Le coefficient d'agressivité retenu est de 0,5.

En matière de trafic, il a été retenu :

- cas des cheminements piétonniers non autorisé à la circulation des véhicules ;
- cas des cheminements piétonniers autorisé à la circulation des véhicules légers (équivalent à 5 poids lourds sur la durée de vie) ;
- cas des cheminements piétonniers autorisé à la circulation des véhicules légers : (équivalent à 50 poids lourds sur la durée de vie).

8.2 - Caractéristiques des matériaux

Les calculs sont menés en considérant deux matériaux traités aux liants hydrauliques dont les caractéristiques nécessaires au dimensionnement sont données dans le tableau 2.

En l'absence de données précises sur le matériau, ces caractéristiques sont définies par analogie avec des matériaux mentionnés dans le guide de conception des chaussées SETRA/LCPC 1994.

Tableau 2: caractéristiques de deux matériaux traités aux liants hydrauliques

Caractéristiques mécaniques du matériau stabilisé (en compression)	σ_0 (MPa)	$- 1/b$	SN	Sh (m)	K_c	K_d
$R_c = 3$ MPa et $E = 5\,000$ MPa	0,2	10	0,8	0,02	1,5	1
$R_c = 7$ MPa et $E = 12\,000$ MPa	0,5	12	0,8	0,02	1,5	1

8.3 - Dimensionnement

Le dimensionnement repose sur le calcul itératif défini par la méthode française de dimensionnement rationnel des structures de chaussées. Dans le cas présent, les critères à vérifier pour le dimensionnement sont les suivants :

- σ_t : contrainte tangentielle à la base de la couche de matériaux traités,
- ε_z : déformation verticale au sommet de la couche de forme.

Nota

Après vérification, le critère de déformation verticale ε_z s'avère non dimensionnant. Par conséquent, il ne sera pas développé dans la suite de ce paragraphe.

Les calculs sont réalisés à l'aide du logiciel ALIZE de mécanique des chaussées dont les résultats sont présentés dans les tableaux 3, 4 et 5.

Tableau 3: épaisseurs de matériau stabilisé – cas d'un cheminement piétonnier non autorisé à la circulation des véhicules

Caractéristiques mécaniques du matériau stabilisé	Classe de la plate-forme		
	PF1	PF2	PF3
$R_c = 3 \text{ MPa}$ et $E = 5000 \text{ MPa}$	14 cm	12 cm	10 cm

Tableau 4: épaisseurs de matériau stabilisé – cas d'un cheminement piétonnier autorisé à la circulation des véhicules légers (équivalent à 5 poids lourds sur la durée de vie)

Caractéristiques mécaniques du matériau stabilisé	Classe de la plate-forme		
	PF1	PF2	PF3
$R_c = 7 \text{ MPa}$ et $E = 12000 \text{ MPa}$	21 cm	18 cm	14 cm

Tableau 5: épaisseurs de matériau stabilisé – cas d'un cheminement piétonnier autorisé à la circulation des véhicules légers (équivalent à 50 poids lourds sur la durée de vie)

Caractéristiques mécaniques du matériau stabilisé	Classe de la plate-forme		
	PF1	PF2	PF3
$R_c = 7 \text{ MPa}$ et $E = 12000 \text{ MPa}$	23 cm	20 cm	16 cm



Aménagement en sable stabilisé au liant hydraulique autorisé à la circulation des véhicules légers.



Square Jean Mermoz, à Poitiers: aménagement en sable stabilisé au ciment non autorisé à la circulation des véhicules légers.

9 - Fabrication du matériau

Les matériaux naturels stabilisés au ciment ou aux liants hydrauliques routiers pourront être élaborés dans une centrale de béton prêt à l'emploi ou dans une centrale pour graves traitées.

9.1 - Fabrication en centrale de béton prêt à l'emploi

Ces usines utiliseront généralement les granulats et les liants dont elles disposent. Cependant pour des chantiers importants, il sera possible d'approvisionner les matériaux désirés.

Les sables utilisés pour la fabrication du béton n'ayant généralement pas les caractéristiques exigées pour une mise en œuvre par compactage, une correction granulaire sera souvent nécessaire.

