



Qualité suisse

DONNÉES TECHNIQUES

REVÊTEMENTS EN BÉTON

CREABETON

SOLUTIONS PAR PASSION

une
entreprise
de



Introduction	P. 4
--------------------	------

PAVÉS CLASSIQUES ET AUTOBLOQUANTS

Informations générales	P. 5
Définition des pavés classiques et autobloquants	P. 5
Domaine d'utilisation	P. 5
Composition de la superstructure	P. 6
Dimensionnement de la couche de fondation	P. 6
Lit de pose	P. 6
Epaisseur des pavés	P. 7
Valeurs indicatives du dimensionnement de la superstructure pour les pavages en béton ZP, T1, T2, T3	P. 8
Mise en oeuvre	P. 9
Agencement des pavés	P. 9
Joints	P. 10
Transitions	P. 11
Ruissellement des eaux de surface	P. 13
Entretien et nettoyage	P. 14

PAVÉS ECOLOGIQUES

Informations générales	P. 15
Définition des pavés écologiques	P. 15
Domaine d'utilisation	P. 15
Composition de la superstructure	P. 16
Dimensionnement de la couche de fondation	P. 16
Lit de pose	P. 16
Epaisseur des pavés	P. 17
Valeurs indicatives du dimensionnement de la superstructure pour les pavages en béton ZP, T1, T2	P. 18
Mise en oeuvre	P. 19
Agencement des pavés écologiques	P. 19
Joints	P. 20
Transitions	P. 21
Ruissellement des eaux de surface	P. 22
Entretien et nettoyage	P. 23

DALLES DE JARDIN

Informations générales	P. 25
Définition des dalles de jardin	P. 25
Domaine d'utilisation	P. 25
Composition de la superstructure	P. 25
Dimensionnement de la couche de fondation	P. 25
Lit de pose	P. 26
Epaisseur des dalles	P. 26
Valeurs indicatives du dimensionnement de la superstructure	P. 27
Mise en oeuvre	P. 28
Agencement des dalles	P. 28
Joints	P. 29
Bordures	P. 30
Ruissellement des eaux de surface	P. 31
Entretien et nettoyage	P. 32

DIMENSIONNEMENT

Terminologie	P. 33
Structure	P. 33
Valeurs de dimensionnement	P. 34
Bases déterminantes	P. 34
Dimensionnement de la portance	P. 35
Procédure	P. 35
Dimensionnement de la gélivité	P. 37
Procédure	P. 37
Dimensionnement du lit de pose	P. 38

INFILTRATION (PAVAGES PERMÉABLES)

Evacuer par infiltration au lieu d'imperméabiliser	P. 39
Conditions requises pour l'infiltration	P. 40
Degré de pollution (1 ^{ère} condition requise)	P. 40
Capacité d'infiltration du sol (2 ^{ème} condition requise)	P. 41
Vulnérabilité de la nappe phréatique (3 ^{ème} condition requise)	P. 42
Test d'infiltration	P. 43
Méthodes d'infiltration	P. 45
Le sol en tant que filtre, réservoir et élément de transformation	P. 48
Bases de dimensionnement des dispositifs d'infiltration	P. 49
Autorisation/compétence	P. 50

INTRODUCTION

Depuis 6000 ans déjà, les pavés sont utilisés avec succès pour consolider les chemins et les places. Les premières pierres de la technique de pavage moderne furent posées dès l'Empire romain. Depuis la fin du XIX^e siècle, le béton est utilisé pour fabriquer des pavés. Ils ont de multiples fonctions et sont principalement employés pour aménager les places et zones de rencontre dans les villes, afin d'y modérer le trafic. En raison de leurs formes et couleurs diverses, les pavés en béton sont de plus en plus utilisés pour les terrains et les jardins privés. Outre les pavés en béton, les dalles en béton de différentes formes et couleurs sont utilisables pour les surfaces sans trafic, telles que les jardins, parcs, chemins et terrasses. La différence entre les pavés et les dalles réside dans le rapport entre la longueur d'arête et l'épaisseur: si ce rapport est supérieur à 4, il s'agit d'une dalle. S'il est inférieur à 4, c'est un pavé.

Il est de plus en plus crucial de ménager les ressources naturelles et en particulier l'eau potable. Il est donc décisif de ne pas évacuer l'eau de pluie dans les canalisations mais de la laisser s'infiltrer sur place à travers la surface, ce qui garantit la réalimentation en eau potable. Cette procédure est de plus en plus souvent prescrite par les ordonnances sur la protection des eaux. Il existe deux variantes d'infiltration superficielle sur place: l'infiltration à travers le pavé (pavé filtrant) et l'évacuation de l'eau de pluie par les joints ou évidements (pavés à joints élargis et grilles de gazon).

Exigences en termes d'aménagement des espaces

Les exigences posées aux pavages et dallages sont très diverses selon les charges de trafic attendues, les domaines d'utilisation et/ou les souhaits d'ordre esthétique. Le pavage des routes et des places est soumis jour et nuit aux charges dynamiques de trafic et aux influences directes de l'environnement. Il doit être résistant et offrir un degré élevé de sécurité et de confort. Dans les zones piétonnes, les pavages et dallages doivent d'une part satisfaire à des exigences d'aménagement élevées et, d'autre part, garantir un niveau de sécurité et de confort élevé, tout en résistant aux charges de trafic des véhicules d'entretien.

Structure du guide

Le présent guide technique est subdivisé en deux parties principales: l'utilisation et la planification. La première partie concernant l'utilisation regroupe trois chapitres consacrés aux pavés, aux pavés écologiques et aux dalles de jardin. Ces chapitres s'adressent à l'utilisateur et contiennent toutes les informations essentielles pour créer un espace ou un chemin dans le respect des normes, de la construction à l'entretien et au nettoyage, en passant par les bordures. La deuxième partie de ce guide s'adresse aux planificateurs et contient des informations détaillées sur le dimensionnement et sur l'infiltration. Ce document traite uniquement du mode de construction sans liant et reflète l'état actuel des connaissances et de la technique. Les références aux normes se rapportent à la dernière édition.



Illustration 1: Espace public orné de pavés



Illustration 2: Espace orné de dalles de jardin

Avantages des revêtements préfabriqués en béton

De préfabrication industrielle, les pavés et dalles en béton ont des dimensions très précises, simplifiant ainsi la planification de l'aménagement des espaces et la pose. De plus, ces dimensions permettent généralement une pose mécanique.

Les pavés et dalles de jardin peuvent être soumis à des charges maximales immédiatement après avoir été posés. En plus de cette résistance immédiate, les revêtements peuvent être facilement ouverts pour les travaux d'entretien et remis en place. Une fois ces derniers terminés, il ne reste aucune trace des travaux d'entretien lorsque le revêtement aura été reconstitué avec le matériau prélevé.

PAVÉS CLASSIQUES ET AUTOBLOQUANTS

Informations générales

Définition des pavés classiques et autobloquants

Les pavés classiques et les pavés autobloquants sont des pavés en béton préfabriqués, destinés à la stabilisation de routes, chemins et places. On peut les répartir en deux groupes distincts :

Pavés classiques

Les pavés classiques sont dérivés des anciens pavages en pierre naturelle et présentent des formes relativement simples (rectangle, carré, cercle, hexagone).

Pavés autobloquants

Les pavés autobloquants sont des pavés classiques perfectionnés. Leur forme particulière entraîne un effet liant et de ce fait un comportement amélioré face aux sollicitations et aux efforts de cisaillement.

Domaine d'utilisation

En plus des considérations esthétiques, la classe de charge du trafic est déterminante dans le choix du type de pavé, de son épaisseur et de la méthode de pavage. Cette classe est définie selon la norme SN 640 480.

Classe de charge du trafic ZP (zones piétonnes)

Zones piétonnes, chemins, balcons, terrasses, etc. Les pavés autobloquants et classiques d'une épaisseur supérieure ou égale à 4 cm peuvent être posés dans ces zones.

Classe de charge du trafic T1 (trafic très léger)

Surfaces carrossables exclusivement empruntées par des véhicules légers, p.ex entrées de maisons ou parvis. Utilisation de pavés classiques et autobloquants à partir d'une épaisseur de 6 cm; une épaisseur de 8 cm est recommandée.

Classe de charge du trafic T2 (trafic léger)

Pour les places peu empruntées par des véhicules lourds, p.ex. rues de quartiers, etc. Des pavés classiques et autobloquants d'une épaisseur minimale de 8 cm doivent être utilisés dans ces rues.

Classe de charge du trafic T3 (trafic moyen)

Pour les surfaces au trafic mixte, avec véhicules légers et lourds, p.ex. les rues de quartier dans les zones industrielles et les lieux de transbordement. Les pavés autobloquants à emboîtement d'une épaisseur de 10 cm ne conviennent que partiellement à de telles surfaces.



Illustration 3: Pavé PAVINA®



Illustration 4: Pavé autobloquant CARENA® avec système d'ergots

Composition de la superstructure

Dimensionnement de la couche de fondation

La couche de fondation est la couche qui transmet au sous-sol les forces agissant sur la surface du pavage. Pour ce faire, on utilise un mélange de gravier de 0/45, satisfaisant aux exigences de la norme SN EN 13242 et compacté en couches d'environ 20 cm. Il est essentiel que la couche de fondation, tout comme l'infrastructure, soit perméable afin que l'eau ne stagne pas sous le pavage. Le dimensionnement de la couche de fondation est fonction de la portance sous-jacente, de la gélivité du sol et de la classe de charge du trafic déterminante (voir le chapitre Dimensionnement à la page 33).

La couche de fondation doit déjà présenter la pente finale minimale du pavage de 2%; la forme de la couche de fondation ne doit pas comporter d'inégalités supérieures à 2 cm, mesurées sur une latte de 4 m. Cela permet de garantir que le lit de pose présente la même hauteur sur toute la surface de construction sans aucun affaissement ultérieur, suite aux forces apparaissant dans le pavage.

Les irrégularités présentées par la forme de la couche de fondation ne doivent pas dépasser 2 cm le long d'une latte de 4 m.

Lit de pose

Le lit de pose sert de support et donc de véritable lit aux pavés. Il compense les tolérances de hauteur des pavés et égalise les petites irrégularités de la couche de fondation.

L'épaisseur du lit de pose doit être comprise entre 3 cm au minimum et 5 cm au maximum. L'épaisseur minimale garantit la pose parfaite des pavés, tandis que l'épaisseur maximale empêche la formation d'ornières. Le lit de pose doit avoir la même épaisseur sur toute la surface et être égalisé au profil.

Matériau du lit de pose

Il convient d'utiliser un agrégat minéral à calibre échelonné. Un mélange de sable-gravillon comprenant une part maximale de matières décantables ($\leq 0,063$ mm) de 5% et une granulométrie maximale de 8 mm devra être utilisé. Jusqu'à la classe de charge du trafic T3 incluse, le matériau du lit de pose doit satisfaire aux exigences de la norme SN EN 13043.

Les matériaux éprouvés suivants conviennent à la mise en œuvre du lit de pose:

Variante de pose A (cas normal)

- Pavage carrossable
- Pose manuelle ou mécanique des pavés

Le lit de pose est exécuté avec un mélange de sable-gravillon de 0/8 mm. En cas de pose mécanique, une précompression du lit de pose est recommandée.

Pavés autobloquants/classiques

Lit de pose

Couche de fondation

Sous-sol

Figure 1: Construction correcte avec un lit de pose d'épaisseur régulière

Pavés autobloquants/classiques

Lit de pose

Couche de fondation

Sous-sol

Figure 2: Construction incorrecte avec un lit de pose d'épaisseur irrégulière



Figure 3: Coupe détaillée de la superstructure

Variante de pose B (terrasse/toit plat)

- Pavage non carrossable
- Toits plats, terrasses, balcons
- Eventuellement au-dessus d'une couche d'isolation ou d'étanchéité

Le lit de pose est exécuté avec un gravier roulé de 4/8 mm afin d'éviter le risque de stagnation de l'eau.

En utilisant non pas un mélange de sable-gravillon pour le lit de pose, mais p.ex. du gravillon ou du gravier 2/4 ou 4/8 mm, le matériau de jointoiement à grains fins tendra à ruisseler davantage dans le lit de pose. La perte du matériau de jointoiement rendra le pavage instable. Dans le cas d'une couche de fondation en pierres concassées grossières, veiller à couvrir la surface d'un matériau plus fin de calibre échelonné, afin d'empêcher le ruissellement du matériau du lit de pose dans la couche de pierres concassées (voir la figure 4). Les travaux de mise en œuvre réalisés lors de fortes pluies favorisent l'affaissement des particules fines du matériau du lit de pose dans la couche de fondation sous-jacente. Une perte du matériau du lit de pose entraîne inévitablement des déformations du pavage (voir la figure 2).

Lit de pose de 3 cm à 5 cm au maximum égalisé au profil
Matériau du lit de pose: mélange de sable-gravillon de 0/8 mm (cas normal), gravier rond de 4/8 mm (toit plat/terrasses avec couches de protection)

Epaisseur des pavés

Les pavés en béton sont fabriqués dans des épaisseurs (H) allant de 4,5 à 12 cm. Les forces dynamiques engendrées par le trafic agissent dans plusieurs directions. Les charges verticales sont transmises au lit de pose et à la couche de fondation, indépendamment de l'épaisseur des pavés. Les forces horizontales ont tendance à provoquer la torsion des pavés. Ces forces doivent être absorbées par les faces latérales des pavés et entraînent une compression des arêtes. Plus le pavé est épais, plus cette compression des arêtes et les déformations du lit de pose sont réduites (voir les figures 5 et 6). Les pavés qui ne sont pas assez épais basculent sous l'effet du trafic et présentent un «profil en dents de scie». Un tel phénomène peut être observé sur les voies en pente et les tronçons de routes où les freinages et les démarrages sont fréquents, p.ex. au niveau des zones d'arrêts de bus. Vous trouverez de plus amples informations sur les pavés et leurs caractéristiques dans les fiches techniques correspondantes.



Figure 4: Perte du matériau fin du lit de pose dans la couche de fondation



Figure 5: Légère déformation due aux efforts de cisaillement en présence de pavés épais



Figure 6: Forte déformation due aux efforts de cisaillement en présence de pavés minces

Valeurs indicatives du dimensionnement de la superstructure pour les pavages en béton ZP, T1, T2, T3

CLASSES DE PORTANCE DES SOLS	STRUCTURE DU SYSTEME		CLASSE DE CHARGE DU TRAFIC			
			ZP Zones piétonnes Non carrossable	T1 Trafic très léger ≤30 (ESAL/jour)	T2 Trafic léger >30...100 (ESAL/jour)	T3 Trafic moyen >100...300 (ESAL/jour)
Classe de portance du sol S1						
- Faible portance - Coefficients M_E: de 6 à 15 MN/m² sur la forme - Sols à granulats fins à moyens: sable, limon, argile	Pavés		≥4 cm	≥6 cm	≥8 cm	≥10 cm
	Lit de pose		de 3 à 5 cm	de 3 à 5 cm	de 3 à 5 cm	de 3 à 5 cm
	Couche de fondation (mélange de gravier 0/45)		30 cm (coefficient M _E : ≥80 MN/m ²)	50 cm (coefficient M _E : ≥80 MN/m ²)	60 cm (coefficient M _E : ≥100 MN/m ²)	60 cm (coefficient M _E : ≥100 MN/m ²)
	Sous-sol					
Classe de portance du sol S2						
- Portance moyenne - Coefficients M_E: de 15 à 30 MN/m² sur la forme - Sols à granulats moyens: sable jusqu'à un granulat de 2 mm	Pavés		≥4 cm	≥6 cm	≥8 cm	≥10 cm
	Lit de pose		de 3 à 5 cm	de 3 à 5 cm	de 3 à 5 cm	de 3 à 5 cm
	Couche de fondation (mélange de gravier 0/45)		20 cm (coefficient M _E : ≥80 MN/m ²)	30 cm (coefficient M _E : ≥80 MN/m ²)	35 cm (coefficient M _E : ≥100 MN/m ²)	35 cm (coefficient M _E : ≥100 MN/m ²)
	Sous-sol					
Classe de portance du sol S3						
- Portance élevée - Coefficients M_E: de 30 à 60 MN/m² sur la forme - Sols à granulats moyens à grossiers: sable, gravier	Pavés		≥4 cm	≥6 cm	≥8 cm	≥10 cm
	Lit de pose		de 3 à 5 cm	de 3 à 5 cm	de 3 à 5 cm	de 3 à 5 cm
	Couche de fondation (mélange de gravier 0/45)		10 cm (coefficient M _E : ≥80 MN/m ²)	20 cm (coefficient M _E : ≥80 MN/m ²)	25 cm (coefficient M _E : ≥100 MN/m ²)	25 cm (coefficient M _E : ≥100 MN/m ²)
	Sous-sol					
Classe de portance du sol S4						
- Portance très élevée - Coefficients M_E: >60 MN/m² sur la forme - Sols à granulats grossiers: gravier avec un granulat de 2 à 60 mm	Pavés		≥4 cm	≥6 cm	≥8 cm	≥10 cm
	Lit de pose		de 3 à 5 cm	de 3 à 5 cm	de 3 à 5 cm	de 3 à 5 cm
	Couche de fondation (mélange de gravier 0/45)		(coefficient M _E : ≥80 MN/m ²)	10 cm (coefficient M _E : ≥80 MN/m ²)	15 cm (coefficient M _E : ≥100 MN/m ²)	15 cm (coefficient M _E : ≥100 MN/m ²)
	Sous-sol					

Le dimensionnement par rapport à la portance fait uniquement référence aux différentes portances du sol et à la classe de charge du trafic déterminante. Le dimensionnement de la gélivité doit être effectué séparément (voir le chapitre Dimensionnement à la page 33).

Mise en oeuvre

Agencement des pavés

L'agencement des pavés dépend d'une part de la sollicitation et d'autre part de l'aménagement de l'espace. Il est possible d'accorder une plus grande attention à l'aménagement lorsque la charge est réduite (ZP et T1). Là où la charge du trafic est plus élevée (T2 et T3), il est recommandé de choisir un agencement des pavés avec effet liant (appareil anglais ou en épi).

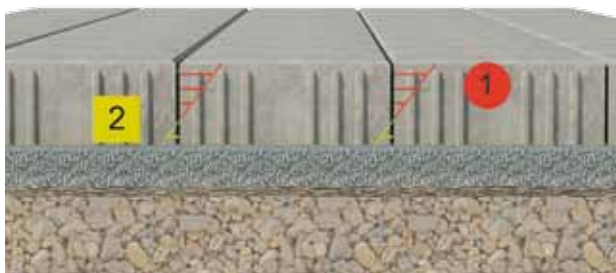


Figure 7: Forces agissant dans le pavé
1 Contrainte de compression dans la partie supérieure
2 Contrainte de compression dans la partie inférieure

Rangées perpendiculaires à la direction principale du trafic

L'agencement des pavés par rapport à la direction principale du trafic détermine également la stabilité du pavage. Les pavés disposés perpendiculairement à la direction principale du trafic ne peuvent absorber les forces provoquées qu'au niveau de deux faces latérales (voir la figure 8).

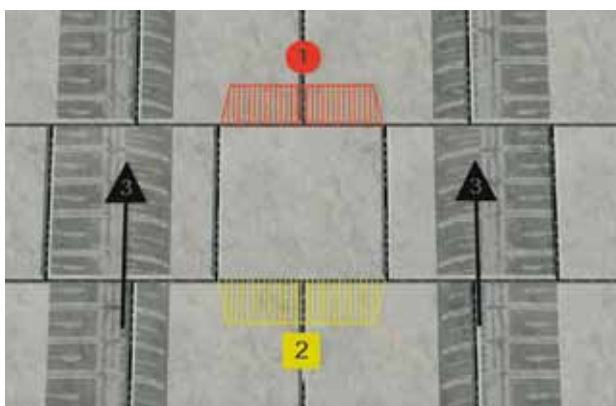


Figure 8: Répartition des forces avec des rangées perpendiculaires
1 Contrainte de compression dans la partie supérieure
2 Contrainte de compression dans la partie inférieure
3 Direction principale du trafic

Rangées obliques par rapport à la direction principale du trafic

Si les pavés sont disposés en rangées obliques (p.ex. à 45°) par rapport à la direction principale du trafic, les quatre faces latérales peuvent absorber les forces exercées, ce qui réduit fortement la compression des arêtes. D'autre part, les rangées obliques garantissent un bruit de roulement inférieur à celui des rangées perpendiculaires (voir la figure 9).

