



Centre de recherches routières
Votre partenaire pour des routes durables

Code de bonne pratique

*pour la protection des routes
contre les effets de l'eau*



Recommandations

Ce document est une révision du *Code de bonne pratique pour la protection des travaux routiers contre les effets de l'eau* (R 28/65), publié en 1965. Bien que les principes de base du drainage routier n'aient pas fondamentalement changé, une révision de ce code de bonne pratique était nécessaire pour tenir compte des nouvelles techniques utilisées et de l'évolution des matériaux. Le présent document est issu des travaux du groupe de travail 'CEG-3 Drainage' du Centre de recherches routières.

Composition du groupe de travail

Président:	J.-C. Verbrugge (ULB)
Secrétaires:	C. Grégoire (CRR) Fr. Theys (CRR)
Membres:	A. Beeldens (CRR) R. Buys (Robuco) O. Capelle (Tubobel) A. Cleiren (FEBE) F. Collin (ULg) J. Crochet (SPW) R. De Bel (CRR) L. De Bock (CRR) T. De Ruyver (COPRO) D. De Smet (AWV) E. De Sutter (Services associés) B. Dethy (CRR) G. Herrier (Lhoist R&D) B. Janssens (CRR) G. Jaspar (SPW) X. Kestemont (Argex) A. Leuridan (CRR) Y. Le Roux (BSI – BPMN) M. Leroy (Bureau d'études Greisch) J. Maeck (Arcadis Belgium) S. Perez (CRR) O. Pilate (Sagrex) R. Pillaert (COPRO) C. Ployaert (FEBELCEM, CBR) F. Poelmans (CRR) P. Ratinckx (IMDC) D. Stove (Grondmij) E. Van den Kerkhof (Colas Belgium) C. Van Rooten (CRR) I. Vermeren (INASEP) G. Vincent (TUC RAIL)

Note importante

Bien que les recommandations du présent code de bonne pratique aient été rédigées avec le plus grand soin, des imperfections ne sont pas à exclure. Ni le CRR, ni ceux qui ont contribué à la présente publication ne peuvent être tenus pour responsables des informations fournies, qui le sont à titre purement documentaire et non contractuel.

Centre de recherches routières

Bruxelles

Code de bonne pratique pour
la protection des routes
contre les effets de l'eau

Recommandations R 88/14

Edité par le Centre de recherches routières
Etablissement reconnu par application de l'Arrêté-loi du 30 janvier 1947

Boulevard de la Woluwe 42 – 1200 Bruxelles

Tous droits de reproduction réservés

■ Table des matières

	Avant-propos	1
1	L'eau et la route – Introduction	3
1.1	Principes d'une structure de chaussée	3
1.1.1	Structure d'une chaussée	3
1.1.1.1	Structures imperméables	3
1.1.1.2	Structures drainantes	4
1.1.2	Natures et fonctions des différentes couches	5
1.1.2.1	Structures à revêtement imperméable	5
1.1.2.1.1	Sol en place	5
1.1.2.1.2	Sous-fondation	5
1.1.2.1.3	Fondation	6
1.1.2.1.4	Revêtement	7
1.1.2.2	Structures drainantes	9
1.1.2.2.1	Sol en place	9
1.1.2.2.2	Sous-fondation	9
1.1.2.2.3	Fondation	9
1.1.2.2.4	Revêtement	9
1.2	Causes et risques de la présence d'eau	10
1.2.1	Comment l'eau peut-elle pénétrer dans la structure de chaussée?	10
1.2.1.1	Infiltration verticale	11
1.2.1.2	Infiltration latérale	11
1.2.1.3	Par le bas	11
1.2.2	Quels sont les risques causés par l'eau?	12
1.2.2.1	Baisse de la portance	12
1.2.2.2	Contamination par des particules fines	13
1.2.2.3	Dégradations liées à l'eau et au gel	13
1.2.2.4	Routes dangereuses	14
1.2.2.5	Sensibilité à l'eau des enrobés bitumineux	14
1.2.2.6	Phénomènes de pompage	14
1.2.2.7	Phénomènes de punch out	15
1.2.2.8	Instabilité des pentes	16
1.2.2.9	Problème d'érosion	16
1.3	Aspects environnementaux	17
1.3.1	Eaux de pluie vs eaux usées	17
1.3.2	Directive-cadre européenne sur l'Eau	18
1.3.3	Réglementation régionale pour les eaux de pluie	19
2	Recommandations pour l'élaboration du projet	21
2.1	Evacuation des eaux superficielles	21
2.1.1	Introduction	21
2.1.2	Dispositions concernant les surfaces revêtues	23
2.1.2.1	Réduction des infiltrations	23
2.1.2.1.1	Revêtements en béton de ciment	23
2.1.2.1.2	Revêtements bitumineux	25
2.1.2.1.3	Joints de bord	25
2.1.2.2	Profilage	27