9.2 - Fabrication en centrale pour graves traitées

Ce matériel s'il est disponible dans une carrière ou une ballastière proche du chantier peut être rapidement adapté pour les approvisionnements en granulats, en liant, en sables ou fillers correcteurs et en adjuvants.

Pour les fabrications en usine de béton prêt à l'emploi ou en centrale pour graves traitées l'emploi d'un retardateur de prise sera fréquemment obligatoire pour augmenter le « délai de maniabilité » (durée pendant laquelle le compactage du matériau est possible) sans altérer ses performances mécaniques.

Le transport sera effectué soit en camions malaxeurs soit en camions bennes bâchées en prenant les précautions nécessaires pour ne pas modifier la teneur en eau du matériau.

10 - Réalisation du chantier

10.1 - Préparation du chantier

Les moyens de mise en œuvre : approvisionnement, réglage et compactage sont à adapter aux caractéristiques du chantier (accès, largeur, surface). Il est nécessaire de disposer d'engins de convoyage du matériau jusqu'à pied d'œuvre si l'accès est impossible aux camions malaxeurs et les compacteurs auront une taille adaptée à la géométrie du chantier.

Le délai de maniabilité du mélange devra être supérieur à la durée comprise entre le début de sa fabrication et la fin de son compactage.

10.2 - Préparation du support

La portance du support de cette couche de roulement devra être au moins de classe PF2 (module ≥ 50 MPa) ceci pour, d'une part, résister aux contraintes de la circulation de chantier et, d'autre part, permettre le compactage.

Ce support pourrait être constitué d'une couche de grave non traitée (GNTB) qui présente l'intérêt de pouvoir jouer, à terme, le rôle d'un massif plus ou moins drainant sous le matériau stabilisé.

Le support sera nivelé avec une tolérance de + ou - 2 cm. Il sera humidifié par temps chaud ou s'il est très perméable.

Il faudra prévoir une forme de pente pour recueillir les eaux de ruissellement ainsi que leur évacuation.

10.3 - Mise en œuvre

■ 10.3.1 - Les conditions météorologiques

La mise en œuvre se fera hors précipitations.

La prise du liant est fortement ralentie lorsque la température extérieure est $< 5\text{ °C}$ et ne se produit pas pour des températures $< 0\text{ °C}$.

Des gelées dans les jours qui suivent la mise en œuvre pourront dégrader sérieusement le matériau tant que ses performances mécaniques seront $< 1\text{ MPa}$.

Par temps chaud ou très sec, le support sera humidifié.

■ 10.3.2 - Le répandage

La mise en œuvre se fera par couches foisonnées de 8 à 15 cm. Dans le cas de matériaux approvisionnés en cordons le répandage sera réalisé soit à la main entre deux bastaings nivelés à la cote du matériau foisonné (+30 %), soit à la niveleuse, soit au finisseur.



Mise en œuvre d'un matériau stabilisé à l'aide d'un finisseur.

À noter que s'il est possible de mettre préalablement en œuvre les matériaux d'accotement (dans ce cas prévoir des saignées pour écouler les eaux de précipitations éventuelles) le respect des épaisseurs au répannage sera facilité et le compactage des bords sera plus efficace. Pour limiter l'érosion ou l'affaissement du matériau, il est conseillé d'effectuer un calage systématique en rive.



Détail d'un calage de rive.

■ 10.3.3 - Le compactage

Le compactage sera réalisé avant le début de prise du matériau (avant la fin du délai de maniabilité) avec un compacteur à jante lisse vibrant à faible amplitude pour les premières passes et sans vibration pour les passes de finition. Une pulvérisation légère d'eau sera peut-être nécessaire pour ajuster la teneur en eau avant compactage. En revanche, l'arrosage excessif de la bille du compacteur risque de « lessiver » le matériau.



Abords de la Maison du Tourisme à Alençon : mise en œuvre et compactage, sur un support en GNT, d'un sable stabilisé avec un liant hydraulique routier spécifique.