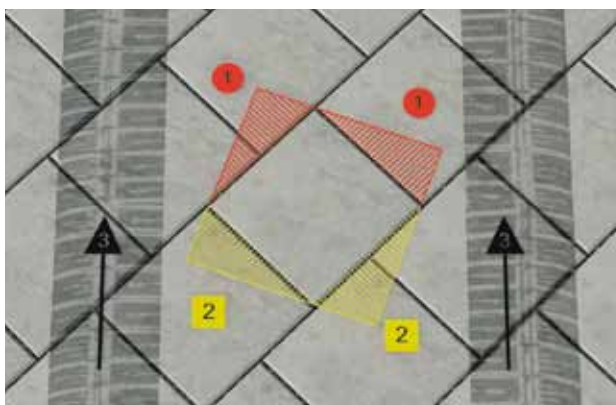


Figure 9: Répartition des forces avec des rangées obliques
1 Contrainte de compression dans la partie supérieure
2 Contrainte de compression dans la partie inférieure
3 Direction principale du trafic

La production a lieu conformément de la norme SN EN 1338.

Ecarts de couleurs

Le béton étant un produit naturel caractérisé par ses composants, la couleur des pavés peut légèrement varier. C'est pourquoi il est important de mélanger des pavés de différentes palettes lors de la pose, ce qui permettra d'obtenir un aspect global uniforme et attrayant.

Joint

Les caractéristiques d'un pavage ne sont effectives qu'à partir du moment où le joint assure sa fonction. Le paveur travaillant sur le chantier doit veiller à une réalisation correcte des joints.

Sans joint efficace, les pavés ne peuvent pas former de revêtement stable. On n'obtiendra qu'un simple amoncellement de pavés qui se déplaceront à la moindre sollicitation. Dans un tel cas, les charges ne sont pas transmises de manière uniforme au lit de pose et à la couche de fondation.

Dans le cas des pavés en béton, il convient de prévoir un joint de 3 à 8 mm en fonction du type de pavé et des sollicitations.

Les joints de pavés peuvent être formés au moyen d'entretoises. Le remplissage des joints doit toutefois avoir lieu dans les règles de l'art, même en cas de présence d'entretoises.

Le jointoiment au sable est impératif pour les pavages carrossables.

Matériau de jointoiment

Le matériau de jointoiment doit être adapté au matériau du lit de pose. En règle générale, on utilise un matériau de jointoiment sans liant qui satisfait aux exigences de la norme SN EN 13043; il est également possible d'utiliser un matériau de jointoiment avec liant et perméable à l'eau.

Les matériaux éprouvés suivants conviennent au jointoiment:

- sable de 0/2, 0/4 mm
- pour les joints élargis, mélange de sable-gravillon de calibre échelonné 0/4 mm
- «sable» Lithomex Easy: mortier de joint perméable à l'eau, lié au polymère (largeur de joints de 3 à 10 mm)

Le joint du pavé n'est efficace que s'il est entièrement garni de sable. Le cas échéant, le jointoiment devra être répété.

Une mauvaise exécution des joints peut entraîner des dommages, comme par exemple l'éclatement des arêtes (illustration 6).

Jointoiment/tassement

Avant de procéder à la vibration, les joints doivent être remplis à l'aide du matériau de jointoiment approprié. Le matériau de jointoiment est continuellement disposé sur la surface pour être ensuite intégré par balayage/arrosage. Grâce à l'arrosage, le matériau de jointoiment se compacte plus facilement et le joint reste stable plus longtemps. Ensuite, la surface devra être soigneusement balayée, en allant des bords vers le centre, puis compactée en ajoutant de l'eau jusqu'à ce que la construction soit stable. Ne pas utiliser de rouleaux compresseurs vibrants pour le tassement. Recouvrir la plaque vibrante d'un matelas en matière synthétique afin d'éviter d'endommager la surface des pavés.



Illustration 5: Pavage efficace grâce à un jointoiment correct



Illustration 6: Eclatement des arêtes dû à l'absence de jointoiment

Après le tassement, la partie supérieure des joints sera remplie avec le sable cohésif. Il est recommandé de laisser quelque temps le matériau de jointoiment sur le pavage afin d'obtenir un garnissage supplémentaire sous l'effet des conditions atmosphériques.

Sous l'effet des sollicitations mécaniques et des intempéries, le matériau de jointoiment ruisselle au fil du temps dans le lit de pose et le pavage perd de sa stabilité. C'est pourquoi il est nécessaire de contrôler périodiquement l'état des joints et, le cas échéant, de procéder à un remplissage.

Le maître d'ouvrage doit en être informé par le responsable des travaux.

Nous recommandons d'utiliser les vibrateurs de surface suivants:

Épaisseur de pavés jusqu'à 60 mm

Vibrateur de surface d'un poids d'environ 130 kg et d'une force centrifuge de 16 à 20 kN.

Épaisseur de pavés de 80 à 100 mm

Vibrateur de surface d'un poids d'environ 170 à 200 kg et d'une force centrifuge de 20 à 30 kN.

Épaisseur de pavés ≥100 mm

Vibrateur de surface d'un poids d'environ 200 à 600 kg et d'une force centrifuge de 30 à 60 kN.

Transitions

En cas de changements de surfaces (p.ex. différents pavages ou passage à un revêtement en enrobé), la délimitation entre les différents types de revêtement peut s'effectuer au moyen d'une bordurette en béton ou de pavés de marquage. Si les transitions ou bordures sont soumises aux charges du trafic, elles doivent être dimensionnées en fonction des classes de charges correspondantes (voir la figure 10).

Bordures

Les bordures entourent la surface pavée et empêchent un déplacement des pavés vers les zones situées aux extrémités. Outre leurs caractéristiques fonctionnelles, elles viennent parfaire l'aspect visuel de l'espace. Il est possible de construire des bordures visibles ou invisibles.

Bordure ou pavé de marquage (visible)

Les bordures et pavés de marquage sont en général utilisés pour marquer la séparation avec une différence de niveau entre les chemins piétonniers et les zones empruntées par des véhicules. Cette bordure sert souvent à évacuer les eaux de ruissellement (voir la figure 11).

Bordurettes (visible)

La bordurette sert à délimiter deux surfaces différentes d'un point de vue visuel et fonctionnel. Elle est bétonnée dans la couche de fondation et transmet les forces dans le sous-sol. Les bordurettes sont surtout appropriées pour délimiter les places de stationnement soumises à des efforts de cisaillement (voir la figure 12).



Figure 10: Transition avec bordurette en béton



Figure 11: Transition avec bordures et pavés de marquage



Figure 12: Transition avec une bordurette en béton

Bordure en béton (invisible)

Le bétonnage in situ procure aux pavés le soutien latéral nécessaire sans bordure visible. Il est important de veiller à ce que les pavés ne soient pas scellés et à ce que le béton atteigne la couche de fondation. Cette bordure est appropriée pour les aires de stationnement soumises à des efforts de cisaillement ainsi que pour les chemins et places de jardin (voir la figure 13).



Figure 13: Bétonnage de bordures in situ

Profilé de bordure en matière synthétique PAVE EDGE (invisible)

Le profilé de bordure PAVE EDGE convient aux chemins et places de jardin soumis à de faibles efforts de cisaillement. Il est fixé à l'aide de piques dans la couche de fondation (voir la figure 14).



Figure 14: Profilé de bordure en matière synthétique PAVE EDGE

Ruissellement des eaux de surface

Les revêtements en pavés autobloquants et classiques en béton doivent présenter une pente minimale de 2 % afin de garantir un écoulement irréprochable des eaux. Hormis l'écoulement sur le pavage, le drainage de la surface de la couche de support doit également être planifié et exécuté. L'eau ne doit en aucun cas stagner sous le pavage.

Pentes minimales dans les secteurs carrossables:

- **Pente longitudinale** minimale de 0,5 % pour assurer l'écoulement des eaux (norme VSS SN 640 110). Un caniveau transversal doit être construit en cas de pente longitudinale >8 %.
- **Pente transversale** minimale de 3 % pour le ruissellement des eaux de surface (norme VSS SN 640 742).

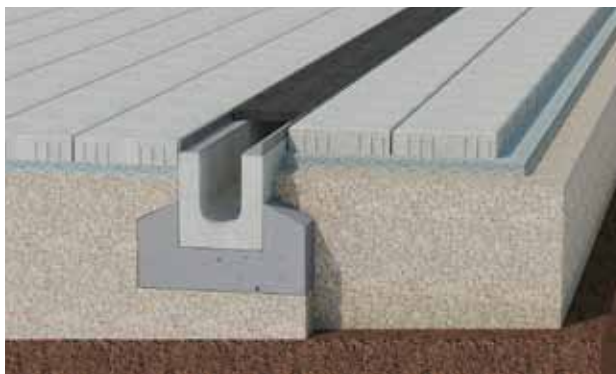


Figure 15: Caniveau de drainage dans le pavage

Caniveau de drainage

Le choix du type de caniveau dépend de la taille de la surface concernée et de la quantité d'eau à évacuer ainsi que du trafic pondéral attendu. Le caniveau doit être posé dans une semelle en béton (C 25/30) et bétonné sur les côtés. Respecter les prescriptions du fabricant de caniveaux afin de garantir une pose correcte du caniveau. Lors de la pose, veiller à ce que le bord supérieur du caniveau se trouve 2 à 5 mm en dessous du bord supérieur du pavage. De plus, le drainage du lit de pose doit être assuré le long du caniveau. Dans le cas de fortes pentes ou de forces de freinage élevées, il est nécessaire de prévoir un enrobage en béton, selon les indications de la direction des travaux (voir les figures 15 et 16).

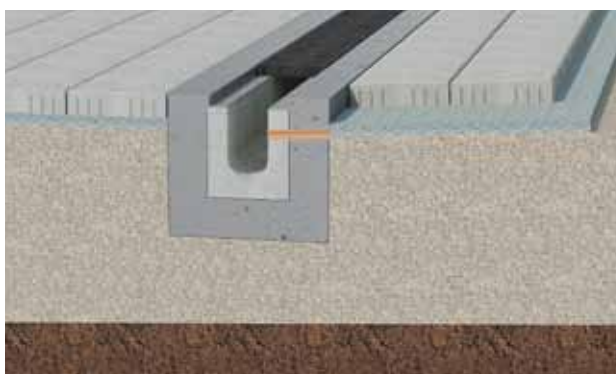


Figure 16: Caniveau de drainage avec enrobage en béton et drainage du lit de pose

Caniveau de drainage en pavés

Le drainage peut également être effectué au moyen d'un caniveau en pavés. Pour cela, les pavés sont placés, humide sur humide, dans un lit de pose lié au ciment qui définit la forme. Les joints doivent être exécutés avec un mortier au ciment afin d'éviter leur érosion (voir la figure 17).



Figure 17: Caniveau de drainage en pavés

Bouche d'écoulement sur un toit-terrasse

La réalisation de pavages sur un toit-terrasse, avec ou sans isolation, exige le plus grand soin. La pose des pavés et des bouches d'écoulement doit être effectuée en tenant compte des instructions de l'entreprise responsable de l'isolation ou de l'étanchéité. L'eau ne doit pas stagner afin d'éviter les efflorescences. Une pente minimale de 1,5 % (norme SIA 271) doit être respectée (voir la figure 18).



Figure 18: Drainage des toits plats et des terrasses

Entretien et nettoyage

En termes d'entretien et de nettoyage, les pavages exigent la même attention que les revêtements de sol à l'intérieur d'une maison. Quelques travaux menés de façon continue suffisent pour assurer la durabilité et l'attrait des pavés. Bien entretenus, les pavés en béton ont une durée de vie de 40 ans. Cependant, la durée de vie ne dépend pas seulement du pavé, mais aussi de la construction correcte et de l'efficacité du joint.

Entretien

Sous l'effet des sollicitations mécaniques et des intempéries, le matériau de jointoiement ruisselle au fil du temps dans le lit de pose et est balayé/emporté par l'eau de pluie et le nettoyage. Le pavage perd ainsi de sa stabilité et il est nécessaire de regarnir périodiquement les joints. Les petits tassements peuvent être corrigés rapidement par l'extraction des pavés, la réadaptation du lit de pose et la remise en place du pavage.

L'imprégnation de la surface réduit la capacité d'absorption du pavé. Il résiste alors mieux aux taches d'huile provenant de véhicules et aux boissons. De plus, la formation d'algues ou de mousse peut ainsi être éliminée plus facilement. La couche de protection lie et préserve la structure fine de la surface du pavé en béton et ralentit l'altération de la texture de surface, provoquée par les intempéries et l'usure. La plupart des couches de protection ont une durée de vie d'une à trois années, selon le produit de revêtement employé et le degré d'utilisation. Elles doivent donc être renouvelées à intervalles réguliers, en fonction de l'intensité du trafic piétonnier et automobile.

Déneigement

La neige doit être enlevée par des moyens mécaniques avant qu'elle ne se mette à geler. Si la glace s'est déjà formée, des sels de déverglacage peuvent être utilisés sur les pavages afin de prévenir les accidents. Les doses maximales suivantes devront être appliquées (SN 640 772b):

	Température	
	de 0 à -8°C	de -8 à -20°C
Quantité de sel de déverglacage	de 7 à 15 g/m ²	de 10 à 20 g/m ²
Proportion de mélange du sel de déverglacage	uniquement NaCl	NaCl 60% CaCl ₂ 30%

Le pavage peut subir des dommages irréparables en cas de surdosage et de non-respect des indications ci-dessus.

Ouverture et remise en place du pavage

Lorsqu'un pavage doit être ouvert pour des travaux de fouille ou de réfection, un espace de travail suffisant, d'au moins 2 m de large, doit être aménagé. Il est nécessaire d'extraire au moins 50 cm de plus, en partant du bord de la zone d'excavation. Du fait des contraintes horizontales subies par le pavage suite au trafic, le pavage sera stabilisé au moyen de bois équarri et d'étais placés au-dessus des fouilles. Ceci empêche le pavage de se déplacer en direction de la fosse. Parmi les différents types de revêtement existants, les pavages sont uniques en leur genre car les



Illustration 7: Produits d'entretien CREA-PROTECT®

travaux de terrassement ne laissent aucune trace. Toutefois, ceci exige un remblayage très soigneux. Il convient en particulier de veiller à ce que le nouveau lit ait la même épaisseur que le lit existant afin d'éviter des déformations dues à la charge sur des couches d'épaisseur inégale. Le matériau de fondation doit être compacté conformément aux prescriptions.

Nettoyage

Le balayage et l'arrosage permettent aux pavages de conserver un bel aspect durant une longue période, particulièrement lorsque la surface a été recouverte d'une couche de protection. Un nettoyage au jet d'eau à haute pression est déconseillé, car la pression du jet pourrait modifier voire altérer la surface en béton. Certaines taches plus tenaces ne peuvent pas être éliminées par un nettoyage de routine. Les produits spéciaux de la gamme CREA-PROTECT® permettent d'éliminer les efflorescences, les taches d'humus et de végétaux, les taches de rouille ainsi que les algues et la mousse. Il faut cependant être prudent car les zones nettoyées restent le plus souvent perceptibles, la couleur et la texture de la surface des pavés sont modifiées. C'est pourquoi il est recommandé d'utiliser le produit de nettoyage avec précaution et en respectant les consignes d'utilisation. Demandez conseil à Creabéton Matériaux SA.

Les pavages en béton peuvent également être nettoyés à l'aide de balayeuses, d'aspirateurs et d'engins de nettoyage spéciaux. Cependant, il est important de ne procéder à un nettoyage mécanique que lorsque les fines particules ont pénétré entre les joints et que ces derniers ont durci. En règle générale, ce phénomène est achevé six à douze mois après la pose. La perte de sable provoque la dégradation de la qualité structurelle du pavage lorsque le nettoyage a lieu avant la stabilisation des joints.

Dans de nombreux cas, il est préférable de remplacer les pavés fortement souillés par des pavés gardés en réserve.

PAVÉS ÉCOLOGIQUES

Informations générales

Définition des pavés écologiques

Les pavés écologiques sont des pavés en béton préfabriqués destinés à la stabilisation de routes, de chemins et de places; ils évacuent les eaux de précipitation directement dans le sol. On peut les répartir en trois groupes distincts:

Pavés perméables à l'eau (pavés filtrants)

Les pavés filtrants sont des pavés à pores ouverts, évacuant les eaux des précipitation dans le sous-sol, à travers celui-ci. Grâce aux pores ouverts, le pavé peut non seulement évacuer l'eau directement dans le sous-sol, mais il garantit également une aération du sol.

Pavés à joints élargis

Avec ce type de pavés, les eaux de précipitation sont évacuées dans le sous-sol, à travers des joints élargis au moyen des distanceurs. Grâce à cet élargissement, le pourcentage de joints peut être compris entre 9 et 18%. Les joints sont ensuite remplis de gravillon ou de gazon.

Pavés à évidements (grilles de gazon)

Dans le cas des grilles de gazon, l'évacuation des eaux de précipitation s'effectue à travers les évidements (vides). Le pourcentage des évidements est compris entre 32 et 40%. Ils sont en général recouverts de verdure et peuvent être remplis de gravillon afin d'obtenir un drainage plus efficace et de minimiser l'entretien.

Domaine d'utilisation

En plus des considérations esthétiques, la classe de charge du trafic est déterminante pour le choix du type de pavé et de son épaisseur. Cette classe est définie selon la norme SN 640 480.

Classe de charge du trafic ZP (zones piétonnes)

Zones piétonnes, chemins, balcons, terrasses, etc. Tous les types de pavés écologiques peuvent être utilisés dans ces zones.

Classe de charge du trafic T1 (trafic très léger)

Surfaces carrossables exclusivement empruntées par des véhicules légers, p.ex entrées de maisons, parvis ou aires de stationnement. Utilisation de pavés écologiques à partir d'une épaisseur de 6 cm; une épaisseur de 8 cm est recommandée.

Classe de charge du trafic T2 (trafic léger)

Pour les places peu empruntées par des véhicules lourds, comme p.ex. les rues de quartier, etc. Des pavés filtrants et des pavés à joints élargis (remplis uniquement de gravillon comme matériau de jointoiement), d'une épaisseur minimale de 8 cm, doivent être utilisés dans ces rues. Les grilles de gazon doivent présenter une hauteur minimale de 12 cm pour cette classe de charge du trafic.



Illustration 8: Pavé filtrant CARENA®



Illustration 9: Pavé écologique à joints élargis TEGULA® GRAVIER



Illustration 10: Grille de gazon GRISON

Composition de la superstructure

Dimensionnement de la couche de fondation

La couche de fondation est la couche qui transmet dans le sous-sol les forces agissant sur la surface du pavage. Pour ce faire, on utilise un mélange de gravier de 0/45, satisfaisant aux exigences de la norme SN EN 13242 et compacté en couches d'environ 20 cm. Il est essentiel que la couche de fondation, tout comme l'infrastructure, soit perméable (coefficient de perméabilité $k_f \geq 5 \cdot 10^{-6}$ m/s) afin que l'eau ne stagne pas sous le pavage (voir le chapitre Infiltration à la page 39). Le dimensionnement de la couche de fondation est fonction de la portance sous-jacente, de la gélivité du sol et de la classe de charge du trafic déterminante (voir le chapitre Dimensionnement à la page 33).

La couche de fondation doit déjà présenter la pente finale minimale du pavage de 2 %; la forme de la couche de fondation ne doit pas comporter d'inégalités supérieures à 2 cm, mesurées sur une latte de 4 m. Cela permet de garantir que le lit de pose présente la même hauteur sur toute la surface de construction sans aucun affaissement ultérieur, suite aux forces apparaissant dans le pavage (voir la figure 20).

L'ensemble de la structure et le sous-sol doivent être portants et perméables à l'eau.

Lit de pose

Le lit de pose sert de support et donc de véritable lit aux pavés écologiques. Il compense les tolérances de hauteur des pavés et égalise les petites irrégularités de la couche de fondation.