2.1.2.2.1	Chaussées	27
2.1.2.2.2	Trottoirs et pistes cyclables	27
2.1.3	Dispositions concernant les surfaces terrassées	28
2.1.3.1	Accotements et bermes	28
2.1.3.2	Talus	29
2.1.4	Dispositions pour la collecte des eaux	32
2.1.4.1	Dispositions générales	32
2.1.4.1.1	Sections en remblai	32
2.1.4.1.2	Sections en déblai	32
2.1.4.1.3	Sections à flanc de coteau	33
2.1.4.1.4	Sections avec berme centrale	33
2.1.4.1.5	Sections traversant les agglomérations	33
2.1.4.2	Filets d'eau	33
2.1.4.3	Avaloirs	35
2.1.4.4	Fossés	36
2.1.4.5	Caniveaux	37
2.1.4.6	Canalisations enterrées	38
2.1.5	Principes de dimensionnement	38
2.2	Evacuation des venues d'eau dans les talus	39
2.2.1	Masques poids et éperons drainants	39
2.2.2	Systèmes de drainage profonds (versants instables)	43
2.3	Drainage du corps de chaussée	44
2.3.1	Introduction	44
2.3.2	Dispositifs concernant le corps de chaussée	44
2.3.2.1	Couche drainante	44
2.3.2.2	Tranchée drainante longitudinale	48
2.3.2.3	Tranchée drainante transversale	51
2.3.2.4	Tuyaux drainants	52
2.4	Dispositions pour le stockage d'eau	52
2.4.1	Introduction	52
2.4.2	Stockage	52
2.4.3	Infiltration	52
2.4.4	Ouvrages à ciel ouvert	53
2.4.4.1	Ouvrages de stockage d'eau à ciel ouvert	53
2.4.4.2	Ouvrages à ciel ouvert avec infiltration	56
2.4.5	Ouvrages de stockage d'eau souterrains	56
2.4.5.1	Stockage	56
2.4.5.2	Ouvrages souterrains avec infiltration	56
3	Recommandations pour l'exécution	59
3.1	Dispositions durant les travaux de terrassement	59
3.1.1	Introduction	59
3.1.2	Mesures à prendre	60
3.1.2.1	En déblai	60
3.1.2.2	En remblai	60
3.1.3	Ouvrages utilisés en phase de travaux	62
3.1.4	Nappe phréatique	63
3.2	Mise en place des géosynthétiques	64

4	Recommandations pour l'entretien	67
4.1	Introduction	67
4.2	Revêtements	67
4.2.1	Revêtements en béton	67
4.2.2	Revêtements bitumineux	68
4.2.2.1	Revêtements bitumineux fermés	68
4.2.2.1.1	Réparation de fissures isolées et de joints ouverts	68
4.2.2.1.2	Réparation de fissures multiples	68
4.2.2.2	Revêtements bitumineux ouverts ou semi-ouverts	68
4.3	Bords de chaussée	68
4.3.1	Introduction	68
4.3.2	Joints en bordure de chaussée	69
4.3.2.1	Revêtements en béton	69
4.3.2.2	Revêtements bitumineux	69
4.3.2.3	Cas particuliers	69
4.4	Système de collecte des eaux superficielles	69
4.4.1	Fossés	70
4.4.2	Avaloirs et filets d'eau	70
4.4.3	Canalisations	71
4.4.4	Accotements	71
4.5	Système de drainage	71
4.5.1	Tranchée longitudinale	71
4.6	Entretien des bassins de stockage d'eau	71
4.6.1	Dessableur	71
4.6.2	Déshuileur	71
4.6.3	Grilles	72
4.6.4	Bassin d'amortissement	72
4.6.5	Bassin de retenue	72
4.6.6	Abords	72
5	Recommandations pour les reconstructions et améliorations	73
5.1	Introduction	73
5.2	Préparation des travaux	73
5.3	Renouvellement d'un revêtement sur fondation existante - Inlay	74
5.4	Recouvrement d'un revêtement existant - Overlay	75
5.5	Elargissements des routes	75
5.6	Mise en place d'éléments linéaires	76
5.7	Exemples de structures à problèmes	76
5.7.1	Cas d'une route nationale	76
5.7.2	Cas d'une autoroute	77
5.7.3	Exemples divers	78
	Références	79
	Liste des figures	82
	Source des illustrations	85

Avant-propos

La présence d'eau au niveau de la route peut causer de nombreux inconvénients et dégâts: trop abondante en surface, elle perturbe la visibilité et la sécurité des usagers et provoque l'érosion des talus. En pénétrant dans la structure routière, elle provoque des dégâts qui, dès qu'ils sont initiés, s'amplifient rapidement.