Exemple de compactage :

- 1 passe bille lisse pour la mise en place du matériau ;
- 2 à 4 passes (vibrées ou non selon la courbe granulométrique du matériau) ;
- 1 passe de finition bille lisse ou compacteur à pneu.

Pour les chantiers de taille moyenne, l'utilisation d'un compacteur mixte bille-pneu d'une largeur de 1,20 m et un poids d'1,5 tonnes permet d'obtenir de bons résultats.

Pour les très petits chantiers ou lorsque la largeur de la voie ne permettra pas le passage d'un compacteur et pour les sables fins prévus en faible épaisseur, des plaques vibrantes pourront être utilisées en limitant à 8 cm l'épaisseur de chacune des couches mises en œuvre.

Lors du chevauchement de bandes, le recouvrement se fait avec du matériau foisonné qui sera compacté ensuite. Les « finitions » autour d'obstacles : plantations, regards, etc. seront réalisées avec une hie. Pour les sables stabilisés si l'on désire garder un aspect très naturel, un « rejet couche mince non liée » sera obtenu par un léger balayage après compactage.

■ 10.3.4 - Les joints

Joints de construction

Lors de chaque reprise de mise en œuvre l'extrémité de la bande déjà réalisée sera découpée verticalement sur toute son épaisseur pour éliminer le biseau de fin de chantier et les matériaux résultant de cette découpe seront évacués.

Joints de retrait

Il y a plusieurs possibilités.

- Si l'aspect très naturel du matériau brut est recherché, le concepteur pourra choisir de ne pas réaliser de joint. Les fissures qui se produiront seront plus ou moins masquées (surtout par temps sec) par les éléments fins du rejet.
- Si l'on désire ne pas avoir de fissuration sauvage pour les matériaux à finition lissée ou si le dosage en liant est élevé, des joints de retrait seront réalisés :
 - soit par réservations (mise en place de languettes de contreplaqué, de bois aggloméré ou de profilés spéciaux en matière plastique),
 - soit par préfissuration ou par sciage.

Ces joints seront espacés de 3 à 10 m.

■ 10.3.5 - La Cure

En fin de compactage une cure devra protéger le matériau d'une évaporation trop rapide pendant la prise et le durcissement du liant sans altérer la couleur du matériau stabilisé.

Deux solutions sont possibles.

Les produits de cure

Ils seront conformes aux spécifications de la norme NF P 18-370. Ils seront incolores ou d'une couleur identique à celle du matériau. Ils seront pulvérisés immédiatement après le compactage sur la surface du matériau en respectant le dosage indiqué. Le fait qu'ils soient incolores ou de la couleur du matériau demandera d'être attentif.

Une protection de surface étanche

On peut utiliser une feuille de polyane ou un géotextile humidifié. Cette méthode est efficace mais plus difficile à mettre en œuvre sur les chantiers importants. Cette protection sera maintenue durant quatre jours au moins. La cure à l'eau par arrosage direct est fortement déconseillée étant donné le risque de lessivage du liant.

11 - Contrôles

11.1 - Contrôle des granulats

- Les granulats normalisés sont contrôlés conformément à la norme XP P 18-545.
- Pour les granulats non normalisés les modalités de contrôle seront définies dans chaque cas à partir des résultats de l'étude en tenant compte de la dispersion de leurs caractéristiques.

11.2 - Contrôle de la fabrication

Lors de la fabrication en centrale de béton BPE, ou en centrale pour graves traitées, on vérifie le bon fonctionnement des dispositifs de dosage, le respect des proportions des différents constituants, l'homogénéité des mélanges en sortie de malaxeur et leur dosage en eau.

La confection d'éprouvettes pour vérification ultérieure des performances mécaniques est un gage de contrôle supplémentaire.