L'épaisseur du lit de pose doit être comprise entre 3 cm au minimum et 5 cm au maximum. L'épaisseur minimale garantit la pose parfaite des pavés, tandis que l'épaisseur maximale empêche la formation d'ornières. Le lit de pose doit avoir la même épaisseur sur toute la surface et être égalisé au profil.

Matériau du lit de pose

Le lit de pose des revêtements filtrants doit être constitué de matériaux qui présentent une perméabilité à l'eau et une stabilité de la fonction filtrante suffisantes. Les matériaux suivants conviennent à la mise en œuvre du lit de pose: gravillon lavé de 2/4 mm, ou de préférence 4/8 mm, qui satisfait aux exigences de la norme SN EN 13043.

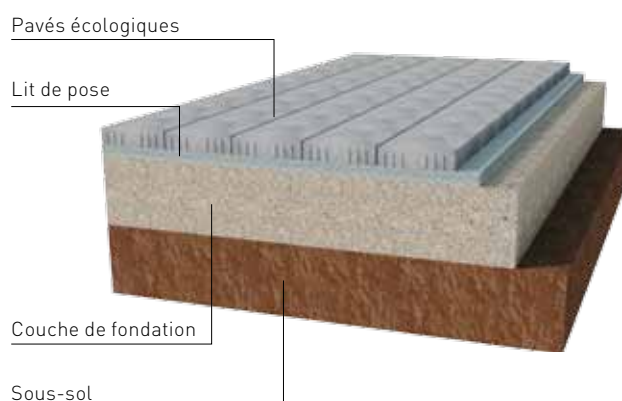


Figure 19: Construction correcte

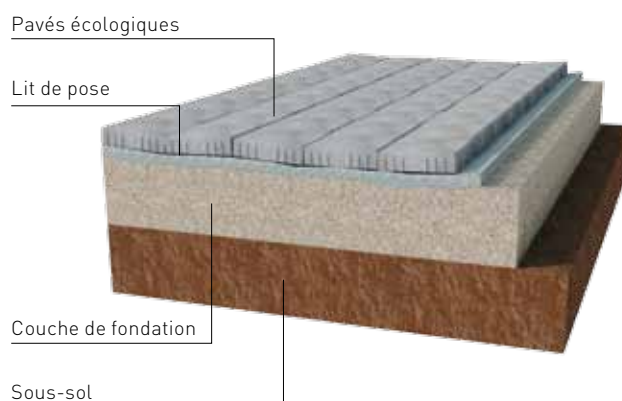


Figure 20: Construction incorrecte avec un lit de pose d'épaisseur irrégulière



Figure 21: Coupe détaillée de la superstructure

Dans le cas d'une couche de fondation en pierres concassées grossières, veiller à couvrir la surface d'un matériau plus fin de calibre échelonné afin d'empêcher le ruissellement du matériau du lit de pose dans la couche de pierres concassées (voir la figure 22). Les travaux de mise en œuvre réalisés lors de fortes pluies favorisent l'affaissement des particules fines du matériau du lit de pose dans la couche de fondation sous-jacente. Une perte du matériau du lit de pose entraîne inévitablement des déformations du pavage (voir la figure 20).

Lit de pose de 3 cm à 5 cm au maximum égalisé au profil
Matériau du lit de pose: gravillon lavé de 4/8 mm

Epaisseur des pavés

Les pavés filtrants sont fabriqués dans des épaisseurs (H) allant de 6 à 8 cm. Les pavés à joints élargis ont une épaisseur de 8 cm et les grilles de gazon une épaisseur de 8 à 12 cm. Les forces dynamiques engendrées par le trafic agissent dans plusieurs directions. Les charges verticales sont transmises au lit de pose et à la couche de fondation, indépendamment de l'épaisseur des pavés. Les forces horizontales ont tendance à provoquer la torsion des pavés. Ces forces doivent être absorbées par les faces latérales des pavés et entraînent une compression des arêtes. Plus le pavé est épais, plus cette compression des arêtes et les déformations du lit de pose sont réduites (voir les figures 23 et 24). Les pavés qui ne sont pas assez épais basculent sous l'effet du trafic et présentent un «profil en dents de scie». Vous trouverez de plus amples informations sur les pavés écologiques et leurs caractéristiques dans les fiches techniques correspondantes.



Figure 22: Perte du matériau fin du lit de pose dans la couche de fondation



Figure 23: Légère déformation due aux efforts de cisaillement en présence de pavés épais



Figure 24: Forte déformation due aux efforts de cisaillement en présence de pavés minces

Valeurs indicatives du dimensionnement de la superstructure pour les pavages écologiques ZP, T1, T2

CLASSES DE PORTANCE DES SOLS	STRUCTURE DU SYSTÈME	CLASSE DE CHARGE DU TRAFIC		
		ZP Zones piétonnes Non carrossable	T1 Trafic très léger ≤30 (ESAL/jour)	T2 Trafic léger >30...100 (ESAL/jour)
Classe de portance du sol S1				
- Faible portance - Coefficients M _E : de 6 à 15 MN/m ² sur la forme - Sols à granulats fins à moyens: sable, limon, argile	Pavés filtrants	≥4 cm	≥6 cm	≥8 cm
	Pavés à joints élargis	≥4 cm	≥6 cm	≥8 cm (uniq. joints gravillonnés)
	Grilles de gazon	≥8 cm	≥8 cm	≥12 cm
	Lit de pose	de 3 à 5 cm	de 3 à 5 cm	de 3 à 5 cm
	Couche de fondation (mélange de gravier 0/45)	30 cm (coefficient M _E : ≥80 MN/m ²)	50 cm (coefficient M _E : ≥80 MN/m ²)	60 cm (coefficient M _E : ≥100 MN/m ²)
	Sous-sol			
Classe de portance du sol S2				
- Portance moyenne - Coefficients M _E : de 15 à 30 MN/m ² sur la forme - Sols à granulats moyens: sable jusqu'à un granulat de 2 mm	Pavés filtrants	≥4 cm	≥6 cm	≥8 cm
	Pavés à joints élargis	≥4 cm	≥6 cm	≥8 cm (uniq. joints gravillonnés)
	Grilles de gazon	≥8 cm	≥8 cm	≥12 cm
	Lit de pose	de 3 à 5 cm	de 3 à 5 cm	de 3 à 5 cm
	Couche de fondation (mélange de gravier 0/45)	20 cm (coefficient M _E : ≥80 MN/m ²)	30 cm (coefficient M _E : ≥80 MN/m ²)	35 cm (coefficient M _E : ≥100 MN/m ²)
	Sous-sol			
Classe de portance du sol S3				
- Portance moyenne - Coefficients M _E : de 15 à 30 MN/m ² sur la forme - Sols à granulats moyens: sable jusqu'à un granulat de 2 mm	Pavés filtrants	≥4 cm	≥6 cm	≥8 cm
	Pavés à joints élargis	≥4 cm	≥6 cm	≥8 cm (uniq. joints gravillonnés)
	Grilles de gazon	≥8 cm	≥8 cm	≥12 cm
	Lit de pose	de 3 à 5 cm	de 3 à 5 cm	de 3 à 5 cm
	Couche de fondation (mélange de gravier 0/45)	10 cm (coefficient M _E : ≥80 MN/m ²)	20 cm (coefficient M _E : ≥80 MN/m ²)	25 cm (coefficient M _E : ≥100 MN/m ²)
	Sous-sol			
Classe de portance du sol S4				
- Portance très élevée - Coefficients M _E : >60 MN/m ² sur la forme - Sols à granulats grossiers: gravier avec un granulat de 2 à 60 mm	Pavés filtrants	≥4 cm	≥6 cm	≥8 cm
	Pavés à joints élargis	≥4 cm	≥6 cm	≥8 cm (uniq. joints gravillonnés)
	Grilles de gazon	≥8 cm	≥8 cm	≥12 cm
	Lit de pose	de 3 à 5 cm	de 3 à 5 cm	de 3 à 5 cm
	Couche de fondation (mélange de gravier 0/45)	(coefficient M _E : ≥80 MN/m ²)	10 cm (coefficient M _E : ≥80 MN/m ²)	15 cm (coefficient M _E : ≥100 MN/m ²)
	Sous-sol			

Le dimensionnement de la portance fait uniquement référence aux différentes portances des sols et à la classe de charge du trafic déterminante. Le dimensionnement au gel doit être effectué séparément [voir le chapitre Dimensionnement à la page 33].

Mise en oeuvre

Agencement des pavés écologiques

L'agencement des pavés dépend d'une part de la sollicitation et d'autre part de l'aménagement de l'espace. Il est possible d'accorder une plus grande attention à l'aménagement lorsque la charge est réduite (ZP et T1). Là où la charge du trafic est plus élevée (T2), il est recommandé de choisir un agencement des pavés avec effet liant (appareil anglais ou en épi).

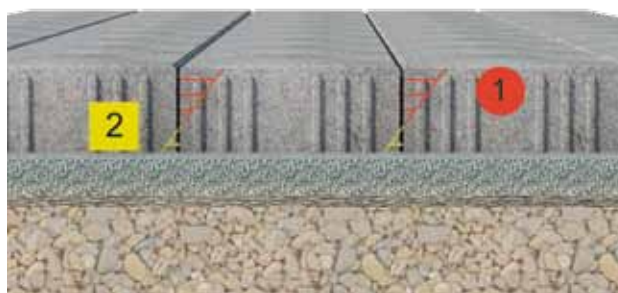


Figure 25: Forces agissant dans le pavé
1 Contrainte de compression dans la partie supérieure
2 Contrainte de compression dans la partie inférieure

Rangées perpendiculaires à la direction principale du trafic

L'agencement des pavés par rapport à la direction principale du trafic détermine également la stabilité du pavage. Les pavés écologiques disposés perpendiculairement à la direction principale du trafic ne peuvent absorber les forces provoquées qu'au niveau de deux faces latérales (voir la figure 26).

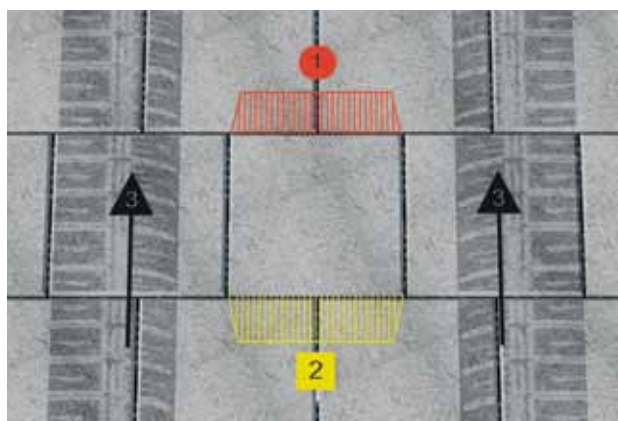


Figure 26: Répartition des forces avec des rangées perpendiculaires
1 Contrainte de compression dans la partie supérieure
2 Contrainte de compression dans la partie inférieure
3 Direction principale du trafic

Rangées obliques par rapport à la direction principale du trafic

Si les pavés écologiques sont disposés en rangées obliques (p.ex. à 45°) par rapport à la direction principale du trafic, les quatre faces latérales peuvent absorber les forces exercées. La compression des arêtes est ainsi fortement réduite. Par ailleurs, les rangées obliques garantissent un bruit de roulement inférieur à celui des rangées perpendiculaires (voir la figure 27).

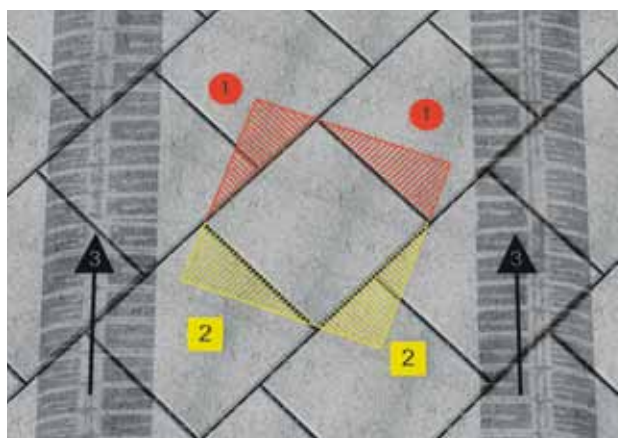


Figure 27: Répartition des forces avec des rangées obliques
1 Contrainte de compression dans la partie supérieure
2 Contrainte de compression dans la partie inférieure
3 Direction principale du trafic

La production des pavés à joints élargis a lieu conformément à la norme SN EN 1338.

La production des pavés filtrants a lieu en référence à la norme SN EN 1338.

La production des grilles de gazon a lieu en référence à la norme SN EN 1339.

Ecarts de couleurs

Le béton étant un produit naturel caractérisé par ses composants, la couleur des pavés peut légèrement varier. C'est pourquoi il est important de mélanger des pavés de différentes palettes lors de la pose, ce qui permettra d'obtenir un aspect global uniforme et attrayant.

Joint

Les caractéristiques d'un pavage écologique ne sont effectives qu'à partir du moment où le joint assure sa fonction ou que les évidements sont remplis. Le paveur travaillant sur le chantier doit veiller à une réalisation correcte des joints. Sans joint efficace, les pavés écologiques ne peuvent pas former de revêtement stable. On n'obtiendra qu'un simple amoncellement de pavés qui se déplaceront à la moindre sollicitation. Dans un tel cas, les charges ne sont pas transmises de manière uniforme au lit de pose ou à la couche de fondation.

Les joints de pavés écologiques peuvent être formés au moyen d'entretoises. Le remplissage des joints doit toutefois avoir lieu dans les règles de l'art, même en cas de présence d'entretoises.

Le remplissage des joints est impératif pour les pavages carrossables.

Matériau de jointoiment

Le matériau de jointoiment dépend des différents systèmes de pavage écologiques et doit être adapté au matériau du lit de pose.

Pavés filtrants

Le gravillon lavé de 2/4 mm a fait ses preuves comme matériau de jointoiment pour les pavés filtrants. En utilisant un mélange de sable-gravillon, le matériau de jointoiment fin ruisselle dans le lit de pose et réduit sa perméabilité à l'eau. L'utilisation de mortier de joint comprenant du liant est déconseillée avec les pavés filtrants: le matériau de jointoiment fin encrasse les pores et réduit considérablement le pouvoir filtrant du pavé.

Pavés à joints élargis

Ici, il convient tout d'abord de distinguer s'il s'agit de joints gravillonnés ou de joints engazonnés.

Les joints gravillonnés sont remplis du même matériau que celui qui est utilisé pour le lit de pose. En règle générale, les matériaux suivants sont appropriés: gravillon lavé 2/4 mm, ou de préférence 4/8 mm, qui satisfait aux exigences de la norme SN EN 13043.

Les joints engazonnés sont remplis d'un mélange de gravillon et d'humus dans un rapport de $\frac{2}{3}$ à $\frac{1}{3}$. Les joints devraient s'abaisser avant de procéder à l'engazonnement. Des semences spécialement conçues pour les grilles de gazon devraient ensuite être utilisées.

Grilles de gazon

Les évidements sont remplis d'un mélange de gravillon et d'humus dans un rapport de $\frac{2}{3}$ à $\frac{1}{3}$. Le remplissage des évidements devrait s'abaisser avant de procéder à l'engazonnement. Des semences spécialement conçues pour les grilles de gazon devraient ensuite être utilisées. Les meilleurs résultats d'engazonnement ont été obtenus avec les semences «Gazon pour grilles gazon» de la société Eric Schweizer AG.

Le joint du pavé écologique n'est efficace que s'il est entièrement garni. Le cas échéant, le jointoiment devra être répété.



Illustration 11: Pavage filtrant efficace grâce à un jointoiment correct



Illustration 12: Pavés écologiques à joints élargis correctement formés

Jointoiment/tassement

Avant de procéder à la vibration, les joints doivent être remplis à l'aide du matériau de jointoiment approprié. Le matériau de jointoiment est étalé sur la surface pour être ensuite intégré par balayage/arrosage. Grâce à l'arrosage, le matériau de jointoiment se compacte plus facilement et le joint reste stable plus longtemps. Ensuite, la surface devra être soigneusement balayée, en allant des bords vers le centre, puis compactée jusqu'à ce que la construction soit stable. Ne pas utiliser de rouleaux compresseurs vibrants pour le tassement. Recouvrir la plaque vibrante d'un matelas en matière synthétique afin d'éviter d'endommager la surface des pavés.

Sous l'effet des sollicitations mécaniques et des intempéries, le matériau de jointoiment ruisselle au fil du temps dans le lit de pose. Le pavage perd ainsi de sa stabilité. C'est pourquoi il est nécessaire de contrôler périodiquement l'état des joints et, le cas échéant, de procéder à un remplissage.

Le maître d'ouvrage doit en être informé par le responsable des travaux.

Nous recommandons d'utiliser les vibreurs de surface suivants:

Épaisseur de pavés jusqu'à 60 mm

Vibrateur de surface d'un poids d'environ 130 kg et d'une force centrifuge de 16 à 20 kN.

Épaisseur de pavés de 80 à 100 mm

Vibrateur de surface d'un poids d'environ 170 à 200 kg et d'une force centrifuge de 20 à 30 kN.

Épaisseur de pavés ≥100 mm

Vibrateur de surface d'un poids d'environ 200 à 600 kg et d'une force centrifuge de 30 à 60 kN.

Transitions

En cas de changements de surfaces, la délimitation entre les différents types de revêtement peut s'effectuer au moyen d'une bordurette en béton ou de pavés de marquage. Si les transitions ou bordures sont soumises aux charges du trafic, elles doivent être dimensionnées en fonction des classes de charges correspondantes (voir la figure 28).

Bordures

Les bordures entourent la surface pavée et empêchent un déplacement des pavés vers les zones situées aux extrémités. Outre leurs caractéristiques fonctionnelles, elles viennent parfaire l'aspect visuel de l'espace. Il est possible de construire des bordures visibles ou invisibles.

Bordure ou pavé de marquage (visible)

Les bordures et pavés de marquage sont en général utilisés pour marquer la séparation avec une différence de niveau entre les chemins piétonniers et les zones empruntées par des véhicules. Cette bordure sert souvent à évacuer les eaux de ruissellement (voir la figure 29).

Bordurettes (visibles)

Les bordurettes sont bétonnées dans la couche de fondation et évacuent ainsi les efforts de cisaillement dans le sous-sol, à travers la fondation. Les bordurettes sont surtout appropriées pour délimiter les espaces verts et les places de stationnement soumises à des efforts de cisaillement (voir la figure 30).

Bordure en béton in situ (invisible)

Le bétonnage in situ procure aux pavés écologiques le soutien latéral nécessaire sans bordure visible. Il est important de veiller à ce que les pavés ne soient pas scellés et à ce que le béton atteigne la couche de fondation afin de garantir la transmission des forces. Cette bordure est appropriée pour les aires de stationnement soumises à des efforts de cisaillement ainsi que pour les chemins et places de jardin (voir la figure 31).



Figure 28: Transition avec bordurette en béton



Figure 29: Transition avec bordure et pavés de marquage



Figure 30: Transition avec une bordurette en béton



Figure 31: Bétonnage de bordure in situ

Profilé de bordure en matière synthétique PAVE EDGE (invisible)

Le profilé de bordure PAVE EDGE convient aux chemins et places de jardin soumis à de faibles efforts de cisaillement. Il est fixé à l'aide de piques dans la couche de fondation (voir la figure 32).



Figure 32: Profilé de bordure en matière synthétique PAVE EDGE

Ruissellement des eaux de surface

Même si le revêtement est perméable à l'eau, un drainage devrait être prévu pour les cas de pluies d'orage. La plupart du temps, l'eau excédentaire peut être évacuée dans l'espace vert par les accotements. Hormis l'écoulement sur le pavage, le drainage de la surface de la couche de support doit également être planifié et exécuté. L'eau ne doit en aucun cas stagner sous le pavage écologique.