Ce code de bonne pratique a pour objectif d'aider les concepteurs, maîtres d'ouvrage et entrepreneurs à prendre les dispositions nécessaires pour l'évacuation des eaux de surface et du corps de chaussée lors des phases de conception, d'exécution et d'entretien afin d'assurer la sécurité des usagers et la durabilité de la structure routière. Ce code de bonne pratique décrit aussi les mesures à prendre pour éviter que l'eau ne pénètre dans la structure durant sa durée de vie.

Ce document est une révision du *Code de bonne pratique pour la protection des travaux routiers contre les effets de l'eau* (R28/65) [1], publié en 1965.

Le code de bonne pratique est constitué de cinq chapitres.

Le premier chapitre *L'eau et la route – Introduction* décrit les différentes couches de la structure routière et leurs fonctions. Les risques liés à la présence d'eau sont détaillés.

Après ce chapitre introductif viennent quatre chapitres techniques:

Recommandations pour l'élaboration du projet: ce chapitre présente les recommandations nécessaires à la collecte et évacuation des eaux en surface (surfaces revêtues, accotements, bermes et talus) et à l'évacuation des venues d'eau dans les talus (masques et éperons drainants) ainsi que les dispositifs nécessaires au drainage du corps de chaussée. Les ouvrages de stockage d'eau, prévenant les risques d'inondation et permettant le traitement des eaux polluées, sont décrits.

Recommandations pour l'exécution: ce chapitre décrit les mesures à prendre durant les travaux de terrassement.

Recommandations pour l'entretien: l'entretien est indispensable d'une part pour éviter que l'eau ne pénètre dans la structure routière et d'autre part pour ne pas entraver son évacuation. Les dispositions à prendre pour l'entretien des différents types de joints et la réparation des fissures sont décrites, ainsi que les dispositions pour entretenir les fossés, avaloirs, canalisations, accotements, tranchées et bassins d'orage.

Recommandations pour les reconstructions et améliorations: ce chapitre décrit les dispositions à prendre lors de travaux tels que la mise en place d'un inlay ou overlay, l'élargissement de la route ou la mise en place d'éléments linéaires en insistant sur les erreurs à ne pas commettre relatives à la maîtrise de l'eau (infiltration, piège à eau, entrave à l'écoulement, etc.). Quelques exemples de structures à problèmes sont décrits.

Chapitre 1

L'eau et la route – Introduction

1.1 Principes d'une structure de chaussée

1.1.1 Structure d'une chaussée

Suivant l'objectif poursuivi, on distingue les **structures à revêtement imperméable**, d'une part, et les **structures drainantes**, d'autre part. Ce code de bonne pratique se consacrera principalement aux structures à revêtement imperméable.

Les structures drainantes sont présentées uniquement dans ce chapitre introductif. Pour plus d'informations, le lecteur consultera le *Code de bonne pratique pour la conception et l'exécution de revêtements en pavés de béton* – R 80/09 [2] et le Dossier 5 *Revêtements drainants en pavés de béton* (en annexe au Bulletin CRR 77) [3].

1.1.1.1 Structures imperméables

Il s'agit de structures pour lesquelles l'eau ne s'infiltré pas au travers du revêtement.

La structure de la route se compose normalement de trois parties – le **revêtement**, la **fondation**, et la **sous-fondation** – reposant sur le fond de coffre (figure 1.1). La fondation est généralement construite sur une sous-fondation et offre au revêtement une portance suffisante.