11.3 - Contrôle de mise en œuvre

Les caractéristiques à contrôler sont :

- la conformité du support au projet par mesure de la portance et son nivellement ;
- le réglage de l'épaisseur foisonnée et le nivellement de la couche à mettre en œuvre ;
- la teneur en eau du matériau avant compactage ;
- la conformité des engins de compactage prévus et le respect des modalités d'utilisation ;
- la compacité du matériau par mesures de densité ;
- les profils en travers par nivellement ;
- la régularité de surface. Dans le sens transversal avec une règle ordinaire de 3 m, dans le sens longitudinal avec une règle roulante de 3 m (NF P 98-218-2). La tolérance sera de $\pm 1,5$ cm.

12 - Mise en service

Pour des températures ambiantes comprises entre 10 et 30 °C, la mise en circulation sur les matériaux traités aux liants hydrauliques (ciment, liant hydraulique routier) pourra se faire :

- quasi immédiatement pour les piétons ;
- quatre jours après, pour les véhicules légers ;
- quatorze jours après, pour les autres véhicules.

Ces délais seront majorés pour des températures ambiantes inférieures en moyenne à 10 °C.

13 - Entretien et réparations

Comme indiqué au paragraphe 3.5, ces voiries en sable stabilisé peuvent se balayer sans générer de poussière et de déplacement de matériau (exception faite des voiries avec « rejet voulu »). On évitera cependant d'utiliser des balais métalliques trop agressifs ainsi que des balayeuses aspiratrices.

Les réparations demandant à rester discrètes, il faudra utiliser un matériau identique à celui en place d'où l'intérêt d'en conserver un stock ainsi que la formulation.

Les taches d'hydrocarbures ne pourront pas être enlevées par lavage. Le matériau devra être découpé avec des bords verticaux sur une épaisseur ≥ 8 cm, enlevé et remplacé par du matériau propre soigneusement dosé et compacté.

On procédera de la même façon pour supprimer les nids de poule ou les saignées de ravinement en intervenant le plus rapidement possible.

Bibliographie

1 - Références normatives

- NF EN 13242** Granulats pour matériaux traités aux liants hydrauliques et matériaux non traités utilisés pour les travaux de génie civil et pour la construction des chaussées.
- XP P 18-545** Granulats. Éléments de définition, conformité et codification.
- EN 197-1** Ciment. Partie 1 : composition, spécifications et critères de conformité des ciments courants.
- ENV 13282** Liants hydrauliques routiers. Composition, spécifications et critères de conformité.
- NF EN 934-2** Adjuvants pour bétons, mortiers et coulis. Partie 2 : adjuvants pour béton : définitions spécifications et exigences.
- NF P 98-115** Assises de chaussées. Exécution des corps de chaussées.
- NF P 98-114-1** Assises de chaussées. Méthodologie d'étude en laboratoire des matériaux traités aux liants hydrauliques. Graves traitées aux liants hydrauliques.
- NF P 98-114-2** Assises de chaussées. Méthodologie d'étude en laboratoire des matériaux traités aux liants hydrauliques. Sables traités aux liants hydrauliques.
- NF P 98 218-2** Essais relatifs aux chaussées – Essai lié à l'uni – Partie 2 : mesure avec la règle roulante de trois mètres.
- NF EN 14227-1** Mélanges à base de liants hydrauliques et mélanges non traités. Partie 1 : mélanges granulaires liés au ciment pour assises de chaussées.
- NF EN 1227-5** Mélanges traités aux liants hydrauliques. Partie 5 : mélanges traités au liant hydraulique routier.

NF EN 459-1 Chaux de construction – Partie 1 : définitions, spécifications et critères de conformité.

NF EN 13286-41 Mélanges traités et mélanges non traités aux liants hydrauliques – Partie 41 : méthode d'essai pour la détermination de la résistance à la compression des mélanges traités aux liants hydrauliques.

2 - Publications

Utilisation des sols stabilisés en couche de surface
Service technique de l'urbanisme (STU) décembre 1985

Structures et revêtements des espaces publics
CERTU décembre 2001

Crédit photographique

Mairie de Poitiers (Poitiers), Photothèque Cemex,
Lafarge Ciments (Le Tholonet), tous droits réservés.

Mise en page et réalisation

Amprincipe Paris
R.C.S. Paris B 389 103 805

Illustration de la couverture

David Lozach

Impression

Imprimerie Chirat

Édition avril 2008