Caniveau de drainage

Le choix du type de caniveau dépend de la taille de la surface concernée et de la quantité d'eau à évacuer ainsi que du trafic pondéral attendu. Le caniveau doit être posé dans une semelle en béton (C 25/30) et bétonné sur les côtés. Respecter les prescriptions du fabricant de caniveaux afin de garantir une pose correcte du caniveau. Lors de la pose, veiller à ce que le bord supérieur du caniveau se trouve de 2 à 5 mm en dessous du bord supérieur du pavage. De plus, le drainage du lit de pose doit être assuré le long du caniveau (voir la figure 33).



Figure 33: Caniveau de drainage dans le pavage

Bouche d'écoulement sur un toit-terrasse

La réalisation de pavages sur un toit-terrasse, avec ou sans isolation, exige le plus grand soin. La pose des pavés et des bouches d'écoulement doit être effectuée en tenant compte des instructions de l'entreprise responsable de l'isolation ou de l'étanchéité. L'eau ne doit pas stagner afin d'éviter les efflorescences. Une pente minimale de 1,5 % (norme SIA 271) doit être respectée (voir la figure 34).

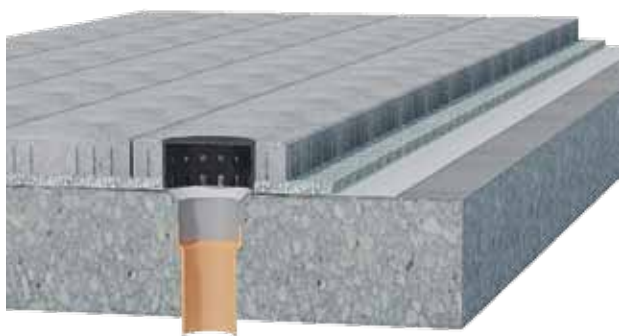


Figure 34: Drainage des toits plats et des terrasses

Entretien et nettoyage

En termes d'entretien et de nettoyage, les pavages écologiques exigent la même attention que les revêtements de sol à l'intérieur de la maison. Quelques travaux menés de façon continue suffisent pour assurer la durabilité et l'attrait des pavés écologiques. Bien entretenu, le pavage a une durée de vie de 40 ans. Cependant, la durée de vie ne dépend pas seulement du pavé, mais aussi de la construction correcte et de l'efficacité du joint.

Entretien

Sous l'effet des sollicitations mécaniques et des intempéries, le matériau de jointoiement ruisselle au fil du temps dans le lit de pose et est balayé/emporté par l'eau de pluie et le nettoyage. Le pavage perd ainsi de sa stabilité. C'est pourquoi il est nécessaire de contrôler périodiquement l'état des joints et, le cas échéant, de procéder à un remplissage. Les petits tassements peuvent être corrigés rapidement par l'extraction des pavés écologiques, la réadaptation du lit de pose et la remise en place du pavage.

Déneigement

La neige doit être enlevée par des moyens mécaniques avant qu'elle ne se mette à geler. Éviter l'utilisation de sels de déverglaçage pour les revêtements avec infiltration. On ne devrait utiliser ici que du gravier neutre, comme du gravillon de 4 à 8 mm.

Ouverture et remise en place du pavage écologiques

Lorsqu'un pavage écologique doit être ouvert pour des travaux de fouille ou de réfection, un espace de travail suffisant, d'au moins 2 m de large, doit être aménagé. Il est nécessaire d'extraire au moins 50 cm de plus, en partant du bord de la zone d'excavation. Du fait des contraintes horizontales subies par le pavage écologique suite au trafic, celui-ci sera stabilisé au moyen de bois équarri et d'étais placés au-dessus des fouilles durant l'exécution des travaux. Ceci empêche le pavage de se déplacer en direction de la fosse. Parmi les différents types de revêtement existants, les pavages écologiques sont uniques en leur genre car les travaux de terrassement ne laissent aucune trace. Toutefois, ceci exige un remblayage très soigneux. Il convient en particulier de veiller à ce que le nouveau lit ait la même épaisseur que le lit existant afin d'éviter des déformations dues à la charge sur des couches d'épaisseur inégale. Le matériau de fondation doit être compacté conformément aux prescriptions.

Nettoyage

Le balayage et l'arrosage permettent aux pavés de conserver un bel aspect durant une longue période. Un nettoyage au jet d'eau à haute pression est déconseillé, car la pression du jet pourrait modifier voire altérer la surface en béton. Certaines taches plus tenaces ne peuvent toutefois pas être éliminées par un nettoyage de routine. Les produits spéciaux de la gamme CREA-PROTECT® permettent d'éliminer les efflorescences, les taches d'humus et de végétaux ainsi que les algues et la mousse. Il faut cependant être prudent car les zones nettoyées restent le plus souvent perceptibles, la couleur et la texture de la surface



Illustration 13: Produits de nettoyage CREA-PROTECT®

des pavés sont modifiées. C'est pourquoi il est recommandé d'utiliser le produit de nettoyage avec précaution et en respectant les consignes d'utilisation. Demandez conseil à Creabéton Matériaux SA.

Dans de nombreux cas, il est préférable de remplacer les pavés écologiques fortement souillés par des pavés gardés en réserve.



DALLES DE JARDIN

Informations générales

Définition des dalles de jardin

Les dalles de jardin (ci-après «dalles») sont fabriquées sur des sites ultramodernes. Outre leurs couleurs et formes variées, elles se distinguent de par leur texture de surface. On peut les répartir en deux groupes distincts:

- les dalles monocouches en béton.
- les dalles à deux couches, constituées d'une couche de béton à forte granulométrie pour la stabilité et d'une couche de béton de parement pour l'aspect visuel.

Domaine d'utilisation

Le domaine d'utilisation des dalles de jardin dépend de leur épaisseur. La plupart des dalles de Creabéton Matériaux SA ne peuvent être utilisées que dans les zones piétonnes (classe de charge du trafic ZP) et ne sont donc pas carrossables. Nos collaborateurs techniques se tiennent volontiers à votre disposition pour toute question concernant les dalles carrossables.

Les dalles peuvent être posées tout autour de la maison, dans les parcs et sur les aires de jeux ainsi que sur les terrasses et toits plats. Elles peuvent être choisies en fonction de l'effet esthétique souhaité.

Composition de la superstructure

Dimensionnement de la couche de fondation

La couche de fondation est la couche qui transmet dans le sous-sol les forces agissant sur la surface du dallage. Pour ce faire, on utilise un mélange de gravier de 0/45, satisfaisant aux exigences de la norme SN EN 13242 et compacté en couches d'environ 20 cm. Il est essentiel que la couche de fondation, tout comme l'infrastructure, soit perméable afin que l'eau ne stagne pas sous le dallage. Le dimensionnement de la couche de fondation est fonction de la portance sous-jacente et de la gélivité du sol (voir le chapitre Dimensionnement à la page 33).

La couche de fondation doit déjà présenter la pente finale minimale du dallage de 2%; la forme de la couche de fondation ne doit pas comporter d'inégalités supérieures à 2 cm, mesurées sur une latte de 4 m. Cela permet de garantir que le lit de pose présente la même hauteur sur toute la surface de construction sans aucun affaissement ultérieur, suite aux forces apparaissant dans le dallage.



Illustration 14: Dalle monocouche FORMAT



Illustration 15: Dalle à deux couches PARADISO®

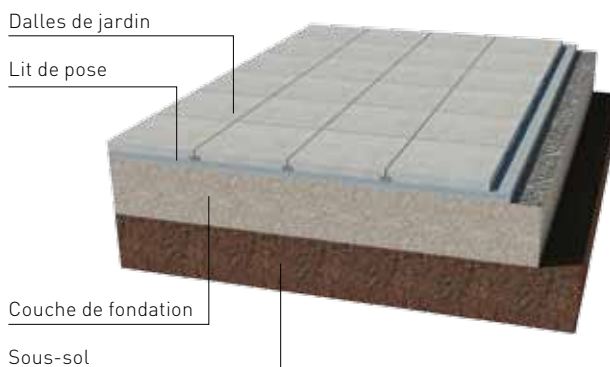


Figure 35: Construction correcte

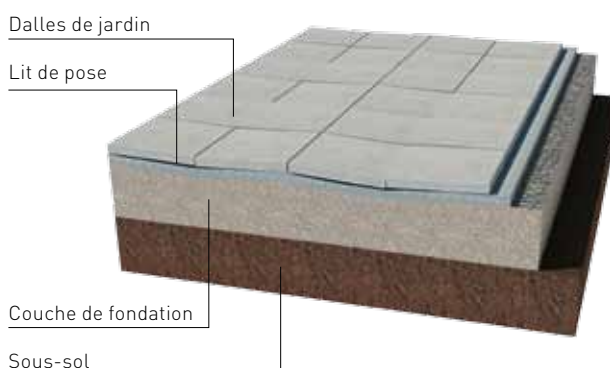


Figure 36: Construction incorrecte avec un lit de pose d'épaisseur irrégulière

Lit de pose

Le lit de pose sert de couche d'égalisation entre le dallage et la couche de fondation. Il compense également les petites irrégularités de la couche de fondation et les tolérances des dalles. Il veille à ce que les dalles reposent sur toute la surface et atteignent une stabilité complète.

Le lit de pose doit être égalisé au profil; sa hauteur doit être comprise entre 3 cm et 5 cm au maximum. L'épaisseur minimale est indispensable à la pose parfaite des dalles. Le respect de l'épaisseur maximale permet d'éviter un affaissement ultérieur.

Matériau du lit de pose

Le lit de pose est généralement réalisé à partir d'un mélange d'agréats minéraux sans liant qui satisfait aux exigences de la norme SN EN 13043. Des mélanges d'agréats minéraux pauvres en sable et en filler sont nécessaires pour atteindre une perméabilité à l'eau suffisante. Une fois la pose terminée, la part maximale des particules fines décantables <0,063 mm ne doit pas dépasser 3 % (pourcentage pondéral). Les matériaux éprouvés suivants conviennent à la mise en œuvre du lit de pose:

Variante de pose A (cas normal)

- Dallage avec joints ouverts ou avec joints fermés comprenant du matériau de jointoiement et du liant
- Le lit de pose est exécuté avec du gravillon 2/4 mm.

Variante de pose B (matériau de jointoiement sans liant)

- Dallage avec joints fermés comprenant du matériau de jointoiement sans liant
- Le lit de pose est exécuté avec un mélange de sable-gravillon de 0/4 mm.

Cette variante de pose présente un risque accru d'efflorescences, de taches d'eau et de croissance de végétaux, suite à une évacuation déficiente de l'eau du lit de pose.

Variante de pose C (terrasse/toit plat)

- Dallage avec joints ouverts sur couches d'étanchéité
- Toits plats, terrasses, balcons
- Au-dessus d'une couche d'isolation ou d'étanchéité

Le lit de pose est exécuté avec un gravier rond de 4/8 mm afin d'éviter le risque de stagnation de l'eau.

Variante de pose D (appui)

- Dallage avec joints ouverts sur couches d'étanchéité
- Toits plats, terrasses, balcons
- Au-dessus d'une couche d'isolation ou d'étanchéité

Le lit de pose est supprimé et des appuis sont utilisés à la place. Les appuis de Creabéton Matériaux SA sont en caoutchouc durci (amortissement des bruits de pas) et ont une hauteur fixe. Les différences de hauteur peuvent être corrigées au moyen de rondelles de calage. Des appuis réglables en hauteur peuvent servir à égaliser les différences de hauteur d'une certaine importance. Veiller à ce que les appuis n'endommagent pas la couche d'étanchéité. Les éléments d'isolation (p.ex. Sagex, Styrodur, etc.) ne doivent pas servir de support pour les dalles.



Figure 37: Dalles posées sur une construction en béton rigide avec anneaux d'appui

La construction doit présenter une pente minimale de 1,5 % (norme SIA 271) afin de garantir une évacuation rapide de l'eau.

Lit de pose: 3 cm à 5 cm au maximum égalisé au profil
Matériau du lit de pose: gravillon 2/4 mm (cas normal), gravier rond 4/8 mm (toit plat/terrasse avec couches d'étanchéité)

Dans le cas d'une couche de fondation en pierres concassées grossières, veiller à couvrir la surface d'un matériau plus fin de calibre échelonné afin d'empêcher le ruissellement du matériau du lit de pose dans la couche de pierres concassées (voir la figure 38). Les travaux de mise en œuvre réalisés lors de fortes pluies favorisent l'affaissement des particules fines du matériau du lit de pose dans la couche de fondation sous-jacente. Une perte du matériau du lit de pose entraîne inévitablement des déformations du dallage (voir la figure 36).



Figure 38: Perte du matériau fin du lit de pose dans la couche de fondation

Épaisseur des dalles

L'épaisseur des dalles dépend du procédé de fabrication. Creabéton Matériaux SA propose une gamme de dalles d'une épaisseur allant de 2 à 5 cm. Les possibilités d'aménagement varient en fonction de l'épaisseur et du type de dalles. Vous trouverez de plus amples informations sur les dalles dans les fiches techniques correspondantes.

Valeurs indicatives du dimensionnement de la superstructure pour dalles de jardin

CLASSES DE PORTANCE DES SOLS	STRUCTURE DU SYSTEME	CLASSE DE CHARGE DU TRAFIC
		ZP Zones piétonnes Non carrossable
Classe de portance du sol S1		
- Faible portance - Coefficients M_E: de 6 à 15 MN/m² sur la forme - Sols à granulats fins à moyens: sable, limon, argile	Dalles	de 2 à 5 cm
	Lit de pose	de 3 à 5 cm
	Couche de fondation (mélange de gravier 0/45)	30 cm (coefficient M_E : ≥ 80 MN/m ²)
	Sous-sol	
Classe de portance du sol S2		
- Portance moyenne - Coefficients M_E: de 15 à 30 MN/m² sur la forme - Sols à granulats moyens: sable jusqu'à un granulats de 2 mm	Dalles	de 2 à 5 cm
	Lit de pose	de 3 à 5 cm
	Couche de fondation (mélange de gravier 0/45)	20 cm (coefficient M_E : ≥ 80 MN/m ²)
	Sous-sol	
Classe de portance du sol S3		
- Portance élevée - Coefficients M_E: de 30 à 60 MN/m² sur la forme - Sols à granulats moyens à grossiers: sable, gravier	Dalles	de 2 à 5 cm
	Lit de pose	de 3 à 5 cm
	Couche de fondation (mélange de gravier 0/45)	10 cm (coefficient M_E : ≥ 80 MN/m ²)
	Sous-sol	
Bodenklasse S4		
- Portance élevée - Coefficients M_E: > 60 MN/m² sur la forme - Sols à granulats moyens à grossiers: sable, gravier	Dalles	de 2 à 5 cm
	Lit de pose	de 3 à 5 cm
	Couche de fondation (mélange de gravier 0/45)	(coefficient M_E : ≥ 80 MN/m ²)
	Sous-sol	

Le dimensionnement de la portance fait uniquement référence aux différentes portances des sols et à la classe de charge du trafic déterminante. Le dimensionnement au gel doit être effectué séparément (voir le chapitre Dimensionnement à la page 33).

Mise en oeuvre

Agencement des dalles

Les possibilités d'agencement des dalles sont quasiment illimitées. Il n'existe qu'une seule restriction sur le plan technique: Seules les dalles FORMAT, ALENA®, RESISTA® et HACIENDA® indiquées avec des dimensions modulaires, peuvent être disposées selon un modèle de pose irrégulier. Pour les autres dalles, il s'agit de dimensions absolues; un schéma de dallage irrégulier produira une jointure irrégulière en cas de pose réalisée avec des distanceurs.

La production des dalles a lieu conformément à la norme SN EN 1339.

Ecarts de couleurs

Le béton étant un produit naturel caractérisé par ses composants, la couleur des dalles peut légèrement varier. C'est pourquoi il est important de mélanger des dalles de différentes palettes lors de la pose, ce qui permettra d'obtenir un aspect global uniforme et attrayant.

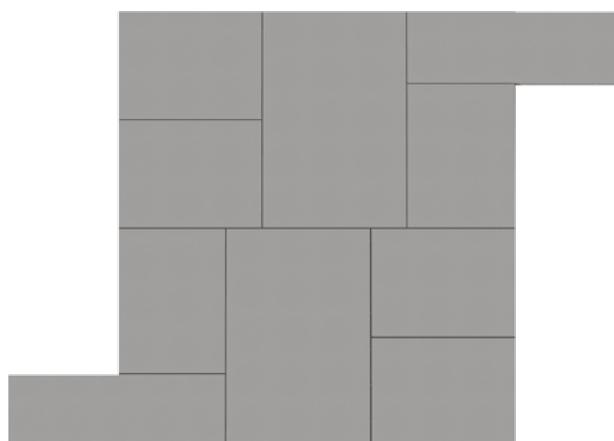


Figure 39: Modèle de pose irrégulier avec jointure uniforme (Dalle FORMAT)

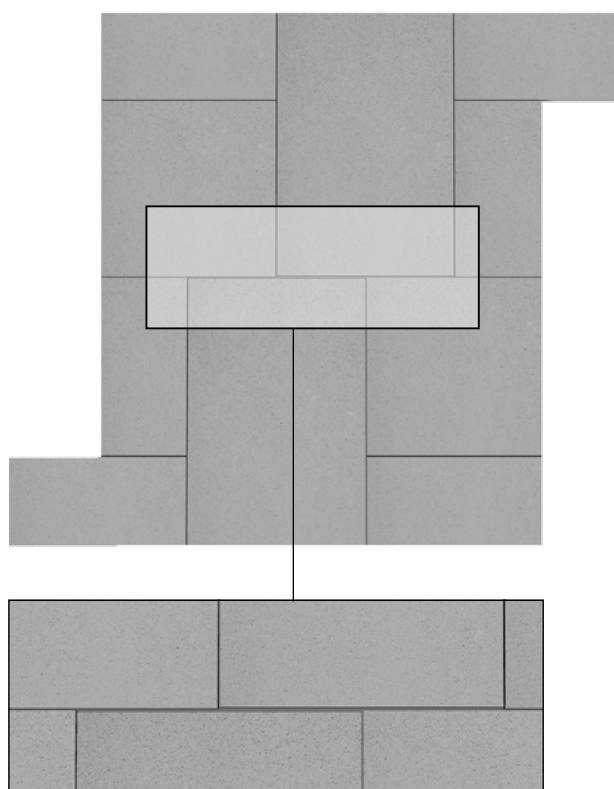


Figure 40: Modèle de pose irrégulier avec jointure irrégulière (Dalle PARCO® SELECTION)

Joint

Les dalles doivent être posées en respectant une distance minimale de 3 mm. L'absence de joints entraîne inévitablement des détériorations tel qu'un éclatement des arêtes, un risque accru d'efflorescences et des traces d'eau sur les dalles. En outre, les joints garantissent un drainage rapide et efficace du dallage.

Au cas où les dalles ne disposent pas de cames intégrées, il est possible d'utiliser les entretoises en matière plastique proposés par Creabéton Matériaux SA afin d'obtenir des écarts réguliers et une pose rationnelle. Elles sont disponibles dans différentes épaisseurs et hauteurs.

Matériau de jointoiement

En règle générale, les joints des dallages ne sont pas remplis, ce qui garantit un drainage très rapide à travers les joints et un séchage du lit de pose. Si les joints remplis sont souhaités pour des raisons esthétiques, veiller à coordonner le matériau de jointoiement et le matériau du lit de pose. Il est possible d'utiliser des matériaux de jointoiement avec ou sans liant, en fonction du type de dalles et de la largeur des joints.

Les matériaux éprouvés suivants conviennent au jointoiement:

- Gravillon 2/4 mm ou sable 0/2; 0/4 mm
- «sable» Lithomex Easy: mortier de joint perméable à l'eau, lié au polymère (largeur de joints de 3 à 10 mm)
- Rompox D1: mortier de joint bicomposant perméable à l'eau (largeur de joints >3 mm, profondeur de joints >30 mm)

Jointoiement

Avant le jointoiement, adapter légèrement les dalles avec un maillet en caoutchouc, sans les tasser. En cas de jointoiement avec un matériau sans liant celui-ci sera intégré par balayage. L'opération devra être répétée jusqu'à ce que les joints soient complètement remplis, en fonction de leur largeur et de leur profondeur.

Lors de l'utilisation de matériaux de jointoiement liés («sable» Lithomex Easy ou Rompox D1), consulter les fiches techniques des produits.