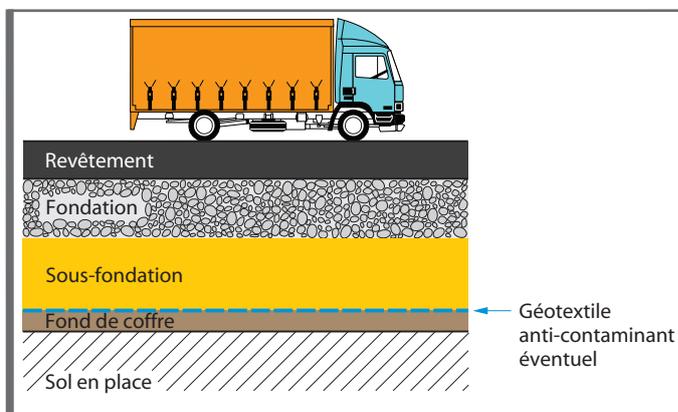


Figure 1.1 Schéma de principe d'une structure de chaussée à revêtement imperméable (pas à l'échelle)

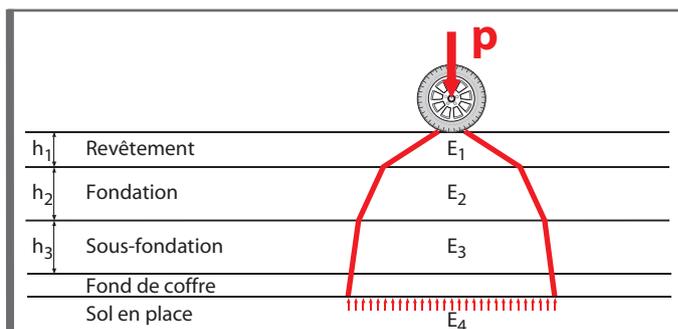


Figure 1.2 Répartition des charges du trafic vers le bas à un niveau acceptable pour le sol

Note

Les dispositifs de drainage et d'évacuation des eaux ne sont pas représentés à la figure 1.1. Ces dispositifs seront exposés au chapitre 2 *Recommandations pour l'élaboration du projet* du présent Code de bonne pratique.

Le corps de la route est constitué de l'ensemble de ces couches, chacune ayant une fonction propre (§ 1.1.2 *Natures et fonctions des différentes couches*). Grâce aux caractéristiques des matériaux choisis et à l'épaisseur des couches de la structure routière, la valeur des charges circulant à la surface de la chaussée est ramenée à un niveau de contrainte acceptable au niveau du sol en place de telle manière à ce que celui-ci ne se déforme pas (figure 1.2).

Gel		
Revêtement	Imperméable	Insensible au gel
Fondation	$k_{\text{fond}} > k_{\text{rev}}$	Insensible au gel
Sous-fondation	$k_{\text{sous-fond}} > k_{\text{fond}}$	Insensible au gel
Front de gel		
k_{sol} (perméabilité) dépend des caractéristiques du sol		Généralement gélif Situé dans la zone hors gel

Si le sol est gélif, celui-ci doit être sous le front de gel en optant pour une structure de chaussée suffisamment épaisse (figure 1.3).

Dans une situation idéale, la perméabilité des matériaux doit augmenter en fonction de la profondeur des différentes couches de la structure (revêtement, fondation, sous-fondation) (figure 1.3).

Figure 1.3 Perméabilité et sensibilité au gel des matériaux constituant la chaussée et du sol en place

Chacune des couches de la structure remplit des fonctions spécifiques qui seront décrites ci-après (§ 1.1.2 *Natures et fonctions des différentes couches*). Dans certains cas, la sous-fondation peut être absente. Sa fonction est alors remplie par les autres éléments de la structure.

L'épaisseur des diverses couches est déterminée par un dimensionnement fonction de divers paramètres (trafic, conditions climatiques, caractéristiques des matériaux utilisés, portance et caractéristiques du sol).

Dans les structures routières classiques, on distingue principalement:

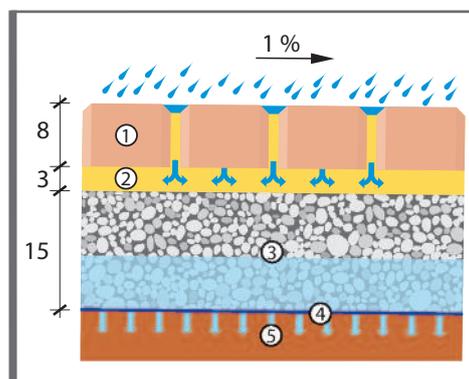
- les **structures rigides**: revêtement en béton de ciment;
- les **structures semi-rigides**: revêtement en enrobés bitumineux associé à une fondation en béton maigre ou en matériaux granulaires liés à l'aide d'un liant hydraulique;
- les **structures souples ou flexibles**: revêtement en enrobés bitumineux associé à une fondation en matériaux granulaires non liés.