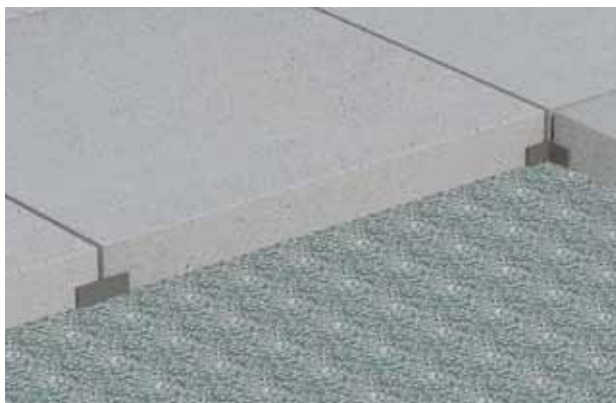


Figure 41: Utilisation d'entretoises



Illustration 16: Endommagement des dalles dû à l'absence de joints

Bordures

Les bordures entourent le pavage et empêchent un déplacement des dalles vers les zones situées aux extrémités. Les bordures empêchent le ruissellement latéral du lit de pose et viennent également parfaire l'aspect visuel de l'espace. Deux systèmes peuvent être utilisés pour la bordure du dallage: le système visible et le système invisible.

Bordurettes (visibles)

Grâce à leur bétonnage dans la couche de fondation, les bordurettes garantissent un bon maintien du dallage et procurent au revêtement des lignes claires et esthétiques (voir la figure 42).



Figure 42: Transition avec une bordurette en béton

Bordure en béton (invisible)

Afin d'assurer leur maintien latéral, les dalles peuvent également être bétonnées et la bordure en béton recouverte de gazon. Il est important que les dalles ne soient pas scellées (voir la figure 43).



Figure 43: Bétonnage de bordure in situ

Profilé de bordure en matière synthétique PAVE EDGE (invisible)

Le profilé de bordure PAVE EDGE en matière plastique est fixé dans la fondation à l'aide de piques. Il peut être disposé sans bétonnage (voir la figure 44).



Figure 44: Profilé de bordure en matière synthétique PAVE EDGE

Ruissellement des eaux de surface

En règle générale, le drainage des dallages est réalisé dans l'espace vert par les accotements. Selon la taille et les caractéristiques du terrain, il peut être nécessaire de recourir à un drainage contrôlé au moyen de caniveaux.

Caniveau

Le choix du type de caniveau dépend de la taille de la surface concernée, de la quantité d'eau à évacuer et de critères esthétiques. De nombreux caniveaux présentent un aspect filigrane grâce aux recouvrements. Le caniveau doit être posé dans une semelle en béton (C 25/30) et bétonné sur les côtés. Respecter les prescriptions du fabricant de caniveaux afin de garantir une pose correcte du caniveau. Lors de la pose, veiller à ce que le bord supérieur du caniveau se trouve placé 2 à 5 mm en dessous du bord supérieur du dallage. De plus, le drainage du lit de pose doit être assuré le long du caniveau (voir les figures 45 et 46).



Figure 45: Caniveau de drainage dans le dallage



Figure 46: Caniveau de drainage avec recouvrement excentrique pour le drainage le long d'un mur ou d'un escalier

Bouche d'écoulement sur un toit-terrasse

La réalisation de surfaces dallées sur un toit-terrasse, avec ou sans isolation, exige le plus grand soin. La pose des dalles et des bouches d'écoulement doit être effectuée en tenant compte des instructions de l'entreprise responsable de l'isolation ou de l'étanchéité. L'eau ne doit pas stagner afin d'éviter les efflorescences (voir la figure 47).



Figure 47: Drainage des toits plats et des terrasses

Entretien et nettoyage

En termes d'entretien et de nettoyage, les dallages exigent la même attention que les revêtements de sol à l'intérieur d'une maison. Quelques travaux menés de façon continue suffisent pour assurer la durabilité et l'attrait des dalles.

Entretien

L'imprégnation de la surface réduit la capacité d'absorption de la dalle en béton. Elle résiste alors mieux aux taches provenant de la graisse de grillades et des boissons. De plus, la formation d'algues ou de mousse peut être éliminée beaucoup plus facilement. La couche de protection lie et préserve la structure fine de la surface de la dalle en béton et ralentit l'altération de la texture de surface, provoquée par les intempéries et l'usure. La plupart des couches de protection ont une durée de vie d'une à trois années, selon le produit de revêtement employé et le degré d'utilisation. Il est donc conseillé de les renouveler à intervalles réguliers.

Déneigement

La neige doit être enlevée par des moyens mécaniques avant qu'elle ne se mette à geler. Si la glace s'est déjà formée, des sels de déverglacage peuvent être utilisés sur les dallages afin de prévenir les accidents. Les doses maximales suivantes devront être appliquées (SN 640 772b):

	Température	
	de 0 à -8°C	de -8 à -20°C
Quantité de sel de déverglacage	de 7 à 15 g/m ²	de 10 à 20 g/m ²
Proportion de mélange du sel de déverglacage	uniquement NaCl	NaCl 60 % CaCl ₂ 30 %

Le pavage peut subir des dommages irréparables en cas de surdosage et de non-respect des indications ci-dessus.

Nettoyage

Le balayage et l'arrosage réguliers permettent aux dalles de conserver un bel aspect durant une longue période, particulièrement lorsque la surface a été recouverte d'une couche de protection. Un nettoyage au jet d'eau à haute pression est déconseillé, car la pression du jet pourrait modifier voire altérer la surface en béton. Certaines taches plus tenaces ne peuvent toutefois pas être éliminées par un nettoyage de routine. Les produits spéciaux de la gamme CREA-PROTECT® permettent d'éliminer les efflorescences, les taches d'humus et de végétaux, les taches de rouille ainsi que les algues et la mousse. Il faut cependant être prudent car les zones nettoyées restent le plus souvent perceptibles, la couleur et la texture de la surface des dalles sont modifiées. C'est pourquoi il est recommandé de choisir soigneusement le produit de nettoyage et de l'utiliser en respectant les consignes. Demandez conseil à Creabeton Matériaux SA.

Dans de nombreux cas, il est préférable de remplacer les dalles fortement souillées par des dalles gardées en réserve.



Illustration 17: Produits d'entretien CREA-PROTECT®



Illustration 18: Produits de nettoyage CREA-PROTECT®

DIMENSIONNEMENT

Terminologie

Structure

Dans les premiers chapitres, la structure est représentée de manière simplifiée, avec le sous-sol, la couche de fondation et le lit de pose ainsi que le revêtement. Le revêtement et le lit de pose constituent ensemble l'épaisseur de construction du pavage/dallage d_1 . En y ajoutant l'épaisseur de la couche de fondation en gravier d_2 , on obtient l'épaisseur de la superstructure d_s (voir la figure 47).

Conformément à la norme SN 640 302b, la superstructure des routes est divisée en différentes couches (voir la figure 48):

L'**infrastructure** désigne le terrain existant, év. avec un remblai et/ou un matériaux de remplacement amélioré.

- Le **sous-sol** est le terrain existant sur lequel un ouvrage est construit.
- Le **remblai** est une couche d'égalisation composée d'une masse de terre déversée et nécessaire pour remplir une dépression ou surélever un terrain.
- Le **sous-sol amélioré** sert à compenser ou à améliorer la portance.
- La surface de l'infrastructure est appelée «**forme**».

La **superstructure** est divisée en couche de fondation, couche de support, lit de pose et couche de recouvrement. La superstructure absorbe et répartit les charges de trafic.

- La **couche de fondation** et la **couche de support** sont regroupées et généralement nommées fondation. Ces couches répartissent la charge du trafic dans l'infrastructure.
- La surface de la fondation est également appelée «**forme**».
- Le **lit de pose** sert de lit au revêtement et compense les petites tolérances dimensionnelles du revêtement et de la fondation.
- La **couche de recouvrement** constitue la couche finale; elle peut être composée de pavés, de pavés écologiques ou de dalles de jardin, en fonction de la classe de charge du trafic.
- La surface de la couche de recouvrement est appelée **surface du chemin** ou **surface de la chaussée**.

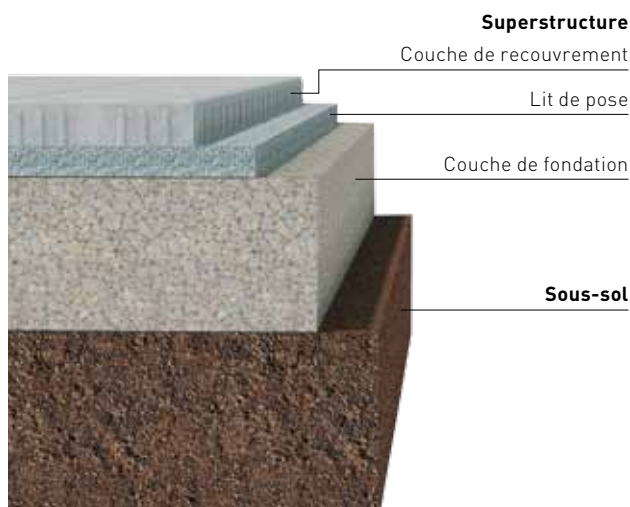


Figure 48: Schéma simplifié de la structure

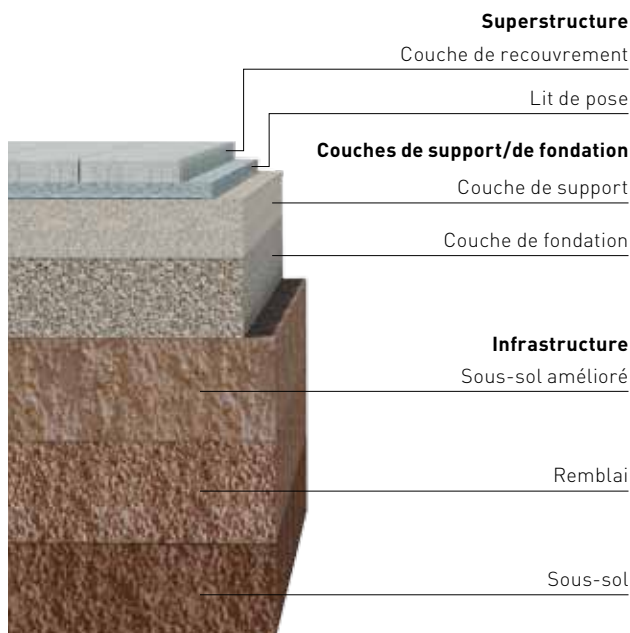


Figure 49: Schéma détaillé de la structure

Ce chapitre se réfère principalement aux normes suivantes:

- SN 640 480a «Pavages»
- SN 640 482a «Dallages»
- SN 640 324b «Dimensionnement; superstructures des routes»
- SN 640 320a «Dimensionnement: trafic pondéral équivalent»
- SN 640 317b «Dimensionnement: terrain et infrastructure»
- SN 640 585b «Compactage et portance»
- SN 640 302b «Route et voie ferrée – terminologie»
- SN 670 317 «Sols – essai de plaque EV et ME»
- SN 670 140b «Gel»

Valeurs de dimensionnement

Classes de portance du sol S_i : Les coefficients de portance mesurés au niveau de la forme (p.ex. coefficients M_{E1}) sont affectés à l'une des cinq classes de portance S_0 à S_4 .

Module de déformation M_E : Le coefficient M_E est un paramètre de déformabilité du sol. Il est calculé au moyen d'un essai de charge à plaque.

Trafic pondéral équivalent journalier TF_n : Nombre de passages d'essieux de référence moyen journalier sur une voie de circulation – la charge d'un essieu de référence (en anglais ESAL) étant de 8,16 t – pendant toute la période d'utilisation de n années déterminante pour le dimensionnement (TF_{20} = trafic pondéral moyen équivalent journalier pendant 20 ans).

Classes de charge du trafic ZP , $T1_{20}$ à $T6_{20}$: désignent les classes de charge du trafic déterminantes, définies sur la base du trafic pondéral équivalent journalier TF_{20} .

Classes de gélivité $G1$ à $G4$: répartition des sols en classes de gélivité en fonction de leur répartition granulométrique et de leurs caractéristiques de plasticité.

Facteur de proportionnalité f : sert à déterminer l'épaisseur de la superstructure ds dans le cadre du dimensionnement de la gélivité. Le facteur est défini à partir de la classe de gélivité et du type de revêtement, des joints en tant que facteurs d'influence; il est utilisé conjointement à X_{30} (équivalent au facteur de dimensionnement au gel f dans la construction de routes).

Profondeur moyenne de pénétration du gel X_{30} : valeur moyenne des trois hivers les plus froids au cours des 30 dernières années.

Bases déterminantes

Avant de procéder au dimensionnement, il convient de rassembler les données suivantes:

- charge de trafic attendue
- portance du sous-sol/de l'infrastructure, incluant les variations saisonnières et la gélivité
- durée et répercussions de la gelée au sol
- profondeur de pénétration du gel
- niveau de la nappe phréatique et perméabilité du sol

Il faut faire la distinction entre le dimensionnement de la portance et le dimensionnement de la gélivité. Pour les sols exposés au gel, le dimensionnement de la gélivité doit être effectué en plus du dimensionnement de la portance. La valeur supérieure de l'épaisseur minimale de la superstructure est déterminante. Lorsque la profondeur de pénétration du gel X_{30} est inférieure à l'épaisseur de la superstructure, le dimensionnement de la portance est déterminant pour l'épaisseur de la superstructure (voir la figure 50). La profondeur de pénétration du gel est sans importance pour les classes de gélivité $G1$ et $G2$; le dimensionnement de la portance correspond à l'épaisseur de la superstructure (voir la figure 51).

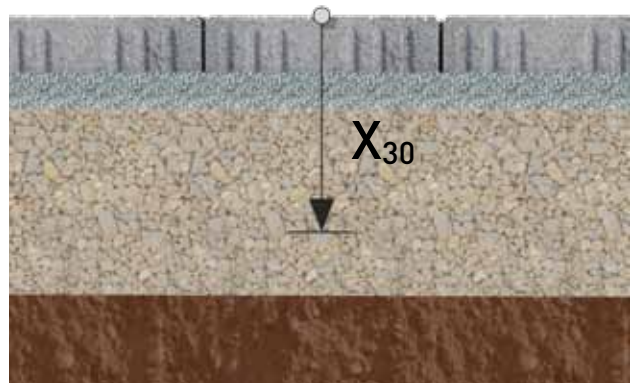


Figure 50: Profondeur de pénétration du gel X_{30} inférieure à l'épaisseur de la superstructure → dimensionnement déterminant de la portance

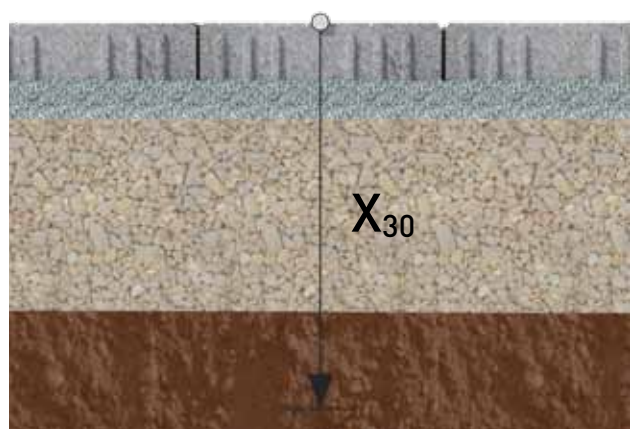


Figure 51: Profondeur de pénétration du gel X_{30} pour $G1$ et $G2$ → dimensionnement déterminant de la portance

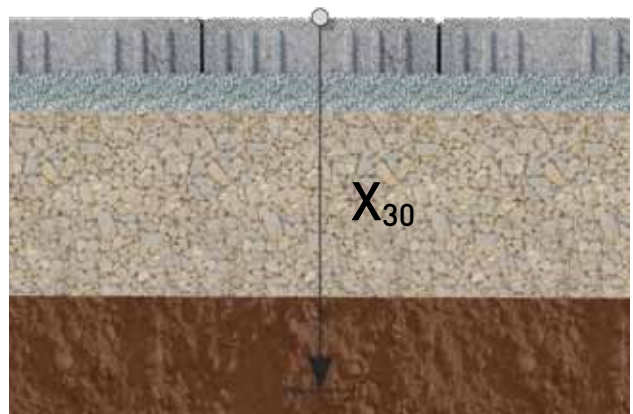


Figure 52: Profondeur de pénétration du gel X_{30} pour $G3$ et $G4$ → dimensionnement déterminant de la gélivité

Pour les classes de gélivité $G3$ et $G4$, un dimensionnement au gel doit également être effectué; la valeur supérieure correspond à l'épaisseur de la superstructure (voir la figure 52).

Dimensionnement de la portance

L'épaisseur de la couche de fondation doit être déterminée et les matériaux de construction choisis de sorte que le support du pavage ou du dallage soit suffisamment stable et qu'un comportement favorable puisse être garanti à long terme.

Procédure

- Calcul du TF_{20} et détermination de la classe de charge du trafic déterminante (ZP – T4) qui en découle
- Calcul de la classe de portance $S_0 - S_4$
- Calcul de l'épaisseur de construction d_1
- Calcul de l'épaisseur de fondation d_2
- Le résultat détermine l'épaisseur de la superstructure d_3

Trafic pondéral équivalent journalier TF_{20}

Le calcul est effectué selon les directives de la norme SN 640 320a. Le trafic pondéral correspond à la somme de toutes les charges par essieu des véhicules qui agissent, pendant 20 ans, sur la voie de circulation d'un tronçon de route faisant l'objet du dimensionnement.

Classe de charge du trafic déterminante

La classe de charge du trafic déterminante peut être calculée sur la base du TF_{20} , conformément aux normes SN 640 480a et SN 640 482a.

- ZP sans trafic (zones piétonnes)
 - T1 ≤ 30 ESAL/jour (trafic très léger)
 - T2 > 30 jusqu'à 100 ESAL/jour (trafic léger)
 - T3 > 100 jusqu'à 300 ESAL/jour (trafic moyen)
 - T4 > 300 jusqu'à 1000 ESAL/jour (trafic lourd)
- Le pavage n'est pas approprié si $TF > 1000$ ESAL/jour

Portance de la forme (support de la superstructure)

Sur la base des résultats obtenus avec la méthode d'analyse choisie, il est possible de procéder à une affectation des classes de portance conformément à la norme SN 640 324b.

- S_0 Très faible portance
- S_1 Faible portance
- S_2 Portance moyenne
- S_3 Portance élevée
- S_4 Portance très élevée

Possibles classes de portance de l'infrastructure en dépendance du type de sol

Type de sol	Classes de portance possibles
Sols cohésifs, coulant (p.ex. marne)	Clarification par investigation spéciale
Sols à granulats fins (limon et argile)	S_0 à S_2
Sols à granulats moyens (sable)	S_2 à S_3
Sols à granulats grossiers (gravier)	S_3 à S_4

Dans le cas de S_0 , une amélioration de la portance ou un dimensionnement est nécessaire en s'appuyant sur des analyses spéciales. Le type de l'infrastructure (p.ex. classification du champ) et la structure des couches devraient être connus pour l'interprétation des résultats de mesure.

Épaisseur de construction d_1

La classe de charge du trafic peut être mise en relation avec l'épaisseur du pavé en béton et son effet autobloquant afin de calculer l'épaisseur de construction d_1 , conformément à la norme SN 640 480a (voir le tableau 1). L'épaisseur de construction d_1 pour les dallages est calculée en mettant la classe de charge du trafic en relation avec l'épaisseur de la dalle, conformément à la norme SN 640 482a (voir le tableau 2).