A côté de ces structures classiques, il existe également de nombreuses structures composites. A titre d'exemples, citons les revêtements en béton de ciment ou en pavés surmontés d'une couche de roulement en enrobés bitumineux.

Les pavages (en pierre naturelle, béton de ciment ou terre cuite) et dallages sont aussi utilisés comme revêtement.

1.1.1.2 Structures drainantes

Pour des applications où la charge de trafic reste limitée, il est possible, et même de plus en plus souvent recommandé, d'avoir recours à des structures drainantes (figure 1.4). En effet, l'infiltration des eaux atmosphériques via des revêtements drainants permet de soulager les réseaux d'égouttage et les cours d'eau. Une telle structure de chaussée joue un rôle tampon avec le but d'évacuer l'eau par infiltration dans le sol, lorsque la perméabilité de celui-ci le permet. Dans le cas où la per-



1. Revêtement drainant
2. Couche de pose
3. Fondation et sous-fondation
4. Géotextile drainant
5. Sol

Figure 1.4 Revêtement drainant constitué de pavés de béton

méabilité du sol est trop faible, l'eau de pluie qui ne s'infiltré pas dans le sol est évacuée de manière différée via des réducteurs de débit vers des caniveaux ou des systèmes d'infiltration situés à proximité ou vers le réseau d'égouttage.

Comme elles ont une portance plus limitée, ces structures drainantes sont essentiellement utilisées pour des zones à faible trafic comme des emplacements de parking, des rues à faible trafic et places piétonnes, des pistes cyclables, des trottoirs, etc.

Le *Code de bonne pratique pour la conception et l'exécution de revêtements en pavés de béton* – R 80/09 [2] et le *Dossier 5 Revêtements drainants en pavés de béton* (en annexe au Bulletin CRR 77) [3] donnent des explications précises sur ces structures drainantes.

1.1.2 Natures et fonctions des différentes couches

1.1.2.1 Structures à revêtement imperméable

1.1.2.1.1 Sol en place

Bien que le sol ne fasse pas partie de la chaussée proprement dite, il supporte celle-ci et il est dès lors utile de mentionner ici les fonctions qu'il doit remplir.

Le sol en place doit pouvoir supporter le trafic de chantier et sa portance doit être suffisante pour le compactage des couches suivantes.

La portance du sol dépend fortement de sa teneur en eau. Si la teneur en eau du sol est trop élevée, la portance peut même totalement disparaître.

Il est parfois nécessaire d'améliorer la portance. Pour cela, il existe plusieurs possibilités qui peuvent être utilisées seules ou en association. Ces techniques sont:

- l'assèchement du matériau (par beau temps lorsque le matériau est trop humide);
- le compactage;
- le traitement du sol (chaux, ciment, liants hydrauliques routiers (LHR) (voir publication CRR *Code de bonne pratique pour le traitement de sols à la chaux et/ou aux liants hydrauliques* – R 81/10 et quatre guides pratiques associés [4]);
- la substitution des matériaux par un matériau granulaire;
- la mise en place de géotextiles et/ou de géogrilles.

La portance du fond de coffre conditionne en grande partie la structure routière, notamment son épaisseur.

1.1.2.1.2 Sous-fondation

La sous-fondation doit assurer les fonctions suivantes:

- répartition des forces afin de limiter les déformations du sol (figure 1.2);
- maintien du front de gel à distance du fond de coffre;
- protection de la fondation contre la remontée capillaire d'eau et contre la pénétration des particules fines du sol en place (couche anti-contaminante);
- drainage interne du corps de chaussée et évacuation des eaux infiltrées vers les dispositifs latéraux de drainage;
- mise en place correcte des couches supérieures de la structure en formant une base stable pour les engins qui poseront la fondation et présentation d'une force de réaction suffisante pour pouvoir exercer une fonction d'enclume lors du compactage de la couche de fondation sus-jacente;
- selon le cas, formation d'une surface portante stable pour la pose de bordures de trottoirs, de caniveaux et d'autres éléments linéaires.

Pour remplir ces fonctions, les matériaux constituant la sous-fondation doivent être non gélifs et permettre de réaliser une couche de drainabilité suffisante (figure 1.3). Ils doivent en outre être faciles à compacter et posséder une portance suffisante après compactage. La portance doit se maintenir même si la couche de sous-fondation a éventuellement été exposée pendant plusieurs mois à la pluie et au gel.

La sous-fondation est obtenue par un apport de **matériaux granulaires** ou par **traitement de sol**.