Tableau 1: Épaisseur de construction d_1 en fonction de l'épaisseur du pavé, du type de pavé, de la classe de charge du trafic et de la largeur des joints

ÉPAISSEUR DU PAVÉ	CLASSE DE CHARGE DU TRAFIC										LARGEUR DES JOINTS	ÉPAISSEUR DE CONSTRUCTION d ₁
	ZP		T1		T2		T3		T4			
	Effet autobloquant											
	avec	sans	avec	sans	avec	sans	avec	sans	avec	sans		
4 cm											de 3 à 8 mm	80 mm
6 cm											de 3 à 8 mm	100 mm
8 cm											de 3 à 8 mm	120 mm
10 cm											de 3 à 8 mm	140 mm
12 cm											de 3 à 8 mm	170 mm
14 cm											de 3 à 8 mm	190 mm
16 cm											de 3 à 8 mm	210 mm
18 cm											de 3 à 8 mm	230 mm

approprié

partiellement approprié

inapproprié

Tableau 2: Épaisseur de construction d_1 en fonction de l'épaisseur de la dalle, de la classe de charge du trafic et de la largeur des joints

ÉPAISSEUR DE LA DALLE	CLASSE DE CHARGE DU TRAFIC					LARGEUR DES JOINTS	ÉPAISSEUR DE CONSTRUCTION d_1
	ZP	T1	T2	T3	T4		
2 cm	■	■	■	■	■	≥ 3 mm	de 50 à 70 mm
3 cm	■	■	■	■	■	≥ 3 mm	de 60 à 80 mm
4 cm	■	■	■	■	■	≥ 3 mm	de 70 à 90 mm
5 cm	■	■	■	■	■	≥ 3 mm	de 80 à 100 mm

■ approprié ■ partiellement approprié ■ inapproprié

Epaisseur de la couche de fondation en gravier

Une fois définies la classe de charge du trafic et la classe de portance, il est possible de déterminer l'épaisseur de la couche requise pour la fondation en gravier d₂ (voir le tableau 3).

Tableau 3: Epaisseur de la couche de fondation en gravier d₂ en fonction de la classe de charge du trafic et de la classe de portance du sol

PORTANCE			CLASSE DE CHARGE DU TRAFIC			
			ZP	T1	T2/3	T4
Classe	Désignation	M _{E1} [kN•m ⁻²]	Epaisseur de la couche de fondation en gravier d ₂			
S ₁	Faible	6000 – 15 000	0,30 m	0,50 m	0,60 m	0,70 m
S ₂	Moyenne	>15 000 – 30 000	0,20 m	0,30 m	0,35 m	0,40 m
S ₃	Elevée	>30 000 – 60 000	0,10 m	0,20 m	0,25 m	0,25 m
S ₄	Très élevée	>60 000	-	0,10 m	0,15 m	0,15 m

Lorsque la couche de fondation en gravier est remplacée partiellement ou intégralement par des couches comprenant du liant, les équivalences suivantes de matériaux sont valables:
0,10 m de gravier correspond à 0,05 m de béton de drainage
0,10 m de gravier correspond à 0,05 m d'asphalte à pores ouverts

Détermination de l'épaisseur de la superstructure

L'épaisseur minimale de la superstructure résultant du dimensionnement de la portance se calcule de la manière suivante:

d_s = d₁ + d₂



Figure 53: Détermination de l'épaisseur de la superstructure

- d_s = épaisseur de la superstructure
- d₁ = épaisseur de construction du pavage/dallage
- d₂ = épaisseur de la couche de fondation en gravier

Dimensionnement de la gélivité

La superstructure sera dimensionnée de sorte à pouvoir résister à la diminution de la portance pendant la période de dégel sans subir de dégâts.

Procédure

- Calcul de la classe de gélivité G
- Calcul du facteur de proportionnalité f
- Calcul de la profondeur moyenne de pénétration du gel X_{30}
- Le résultat détermine l'épaisseur de la superstructure d_s

Classe de gélivité G

La détermination de la gélivité des sols doit avoir lieu conformément à la norme SN 670 140b. Elle répartit les sols en quatre classes de gélivité (de G1 à G4). Il est possible de déterminer la classe de gélivité au moyen du tableau 4 lorsque la répartition granulométrique et les caractéristiques de plasticité des sols sont connues (selon la norme SN 670 008a).

Répartition des sols en fonction de la gélivité:

- G1 négligeable
- G2 faible
- G3 moyenne
- G4 élevée

L'affectation d'un sol à une classe de gélivité précise a lieu sur la base des paramètres suivants

- risque de dégât encouru dans le cadre du projet
- possibilités existantes pour garantir l'entretien et la rénovation du pavage/dallage

Un procédé de stabilisation rend les sols moins sensibles au gel.

Tableau 4: Répartition des sols en classes de gélivité en fonction de leur répartition granulométrique et de leurs caractéristiques de plasticité, en application de la classification USCS, conformément à la norme SN 670 008a

DONNEES COLLECTEES				RESULTAT
USCS selon SN 670 008a	Particules fines (granulat <0,02 mm)	Indice de plasticité	Coefficient de pente $C_{ud} = d_{60}/d_{30}$	Classe de gélivité
GW, GP	<3 %			G1
	1 – 4 %		>80	G1 – G2
GW-GM,GP-GM	<3 %			G1
	3 – 8 %			G2
	>3 %		>80	G2 – G3
GW-GC, GP-GC	3 – 8 %			G2
	>3 %		>80	G2 – G3
GM	<3 %			G1
	3 – 8 %			G2
	>3 %		>80	G2 – G3
GC, GC-GM				G3 – G4
SW, SP	<3 %			G1
	1 – 3 %		>80	G1 – G2
SW-SM, SP-SM	3 – 10 %			G2
	>5 %		>80	G2 – G3
SW-SC, SP-SC	>3 %			G2
	>5 %			G2 – G3
SM	3 – 10 %			G2
	>5 %		>80	G2 – G3
	>15 %			G3 – G4
SC, SC-SM				G3 – G4
ML		>12		G3 – G4
		<12		G4
CL-ML				G4
CL-ML				G3 – G4
CM		>20		G3 – G4
		<20		G3 – G4
MH				G3 – G4
CH				G2
OL				G2 – G3
OH, Pt				très diverses
Argiles rubanées et autres sédiments rubanés à granulats fins				G4

Facteur de proportionnalité f

La composition des joints a également une influence sur l'épaisseur de la superstructure. En ajoutant la classe de gélivité du sol précédemment déterminée, on obtient le facteur de proportionnalité f. Ce facteur ainsi que la profondeur moyenne de pénétration du gel X₃₀ sont nécessaires pour déterminer l'épaisseur de la superstructure.

Tableau 5: Calcul du facteur de proportionnalité f en fonction de la classe de charge du trafic, de la classe de gélivité et du type des joints

COMPOSITION DES JOINTS	CLASSE DE CHARGE DU TRAFIC							
	ZP		T1		T2/T3		T4	
	Classe de gélivité							
	G3	G4	G3	G4	G3	G4	G3	G4
Sans liant (sable/gravillon)	0,30	0,40	0,35	0,45	0,40	0,50	0,45	0,55
Avec liant (mortier)	0,30	0,40	0,40	0,50	0,45	0,50	0,50	0,60

Profondeur moyenne de pénétration du gel X₃₀

La profondeur de pénétration du gel dans le sol X₃₀ doit être calculée conformément à la norme SN 670 140b. La formule de Viktor Kuonen permet une estimation approximative à partir de l'altitude du projet (H):

X₃₀ [m] = 0,55 + 0,0013 · H [m]

Détermination de l'épaisseur de la superstructure

L'épaisseur minimale de la superstructure, déterminée par le dimensionnement de la gélivité, se calcule de la manière suivante:

d_s ≥ f · X₃₀

Il faut être prêt ici à accepter les risques de dommages importants causés par le gel dans les zones piétonnes et en cas de faible sollicitation. Lorsque la couche de fondation en gravier est partiellement ou intégralement remplacée par des couches comprenant du liant, les équivalences de matériaux suivantes sont valables:

0,10 m de gravier correspond à 0,05 m de béton de drainage
0,10 m de gravier correspond à 0,05 m d'asphalte à pores ouverts

L'épaisseur de la superstructure, résultant du dimensionnement calculé en fonction du gel, est déterminante quand l'épaisseur minimale d_s, provenant du dimensionnement au gel, est supérieure à la valeur d_s d'après le dimensionnement de la portance!

Dimensionnement du lit de pose

Stabilité de la fonction filtrante des matériaux du lit de pose sans liant

Dans le cas d'une couche de fondation en pierres concassées grossières, veiller à couvrir la surface d'un matériau plus fin de calibre échelonné, afin d'empêcher le ruissellement du matériau du lit de pose dans les couches de support inférieures. Les travaux de mise en œuvre réalisés lors de fortes pluies favorisent l'infiltration du lit de pose. Une perte du matériau du lit de pose entraîne inévitablement des déformations du dallage.

Les normes SN 640480a et SN 640482a définissent le rapport de granulométrie des couches superposées afin d'éviter l'entraînement des particules fines dans la couche inférieure.

Trois conditions doivent être observées ici:

- 1) La taille minimale des deux matériaux doit être identique ou quasiment identique.
- 2) $\frac{D_{T15} \text{ (couche de support)}}{d_{B85} \text{ (lit de pose)}} \leq 5$
- 3) $\frac{D_{T50} \text{ (couche de support)}}{d_{B80} \text{ (lit de pose)}} \leq 25$

D_{T15}, D_{T50}

Diamètre du grain du matériau de la couche de support résulte de la répartition granulométrique pour les passées avec 15 ou 50 % en masse.

d_{B50}, d_{B85}

Diamètre du grain du matériau du lit de pose résulte de la répartition granulométrique pour les passées avec 50 ou 85 % en masse.

INFILTRATION (PAVAGES PERMÉABLES)

Evacuer par infiltration au lieu d'imperméabiliser

L'extension des zones d'habitation et des voies de communication augmente constamment la proportion des surfaces imperméabilisées. Nous entendons par imperméabilisation l'étanchement du sol par la stabilisation des routes et des places ou au moyen de constructions.

Le terrain naturel est recouvert d'une couche imperméable, empêchant ainsi l'infiltration naturelle de l'eau de pluie dans le sous-sol. Une grande partie des eaux de précipitation est évacuée en surface ou déversée dans les canalisations, ce qui entrave le cycle naturel de l'eau et l'alimentation de la nappe phréatique.

La loi fédérale sur la protection des eaux (LEaux) et l'ordonnance sur la protection des eaux (OEaux) partent du principe qu'une grande partie de l'eau de pluie tombant dans les zones d'habitation est à considérer comme étant «non polluée», c'est pourquoi elles prescrivent son infiltration. Il est fait exception à cette règle lorsque l'eau de pluie est polluée ou que les conditions locales ne permettent pas l'infiltration.

Le drainage moderne des quartiers d'habitation vise à protéger dans leur ensemble les cours d'eau en tant que biotopes contre toute influence négative. Le drainage des zones d'habitation est effectué dans le respect de la nature et des cours d'eau; les aspects écologiques, de même que le renouvellement de la nappe phréatique et le cycle complet de l'eau, sont pris en compte.

Une stratégie de drainage nuancée permet de résoudre divers problèmes ou, pour le moins, de réduire leur portée, comme par exemple:

- L'écoulement rapide de l'eau de pluie des surfaces imperméabilisées entraîne une augmentation des pointes et des débits de ruissellement vers les petits cours d'eau, ce qui nécessite souvent leur aménagement.
- L'évacuation de l'eau de pluie non polluée, au lieu de son infiltration, empêche le renouvellement de la nappe phréatique.
- L'évacuation d'eaux non polluées dans les canalisations unitaires provoque une augmentation de la fréquence et de la durée d'évacuation des eaux pluviales, et de ce fait une pollution supérieure des récepteurs par temps de pluie et pendant la fonte des neiges.
- Les eaux non polluées nuisent au bon fonctionnement des stations d'épuration et à leur rendement, augmentant ainsi la pollution des eaux.

En cas de drainage naturel (incluant des mesures d'infiltration), l'écoulement de l'eau de pluie est nettement plus faible et plus lent, comparativement au drainage réalisé sur de grandes surfaces imperméabilisées.



Illustration 19: Pavés à joints élargis



Illustration 20: Pavés filtrants

Les possibilités de rétention doivent servir à réduire les pointes de ruissellement et à ralentir l'écoulement.

L'eau provenant de fontaines, de ruisseaux, d'étangs, de drains, de captages des eaux souterraines et des eaux de source, de retours d'eau de refroidissement non polluée, etc. ne doit pas non plus être évacuée dans les canalisations, mais être utilisée pour alimenter la nappe phréatique, pour autant que les conditions hydrologiques et techniques le permettent.

Tout doit être mis en œuvre pour éviter l'évacuation des eaux pluviales et pures vers les canalisations. Seules les eaux dont l'infiltration est susceptible de nuire au bassin hydrographique doivent être évacuées.

Conditions requises pour l'infiltration

Facteurs d'influence

L'évacuation par infiltration de l'eau de précipitation et des eaux claires exige une planification réfléchie.

Les facteurs suivants doivent notamment être pris en compte: débit et qualité de l'écoulement (pollution de l'air, qualité de l'eau de pluie, surface), capacité d'infiltration du sol et admissibilité (pollution du sol, bases légales).

En résumé, il en résulte trois conditions requises principales:

1. L'eau d'infiltration ne doit pas contenir de polluants.
2. La perméabilité du sol doit être garantie.
3. La vulnérabilité de la nappe phréatique doit être évaluée.

Degré de pollution (1^{ère} condition requise)

La présence potentielle de polluants dans l'eau à évacuer par infiltration dépend du degré de pollution des eaux pluviales s'écoulant de différentes surfaces; elle est classée en fonction de l'évacuation (faible, moyenne, élevée).

Eau de pluie

Avant même qu'une goutte de pluie ne touche le sol, il se peut qu'elle ait déjà accumulé une charge polluante. Il s'agit principalement de dioxyde de carbone (CO₂), de dioxyde de soufre (SO₂) et d'oxyde d'azote (NO_x), mais aussi de métaux lourds provenant des gaz d'échappement rejetés par les véhicules et l'industrie.

Le degré de pollution des eaux pluviales et de l'eau de fonte des neiges dépend essentiellement de l'utilisation, de l'emplacement et de l'environnement de la surface drainée (pollution de l'air).

Eau de pluie provenant de différentes surfaces

L'eau des toits des zones d'habitation est généralement moins polluée que celle des zones industrielles et commerciales. Même dans le cas d'une maison individuelle courante, les matériaux de toitures utilisés ont cependant une grande influence sur la teneur en métaux lourds (p.ex. cuivre, zinc, étain ou plomb) présents dans l'eau de pluie provenant de la surface de toitures. Il en va de même pour les surfaces de toitures accessibles, les terrasses, etc.

Les eaux de ruissellement des aires de **circulation** entraînent des particules provenant essentiellement de l'usure des pneus, des produits de combustion, des lubrifiants et des produits de corrosion, dans le sol jouxtant le corps de la chaussée. Les facteurs indépendants de la circulation, tels que le matériau d'épandage, les déchets et les substances toxiques, polluent eux aussi indirectement les eaux de ruissellement. Une grande partie de la pollution est due à des métaux lourds (et en particulier au cadmium, au plomb et au cuivre), à des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et à des huiles minérales. Ces substances se rencontrent sous forme gazeuse, liquide, organique ou inorganique. L'eau d'infiltration sert principalement de moyen de transport à ces agents pol-

luants. L'infiltration des eaux usées des routes, «par les accotements» et vers les bandes contaminées, doit être contrôlée en fonction du type et de la fréquence du trafic, de la nature du terrain ainsi que des conditions locales. Le nettoyage des rues permet d'éliminer d'emblée de 30 à 50 % des substances solides (à partir du sable grossier).

Dans le cas des lieux de transbordement, il est nécessaire de déterminer précisément la nature des marchandises transbordées ainsi que le type et la fréquence d'utilisation. En règle générale, le risque de pollution y est considérable, si bien que les eaux de pluie et de ruissellement doivent être déversées dans les égouts.

L'évaluation de la pollution des eaux pluviales s'écoulant de différentes surfaces est traitée de manière détaillée dans la directive «Evacuation des eaux pluviales», publiée par le VSA.

Eaux claires

Les eaux claires sont des eaux «propres» qui s'écoulent en permanence et ne doivent pas passer dans les canalisations unitaires. Chaque litre d'eau propre passant par les canalisations est nettoyé inutilement dans la station d'épuration et augmente les coûts d'exploitation.

L'eau «propre» provient la plupart du temps de déversoirs de sources inutilisées, de fontaines décoratives, de réservoirs et de drains. Elle peut également provenir de retours d'eau de refroidissement non polluée.

Les travaux de nettoyage effectués au niveau des réservoirs et fontaines peuvent entraîner une légère pollution temporaire des eaux pures. Dans ce cas-là, l'eau devra être déversée dans les canalisations.

Dynamique du transport de polluants «First Flush»

Lorsqu'il commence à pleuvoir, presque toutes les substances contenues dans l'eau de pluie présentent un pic de concentration plus ou moins marqué (First Flush).

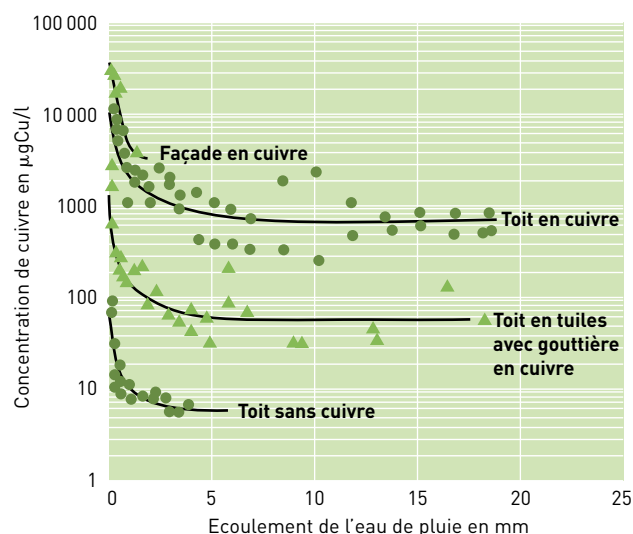


Diagramme 1: Courbe de concentration du cuivre présent dans l'eau et s'écoulant d'un toit plat sans installation en cuivre, d'un toit en tuiles avec une gouttière en cuivre, d'un toit entièrement en cuivre et d'une façade en cuivre au cours de différents événements pluvieux

Capacité d'infiltration du sol (2^{ème} condition requise)

La perméabilité du sol constitue la seconde condition requise pour l'infiltration. Le sous-sol doit présenter une bonne capacité à évacuer l'eau afin que l'eau ruisselant à la surface puisse s'infiltrer dans le sol, y être stockée temporairement puis transmise.

La capacité d'infiltration du sol dépend de plusieurs caractéristiques mécaniques:

- répartition granulométrique (teneur en argile dans la couche supérieure du sol et le sous-sol, comprise entre 10 et 15 %)
- teneur en humus dans le sous-sol
- valeur pH du sol
- épaisseur de la couche supérieure du sol et du sous-sol
- le sous-sol ne doit pas être saturé d'eau
- système naturel de pores (pores grossiers aquifères)

Ces paramètres permettent de classer la structure du sol en fonction de sa capacité d'infiltration: optimale, moyenne, minimale ou insuffisante.

Il faut tenir compte du fait qu'un sol compacté subit un dommage quasiment irréversible et qu'il ne peut plus être utilisé en vue d'infiltrer de l'eau de pluie.

La perméabilité à l'eau est exprimée par le coefficient de perméabilité k_f (m/s).

Les sols composés de roches meubles dont le coefficient de perméabilité k_f est compris entre $5 \cdot 10^{-6}$ m/s et $5 \cdot 10^{-3}$ m/s se prêtent à une infiltration.

Pour les «coefficients de perméabilité» des sols: voir le diagramme 2 en page 44.

Sous-sol

D'une part, le sous-sol doit être aussi perméable que possible et par conséquent ne pas être compacté plus que nécessaire. D'autre part, il doit rester stable à long terme et être suffisamment compacté afin que la couche de fondation puisse être disposée sur la forme et compactée correctement.

Le sous-sol doit présenter la perméabilité minimale suivante:

$k_f \geq 5 \cdot 10^{-6}$ m/s (valeur recommandée: $k_f \geq 1 \cdot 10^{-5}$ m/s).

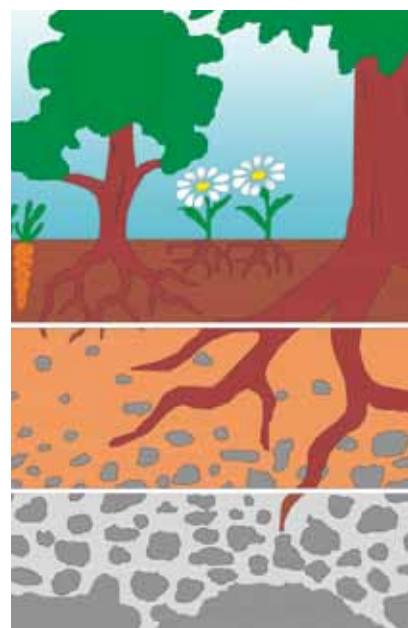
Une perméabilité de $k_f \geq 1 \cdot 10^{-5}$ m/s correspond à une pluviométrie de 100 l/s · ha

Le sous-sol devra être amélioré le cas échéant. L'amélioration des sols cohérents au moyen de matériaux à granulats grossiers et non cohérents augmente en règle générale la stabilité et la perméabilité à l'eau. La perméabilité à l'eau du sous-sol sera vérifiée sur place à l'état compacté.

La couche de fondation doit assurer la stabilité de la fonction filtrante par rapport au sous-sol afin d'empêcher toute pénétration du sol dans la couche de fondation et permettre un drainage à long terme.

La preuve de la stabilité de la fonction filtrante des matériaux permettant une infiltration par la couche de fondation est apportée par le planificateur ou l'ingénieur responsable conformément aux normes VSS.

Sol	Horizon A	Couche minérale érodée, enrichie de substance organique (humus), abritant un grand nombre d'organismes et de racines, généralement de couleur (marron) foncée, meuble et friable (épaisseur env. 5-30 cm).
	Couche supérieure du sol	
	Horizon B	Couche généralement moins érodée, abritant un nombre bien plus réduit d'organismes et de racines que l'horizon A; la couche contient très peu ou pas d'humus, est de couleur généralement plus claire (allant du rouge au rouge-brun) et présente une plus grande densité en volume (épaisseur env. 150 cm).
	Sous-sol	
Sous-sol	Horizon C	Matière minérale brute peu ou pas érodée, abritant peu d'organismes et de racines, présentant une plus grande densité en volume que l'horizon B et ne contenant pas de substances organiques.



Vulnérabilité de la nappe phréatique (3^{ème} condition requise)

La sensibilité de la nappe phréatique est évaluée en se basant sur sa vulnérabilité à l'eau de pluie infiltrée et chargée de polluants. La propagation de substances dans la nappe phréatique dépend de la durée moyenne de séjour, c'est-à-dire de la durée nécessaire au renouvellement complet des masses d'eau. Dans le cas de la nappe phréatique, ce phénomène peut durer des années ou des décennies.

Deux paramètres sont déterminants pour l'évaluation: la structure et l'épaisseur de la couche supérieure du sol ainsi que la nature et l'épaisseur du sous-sol.

- La structure du sous-sol est répartie en trois classes:
- I: Roches meubles à grains fins (p.ex. argiles, limons argileux, roches cohérentes non fissurées à grains fins comme la marne)
 - II: Roches meubles à grains grossiers (p.ex. graviers sableux, sables graveleux, roches cohérentes et fissurées à grains fins comme les sables limoneux)
 - III: Roches fissurées cristallines et métamorphiques (p.ex. granit, gneiss, roches karstiques comme le calcaire)

L'estimation de la vulnérabilité de la nappe phréatique peut désormais être déterminée (faible, moyenne, élevée, très élevée), parallèlement à l'évaluation de la structure du sol (voir la 2^{ème} condition requise).

Admissibilité de l'infiltration

La procédure de contrôle de l'admissibilité d'une infiltration est expliquée en détails dans la directive «Evacuation des eaux pluviales» publiée par le VSA. Elle se base sur la classification de l'eau de pluie devant être évacuée par infiltration (1^{ère} condition requise), sur l'estimation de la vulnérabilité de la nappe phréatique (3^{ème} condition requise) et sur l'emplacement de la surface d'infiltration dans la zone de protection des eaux. L'évaluation doit être effectuée par un spécialiste. Le tableau 6 permet de reconnaître suffisamment tôt les possibilités d'infiltration au niveau du projet de construction et leur mise en œuvre.

Le tableau 6 ne traite que les exigences minimales; les exigences cantonales quant à l'admissibilité d'une infiltration sont en partie plus rigoureuses et doivent être respectées.

Distance de drainage

La distance entre la ligne du terrain et le niveau maximum de la nappe phréatique est appelée «distance de drainage»; elle doit s'élever au minimum à 1 m.

Tableau 6: Admissibilité de l'infiltration en fonction des zones de protection des eaux, de la vulnérabilité de la nappe phréatique, du type de surface à drainer et de la classe de pollution de l'eau de pluie

ZONE DE PROTECTION DES EAUX	VULNÉRABILITÉ DE LA NAPPE PHRÉATIQUE	TYPE DE SURFACE À DRAINER/ CLASSES DE POLLUTION DE L'EAU DE PLUIE								
		Surfaces de toitures			Places dans les zones immobilières			Aires de circulation		
		faible	moyenne	élevée	faible	moyenne	élevée	faible	moyenne	élevée
Autres secteurs	faible									
	moyenne									
	élevée									
	très élevée									
Secteur Au	faible									
	moyenne									
	élevée									
	très élevée									
Aire d'alimentation Zu	faible/moyenne									
	élevée/très élevée									
S3	faible/moyenne									

Infiltration admissible
 Infiltration non admissible ou uniquement admissible dans certains cas, conjointement à des mesures de traitement

Test d'infiltration

Que peut «absorber» mon sol?

Si vous optez pour l'utilisation de pavages filtrants, il est important de savoir si le terrain existant permet une évacuation par infiltration. Un simple test d'une durée de deux heures environ vous permettra de répondre à cette question.

Pour ce faire, le matériel suivant est nécessaire:

- une bêche
- de l'eau (de préférence un tuyau d'arrosage)
- une petite latte en bois
- du ruban adhésif
- un peu de gravier fin
- un double mètre
- un crayon et du papier

Important:

Le test doit être effectué à la même profondeur que celle de la couche de fondation où le pavage sera posé ultérieurement. Pour les surfaces d'infiltration de grande taille, il est nécessaire de procéder à plusieurs tests d'infiltration à différents endroits.

Instructions

1. Creuser une fosse d'environ 40·40 cm sur 50 cm de profondeur. Le fond de la fosse doit être parfaitement plan.
2. Le fond de la fosse doit être recouvert d'une couche de gravier fin de 1 à 2 cm d'épaisseur afin d'éviter la formation de boue.
3. La fosse doit être humidifiée au préalable durant une heure environ, car un sol sec absorbe l'eau plus rapidement qu'un sol mouillé. Seule cette opération permet d'obtenir un résultat réaliste. Remplir la fosse d'eau et veiller à ce qu'elle ne s'assèche pas pendant la phase de préhumidification.
4. Fixer le double mètre à la latte en bois au moyen du ruban adhésif et l'enfoncer dans le fond de la fosse. Une fois la préhumidification terminée, le test proprement dit peut commencer. Remplir la fosse d'eau sur une hauteur de 20 à 25 cm.
5. Noter l'heure et le niveau d'eau sur le tableau.
6. Durant la demi-heure qui suit, contrôler le niveau d'eau toutes les 10 minutes et noter les résultats obtenus. En présence de sols à faible perméabilité, prolonger l'intervalle et prendre les mesures toutes les 30 ou 60 minutes.

(Voir la figure 54)

Evaluation

La durée d'infiltration et la modification du niveau d'eau sont additionnées; le degré d'infiltration est calculé selon la formule ci-dessous.

$$\text{Degré d'infiltration} = \frac{\Sigma \text{ modification du niveau d'eau [cm]}}{\Sigma \text{ durée d'infiltration [min]}}$$

Grâce au tableau 7, les valeurs calculées permettent à présent de déterminer si le sol se prête à une infiltration.



Figure 54: Test d'infiltration

Tableau 7: Corrélation entre le degré d'infiltration et le coefficient de perméabilité k_f du sol

Degré d'infiltration (cm/min)	Type d'infiltration recommandé	Coefficients k_f (m/s)
<0,03	Aucune infiltration possible	<5·10 ⁻⁶
≥0,03 <0,12	Infiltration superficielle possible, mais avec une augmentation de 10 cm de la structure ingélive	≥5·10 ⁻⁶ <2·10 ⁻⁵
≥0,12 <12	Plage idéale pour tous les types d'infiltration	≥2·10 ⁻⁵ <2·10 ⁻³
≥12 <30	Infiltration superficielle possible, mais avec une diminution de l'effet nettoyant du sol	≥2·10 ⁻³ <5·10 ⁻³
≥30	Aucune infiltration admissible, la perméabilité trop élevée constituant un risque de contamination de la nappe phréatique	≥5·10 ⁻³

Exemple d'utilisation pour la détermination de l'infiltration

Mesure	Heure	Durée d'infiltration (min)	Niveau d'eau de la fosse (cm)	Modification du niveau d'eau (cm)
1	10:28	-	22,5	-
	10:38	10	17,0	5,5
Remplir d'eau				
2	10:40	-	24,0	-
	10:50	10	19,0	5,0
Remplir d'eau				
3	10:54	-	21,0	-
	11:05	11	16,0	5,0
Calcul	-	Σ 31	-	Σ 15,5

Calcul:

$$\text{Degré d'infiltration} = \frac{\Sigma 15,5}{\Sigma 31} = 0,5 \text{ cm/min}$$

Evaluation: ≥0,12 <0,5 <12 cm/min

- plage idéale pour tous les types d'infiltration

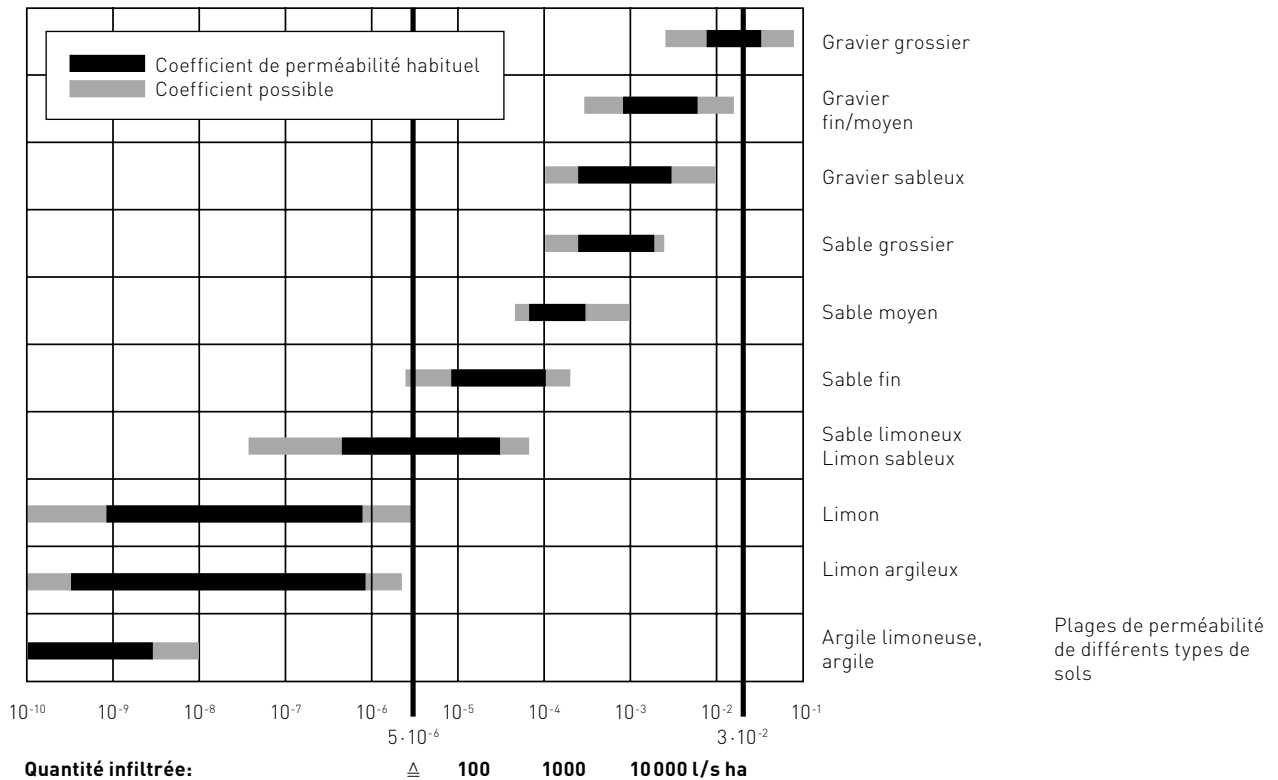
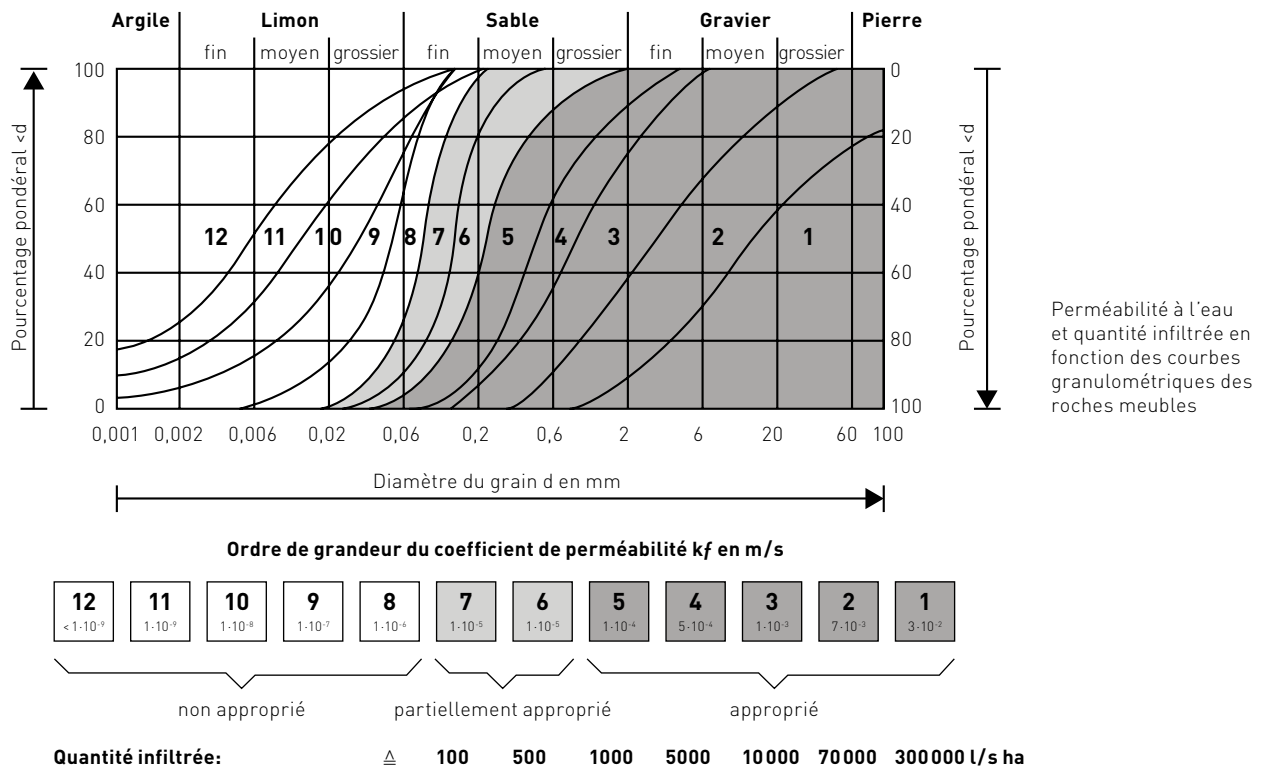


Diagramme 2: Coefficients de perméabilité des différents types de sols

Méthodes d'infiltration

Types d'infiltration

De manière générale, on distingue les méthodes d'infiltration suivantes :

- **Infiltration en surface avec passage à travers le sol**
Cette méthode comprend l'infiltration superficielle à la source ainsi que la collecte et la répartition avec infiltration superficielle par les accotements ou dans un bassin d'infiltration.
- **Infiltration souterraine sans passage à travers le sol**
On entend par là la collecte et l'évacuation dans des dispositifs d'infiltration. Cette méthode peut par exemple être réalisée au moyen de corps graveleux, de puits d'infiltration ou de lignes d'infiltration.

Dans la mesure du possible, il faudra opter pour une infiltration superficielle. L'effet nettoyant de la couche active du sol est garanti grâce au passage à travers le sol. Les polluants contenus dans l'eau à évacuer par infiltration sont retenus dans le sol ; l'eau est nettoyée et la nappe phréatique ménagée. Selon l'exposition, les couches du sol qui remplissent cette fonction filtrante sont contaminées à long terme par les polluants et doivent éventuellement être éliminées conformément à la législation.

Les revêtements perméables à l'eau permettent d'obtenir une infiltration superficielle au niveau de la superstructure. Les eaux de précipitation ne ruissellent pas à la surface, mais traversent directement la superstructure pour être déversées dans le sous-sol. En principe, on distingue trois principes de construction :

- l'infiltration à travers des revêtements perméables
- l'infiltration « par les accotements »
- les cuvettes d'infiltration

Les avantages de l'infiltration superficielle par rapport à toutes les autres méthodes d'infiltration résident d'une part dans la répartition de l'eau de pluie sur une surface aussi grande que possible et d'autre part dans le passage maximal à travers le sol (puissance de filtration).

Infiltration à travers des pavages perméables

Comparativement aux pavages conventionnels, les pavages perméables présentent l'avantage de permettre l'évacuation de l'eau de pluie depuis la source vers le sol, sans avoir à la collecter pour l'infiltrer de manière concentrée. Néanmoins, l'infiltration des eaux de ruissellement pré suppose la perméabilité de la superstructure et de l'infrastructure ; de plus, elle doit être réalisée dans le respect des prescriptions légales.

On distingue trois systèmes :

- les joints élargis (joints gravillonnés et joints engazonnés), voir le chapitre Pavés écologiques (pages 15)
- les évidements (grilles de gazon), voir le chapitre Pavés écologiques (pages 15)
- les pavés perméables à l'eau (pavés filtrants), voir le chapitre Pavés écologiques (pages 15)



Figure 55: Evacuation de l'eau à travers le pavé filtrant

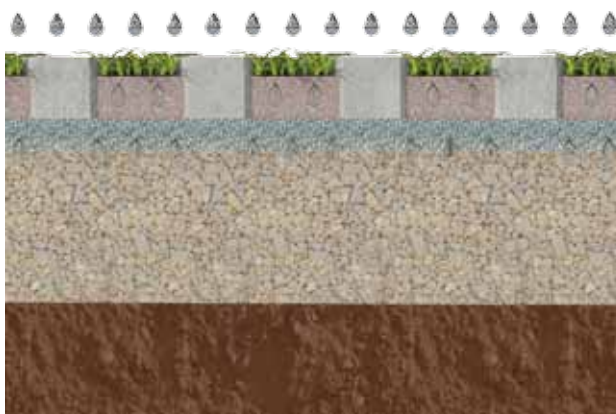


Figure 56: Evacuation de l'eau par les joints élargis ou les évidements

Les charges de trafic attendues déterminent l'épaisseur de la superstructure (lit de pose et couche de fondation). Dans le cas d'une sollicitation normale, il convient de choisir pour la couche de fondation un matériel graveleux ingélif dont la couche supérieure, à savoir la forme, doit être compactée correctement, conformément aux normes recommandées.

L'infiltration à travers les pavages perméables ne suffit généralement plus en cas de fortes précipitations (voir le diagramme 3 à la page 46). Les eaux de ruissellement excédentaires doivent être évacuées sur les côtés, où elles seront si possible infiltrées.

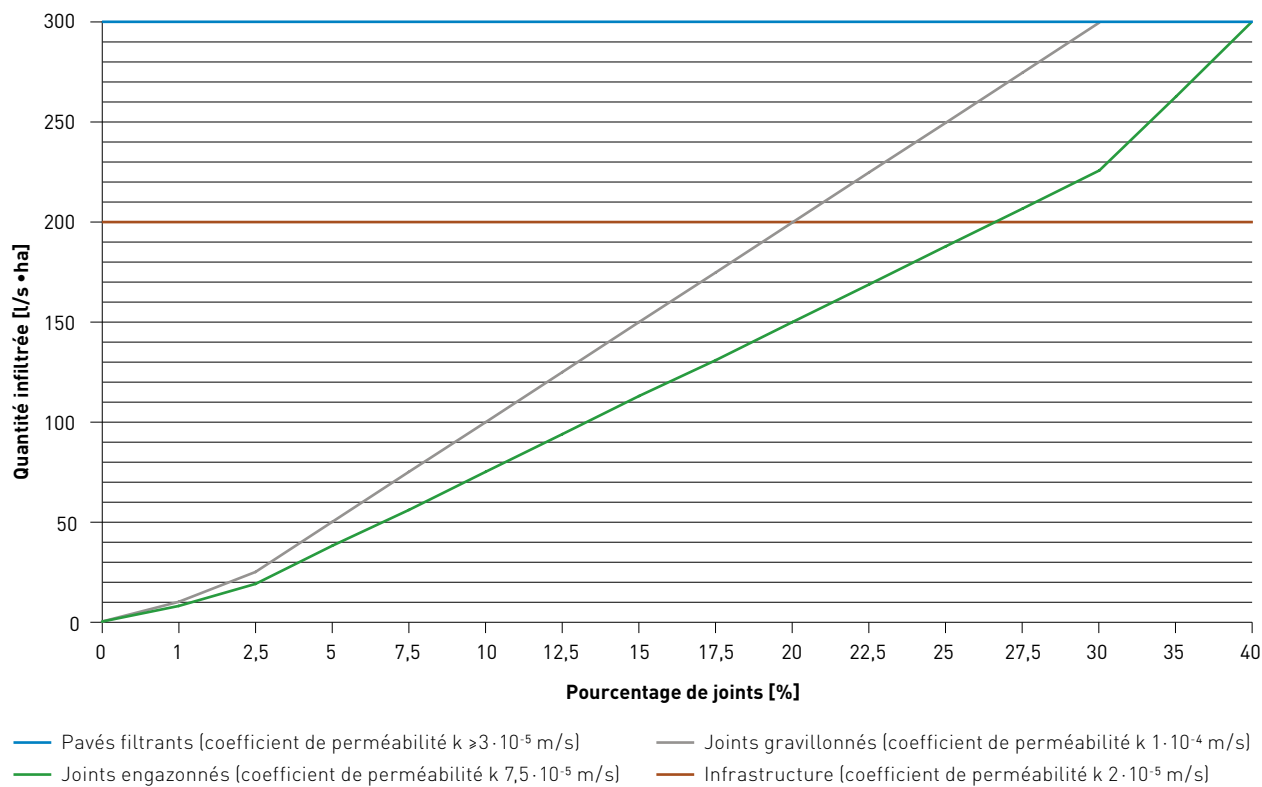


Diagramme 3: Quantité infiltrée du pavage en fonction du pourcentage de joints et du matériau de jointoiement

Infiltration «par les accotements»

Le long des routes et places, l'eau de pluie peut être évacuée par les accotements sur les bandes contaminées adjacentes (talus ou bandes de verdure), où elle peut ensuite s'infiltrer en surface.

Si le rapport entre la surface de drainage et la surface d'infiltration est supérieur à 5, le sol doit être déclaré comme installation ou partie d'installation (surfaces de sol réservées à l'infiltration et dans lesquelles une accumulation de polluants est tolérée à long terme). De plus, le sous-sol doit présenter une certaine perméabilité et une capacité d'absorption.

Il est nécessaire de procéder à une analyse chimique du sol, lorsque l'infiltration est stoppée suite à une réaffectation des routes ou places.

Une infiltration par les accotements n'est pas admissible si le sous-sol est composé de couches très peu perméables ou de couches naturellement saturées d'eau.

La couche supérieure du sol et le sous-sol doivent rester meubles et ne pas être compactés. Des mesures doivent être prises au niveau de la construction afin de restreindre la surface d'infiltration aux bandes contaminées. Celles-ci doivent être conçues de telle sorte que les volumes normaux de précipitations puissent s'infiltrer dans le périmètre de la bande et que l'eau ne se propage pas au-delà. Le périmètre est clôturé par une bordure en forme de cuvette et couverte de végétation, comprenant un sous-sol bien échelonné sans couche de retenue.

Il faut veiller à aménager les abords de manière à ce qu'ils ne soient pas sujets à des inondations en cas de fortes pluies prolongées.

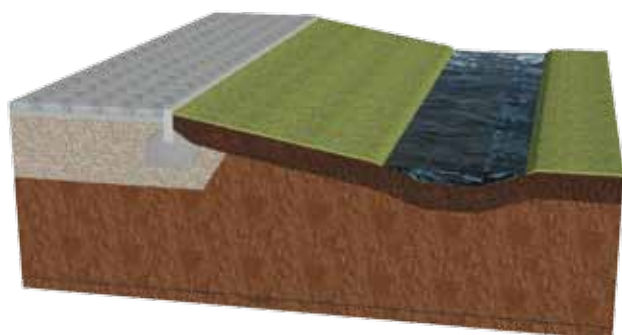


Figure 57: Evacuation de l'eau par les accotements en vue de son infiltration dans l'espace vert

Cuvettes d'infiltration

Les cuvettes situées latéralement, par rapport à la surface de drainage, constituent un dispositif d'infiltration performant et proche de la nature puisqu'elles disposent généralement d'un important volume de rétention. Dans le cas de la cuvette d'infiltration couverte de végétation, la couche active du sol sert de filtre lors du passage de l'eau. A cet égard, il convient de veiller à ce que la distance verticale de drainage dans le sous-sol non saturé d'eau, entre le fond du bassin et le niveau maximum de la nappe phréatique, s'élève au minimum à 1 m. Au moment de leur pose, veiller à ce que les couches du sol présentent une teneur en humidité optimale et soient mises en œuvre «en tête», ce qui signifie qu'elles ne doivent pas être compactées.

Les dispositifs d'infiltration doivent être entièrement recouverts d'une végétation dont les racines viendront coloniser intensivement la couche supérieure du sol, garantissant ainsi la préservation de la structure poreuse, sans pour autant atteindre les couches inférieures du sol. Une plantation extensive et ne nécessitant qu'un minimum de coupes annuelles contribue à minimiser les coûts d'entretien. Les plantes à racines profondes telles que les arbustes et les arbres ne sont pas appropriées. Le fond du bassin et le talus ne peuvent servir que de litière en raison de l'inondation périodique. L'herbe ne doit ni être utilisée comme fourrage ni être compostée, mais brûlée.

Dans le cas des cuvettes d'infiltration, la zone de transition située entre la cuvette et l'amenée d'eau exige une attention toute particulière. En effet, dans cette zone, l'accumulation d'éléments fins et de substances organiques peut multiplier la croissance des plantes et des amas et empêcher une évacuation correcte de l'eau. Pour remédier à ce problème, il est nécessaire de poser une bande inclinée constituée de dalles ou de pavés au niveau de l'amenée d'eau. Cette bande sert également de protection contre l'érosion.

Les dispositifs d'infiltration doivent être entretenus et contrôlés.



Figure 58: Infiltration dans une cuvette

Le sol en tant que filtre, réservoir et élément de transformation

Le sol possède la capacité de filtrer, de stocker et, au cas par cas, de transformer des substances naturelles ou anthropiques. Le comportement des polluants et des corps étrangers dans le sol est largement déterminé par la capacité d'adsorption de ce dernier. Dans une moindre mesure, la capacité de transformation et d'autres mécanismes d'action viennent également jouer un rôle.

Processus dans le sol

Les eaux de précipitation infiltrées sont retenues en quantités variables dans le système de pores. En fonction de la quantité et de l'intensité des précipitations et selon la capacité d'absorption du sol, une partie des précipitations parviendra dans la nappe phréatique tandis qu'une autre partie s'évaporerait directement de la surface du sol ou ruissellera jusqu'à des ruisseaux, fleuves et lacs. Les substances emportées par l'eau d'infiltration sont soumises à des phénomènes physiques et chimiques de filtration et de retenue lors du transport à travers l'espace poreux du sol. Ce phénomène s'applique aux substances nutritives et polluantes.

Suite aux quantités croissantes de substances absorbées, le pouvoir de retenue du sol diminue, et par là son effet filtrant. Les pores doivent continuellement se renouveler dans le cadre de processus biologiques.

Les substances qui se sont fixées sont à nouveau déposées dans l'eau interstitielle, ce qui est d'une part vital pour la croissance des plantes, mais qui entraîne d'autre part une remise en circulation des substances nocives.

Les substances présentes dans le sol sont décomposées, assimilées par les organismes, puis à nouveau synthétisées au cours de processus biochimiques dans le sol. Les métaux lourds ne peuvent pas être décomposés. Les substances dégradables s'accumulent généralement dans le sol lorsqu'elles sont présentes en grandes quantités ou qu'elles ne sont que lentement dégradables.

Une nouvelle libération de métaux lourds peut se produire par exemple en cas de modification du pH (pluies acides) ou suite à une augmentation de la concentration de sel dans l'eau infiltrée (salage en hiver).

Différents paramètres du sol

La **taille des pores** du sol joue un rôle capital, les macropores (diamètre équivalent $>50\ \mu\text{m}$) étant notamment déterminants pour l'infiltration. Leur part de volume dans le sol doit être comprise entre 10 % environ et 25 % au maximum. La présence de nombreux pores de petite ou de très petite taille est le gage d'un bon effet filtrant; ils entraînent néanmoins une mauvaise perméabilité et par là un engorgement du sol.

Dans le cas d'un sol de structure naturelle, le **volume d'accumulation** utilisable correspond environ à la part de volume des macropores et des pores moyens grossiers.

L'infiltration artificielle de l'eau de pluie transporte de grandes quantités d'eau contenant des particules enrichies, favorisant ainsi l'accumulation de boue et l'obstruction des pores.

La meilleure sorption des métaux lourds est atteinte avec les **sols peu acides à basiques** ($\text{pH} >5,5$). Au fil du temps, la tendance des sols à s'acidifier engendre une dissolution et un lessivage des métaux lourds adsorbés. De par leur structure (grande surface intérieure), les minéraux argileux sont déterminants pour la capacité d'échange.

De manière simplifiée, on peut dire que plus le pourcentage de particules fines est élevé, plus la végétation du sol et l'épaisseur de la couche filtrante sont importants, plus le pouvoir nettoyant du sol sera fort.

Bases de dimensionnement des dispositifs d'infiltration

Introduction

Le dimensionnement du «dispositif» d'infiltration dépend de l'interaction complexe entre les facteurs suivants:

- précipitations
- rétention
- type et taille de la surface imperméabilisée
- écoulement des eaux de précipitation qui en résultent
- propriétés du sous-sol.

Les calculs se basent sur les normes SN 650 340, SN 640 350 (VSA) et SN 592 000.

Selon le système d'infiltration choisi, un volume plus ou moins important de précipitations pourra s'infiltrer à une vitesse plus ou moins élevée.

Il convient également de déterminer si une retenue est possible pendant une brève période de temps, en cas de fortes pluies orageuses ou si le drainage superficiel doit être garanti sans interruption. Le volume réel de précipitations est déterminant pour le calcul lorsque le drainage superficiel doit être garanti en permanence.

Bases de calcul

Volume de précipitations

Le volume de précipitations dépend des conditions géographiques; il est calculé sur la base de la pluviométrie exprimée en mm/min ou de l'intensité pluviométrique exprimée en l/(s·ha) (conversion 1 mm/min = 116,67 l/(s·ha)).

Dans la norme relative à l'évacuation des eaux des biens-fonds (SN 592 000), une intensité pluviométrique r de 0,03 l/(s·m²) (correspondant à 300 l/(s·ha) ou 108 mm/h) est utilisée comme base de calcul. Selon la région, une intensité pluviométrique supérieure de 25 à 50 % doit être prise en compte.

Cette quantité correspond à de très fortes pluies orageuses, en règle générale de courte durée (10 minutes en temps normal). Les pluies de longue durée (crachin) sont d'intensité plus faible. La durée des précipitations (t) à déterminer est également prise en compte dans le calcul.

La taille de la surface «imperméabilisée» devant faire l'objet du drainage peut être adaptée avec le coefficient de ruissellement ψ , qui dépend du type de surface (= surface réduite du bassin hydrographique A_{Ered}).

Le volume de précipitations à évacuer par infiltration (V_N) se calcule de la manière suivante:

$$V_N = A_{\text{Ered}} \cdot t \cdot r$$

Capacité d'infiltration

La quantité d'eau pouvant effectivement être évacuée dans le sous-sol pendant une certaine période de temps t dépend d'une part de la capacité d'infiltration S_{spez} du sous-sol et d'autre part de la surface susceptible d'être infiltrée A_v .



Illustration 21: Surface de parking avec pavés écologiques CARENA® Gravier

La quantité d'eau qui s'infiltré par le dispositif d'infiltration de la nappe V_i se calcule de la manière suivante:

$$V_i = S_{\text{spez}} \cdot t \cdot A_v$$

Le volume de rétention éventuel à retenir pendant une certaine période de temps résulte de la différence entre le volume de précipitations et la capacité d'infiltration.

Exigences posées au dispositif d'infiltration

Le volume de précipitations qui tombe lors de fortes pluies pendant une certaine période sur une surface imperméabilisée, doit être inférieur ou égal à la quantité qui peut être infiltrée pendant cette même période par le dispositif d'infiltration et retenue, si nécessaire, dans ce dernier (volume de rétention).

En règle générale, l'événement pluvieux le plus défavorable enregistré sur une période de 10 ans devrait être pris en compte pour calculer la capacité de rétention du dispositif.

Pluviométries régionales

En Suisse, les pluviométries attendues lors de fortes pluies de courte durée (jusqu'à 1 h) sont les suivantes: (SN 640 350, SN 640 743)

Régions	Pluviométrie
Plateau, Jura, nord du Tessin:	40 mm/h = 110 l/s·ha
Préalpes:	45 mm/h = 125 l/s·ha
Alpes, Valais, Engadine:	25 mm/h = 70 l/s·ha
Sud du Tessin:	65 mm/h = 180 l/s·ha

Coefficients de ruissellement recommandés (SN 592 000)

Surface	Coefficient de ruissellement ψ
Pavage avec joints ouverts	0,6
Pavés filtrants	0,2
Grilles de gazon	0,2

Autorisation/compétence

Législation

L'admissibilité d'une infiltration et de sa réalisation technique se conforme aux lois et ordonnances cantonales ainsi qu'aux directives, prescriptions et aides à l'exécution correspondantes. Le mandat légal est défini par la loi fédérale sur la protection des eaux (LEaux).

Autorités compétentes en matière d'autorisation et de contrôle

L'autorisation en matière d'infiltrations est réglée de différentes manières selon les cantons. Dans la plupart des cas, le canton délègue le pouvoir d'autorisation aux communes. Exceptions: l'autorisation dépend des autorités cantonales en cas d'infiltration dans les zones de protection des eaux souterraines, dans les zones industrielles et commerciales et en cas de présomption de pollution par des résidus toxiques.

L'autorité communale de surveillance de la construction est responsable du contrôle et de la réception des dispositifs d'infiltration. L'évacuation dans les eaux de ruissellement doit dans tous les cas faire l'objet d'une autorisation!

Planification

La planification et la réalisation des dispositifs privés et publics d'infiltration se conforment aux prescriptions et exigences du service cantonal de la protection des eaux. En complément, il convient notamment de respecter les normes et directives correspondantes des associations professionnelles et en particulier: la norme SN 592 000 «Installations pour évacuation des eaux des biens-fonds – Conception et exécution», la directive «Evacuation des eaux pluviales» publiée par le VSA ainsi que les instructions «Protection des eaux lors de l'évacuation des eaux des voies de communication» publiées par l'OFEV.

Demande

Le point de contact pour l'autorisation est l'autorité communale, qui contrôle et évalue le projet d'infiltration, dans le cadre de la procédure d'autorisation de construire, et le transmet au service cantonal compétent, lorsque le canton est compétent pour l'autorisation.

Contrôle des travaux

La réception finale du projet achevé doit être effectuée, avant la mise en service, par l'autorité de surveillance de la construction.

Droit de voisinage

La situation de voisinage doit être analysée pour chaque projet d'infiltration (reconnaissance CC, art. 689). Le terrain voisin et en particulier celui situé en aval, ne doit subir aucun dommage suite au nouveau système d'infiltration de l'eau de pluie. Une modification de l'écoulement naturel des eaux peut entraîner des dommages au terrain voisin, p.ex. au niveau des murs de soutènement ou de la cave. Il est nécessaire de garantir la stabilité de la pente en cas d'infiltration, en particulier pour les terrains en pente. Cependant, tout propriétaire est également tenu de recevoir les eaux qui s'écoulent naturellement du fonds supérieur.

- Loi fédérale sur la protection des eaux (LEaux) du 24 janvier 1991/version du 1er juin 2008

Article 4: Définitions

e. Eaux à évacuer: «Les eaux altérées par suite d'usage domestique, industriel, artisanal, agricole ou autre, ainsi que les eaux qui s'écoulent avec elles dans les égouts et celles qui proviennent de surfaces bâties ou imperméabilisées.»

f. Eaux polluées: «Les eaux à évacuer qui sont de nature à contaminer l'eau dans laquelle elles sont déversées.»

Article 7: Evacuation des eaux

¹ «Les eaux polluées doivent être traitées. Leur déversement dans une eau ou leur infiltration sont soumis à une autorisation cantonale.»

² «Les eaux non polluées doivent être évacuées par infiltration conformément aux règlements cantonaux. Si les conditions locales ne permettent pas l'infiltration, ces eaux peuvent être déversées dans des eaux superficielles; dans la mesure du possible, des mesures de rétention seront prises afin de régulariser les écoulements en cas de fort débit. Les déversements qui ne sont pas indiqués dans une planification communale de l'évacuation des eaux approuvée par le canton sont soumis à une autorisation cantonale.»

- Ordonnance sur la protection des eaux (OEaux) du 28 octobre 1998
- Loi fédérale sur la protection de l'environnement (LPE) du 7 octobre 1983
- Ordonnance sur les atteintes portées aux sols (OSol) du 1^{er} juillet 1998
- Ordonnance sur les substances dangereuses pour l'environnement (Osubst) du 9 juin 1986
- Ordonnance sur les accidents majeurs (OPAM)
- Ordonnance sur la protection des eaux contre les liquides pouvant les polluer (OPEL)
- Loi sur les denrées alimentaires (pour les questions relatives à la nappe phréatique)

- Code civil suisse, art. 689 (version du 1^{er} janvier 2013)

4. Ecoulement des eaux

¹ Le propriétaire est tenu de recevoir sur son fonds les eaux qui s'écoulent naturellement du fonds supérieur, notamment celles de pluie, de neige ou de sources non captées.

² Aucun des voisins ne peut modifier cet écoulement naturel au détriment de l'autre.

³ L'eau qui s'écoule sur le fonds inférieur et qui lui est nécessaire ne peut être retenue que dans la mesure où elle est indispensable au fonds supérieur.

SOLUTIONS PAR PASSION

CREABETON MATÉRIAUX SA

WWW.CREABETON-MATERIAUX.CH

CH-1523 GRANGES-PRÈS-MARNAND

RTE DE VILLENEUVE 11 / CP 65

TÉL +41 (0)26 668 95 95

FAX +41 (0)26 668 95 97



CH-3186 DÜDINGEN / GUIN

MURTENSTRASSE 25 / CP 38

TÉL +41 (0)26 492 50 20

FAX +41 (0)26 492 50 25

CH-3250 LYSS

BUSSWILSTRASSE 44

TÉL +41 (0)32 387 87 87

FAX +41 (0)32 387 86 86

CH-3646 EINIGEN

OBERES KANDERGRIEN

TÉL +41 (0)33 334 25 25

FAX +41 (0)33 334 25 90