La sous-fondation de type granulaire peut être constituée de sable, de gravillons et/ou de grave. Ces éléments peuvent être mélangés entre eux de telle sorte à obtenir une **granulométrie continue** ou **discontinue**. Ces matériaux granulaires sont naturels, artificiels (laitiers, mâchefers traités, argile expansée, scories, etc.) ou recyclés (produits de concassage de granulats recyclés, c'est-à-dire de granulats provenant de matériaux inorganiques antérieurement utilisés dans la construction).

L'utilisation de matériaux artificiels ou recyclés nécessite une attention particulière, notamment concernant:

- leur teneur en matière organique et leur teneur en fines qui doivent rester limitées (rendent les matériaux sensibles à l'eau et au gel);
- le risque de pollution par lixiviation;
- la sensibilité au gel du matériau;
- une mise en œuvre adéquate selon la nature du matériau, par exemple après maturation dans le cas des mâchefers;
- le risque de désagrégation pendant la mise en œuvre.

Un sol traité peut servir de sous-fondation lorsqu'il est stabilisé, c'est-à-dire rendu durablement insensible aux effets de l'eau et du gel. Le *Code de bonne pratique pour le traitement des sols à la chaux et/ou aux liants hydrauliques* – R 81/10 [4] explique de manière détaillée les aspects du traitement de sol.

Une couche de sol traité, en raison de sa faible drainabilité, ne peut assurer la fonction de drainage interne du corps de chaussée et d'évacuation des eaux infiltrées vers les dispositifs latéraux de drainage. Il faut dès lors en tenir compte lors de l'élaboration du projet (§ 2.3 *Drainage du corps de chaussée*) et adapter le drainage en conséquence.

Notons aussi que lorsque le choix porte sur une sous-fondation en sol stabilisé, une étude préalable en laboratoire est nécessaire pour vérifier l'aptitude du sol au traitement, et pour déterminer le(s) liant(s) le(s) plus approprié(s) ainsi que le dosage optimal de celui-ci ou ceux-ci. Pour plus d'informations à ce sujet, il est conseillé de consulter le Guide pratique n° 2 *Stabilisation des sols pour couches de sous-fondation* (Complément au Code de bonne pratique R 81/10) [4].

1.1.2.1.3 Fondation

La fondation est le dernier échelon structurel avant la couche de revêtement. Pour cela, elle doit:

- assurer un support indéformable pour le revêtement;
- répartir les charges du trafic à un niveau acceptable pour la sous-fondation (figure 1.2);
- reprendre les fonctions normalement assurées par la sous-fondation lorsque celle-ci est absente (dans certains cas où le trafic reste très limité).

La fondation est constituée de matériaux granulaires liés ou non. Plusieurs types de fondation peuvent être rencontrés, dont voici les plus fréquents:

- l'empierrement à granulométrie continue (lié ou non);
- l'empierrement à granulométrie discontinue (lié ou non);

- le béton maigre;
- le béton sec compacté;
- le béton maigre poreux;
- le sable-ciment;
- la grave-bitume.

La fondation en **empierrement à granulométrie continue** peut être liée ou non. Lorsqu'elle est liée, le traitement consiste en un apport limité en ciment ou en un apport de laitier granulé et de chaux vive. L'empierrement est constitué d'une grave ou d'un mélange de grave, de gravillons et de sable.

Un **empierrement à granulométrie discontinue** est constitué d'une ou de plusieurs couches inférieures et d'une couche de finition. Les matériaux granulaires des couches inférieures sont des gravillons concassés et du sable. La couche de finition peut être non liée, traitée au ciment ou liée au bitume.

Les constituants principaux d'un **béton maigre** sont des graves et/ou des gravillons, du sable et du ciment. La teneur en ciment, plus élevée que dans le cas d'un empierrement lié, s'élève au minimum à 100 kg/m³.

La composition d'un **béton sec compacté** est similaire à celle du béton maigre mais avec une teneur en ciment plus élevée. Le béton sec compacté est surtout utilisé lorsqu'une mise en œuvre rapide est souhaitée ou pour supporter un trafic lourd important (comme par exemple dans le cas de réparations locales).

Une fondation en **béton maigre poreux** est constituée de gravillons, de ciment et d'eau. A la différence d'un béton maigre, le béton maigre poreux ne contient pas de sable. Grâce à sa porosité, ce type de fondation est caractérisé par une certaine perméabilité. La quantité de ciment s'élève au minimum à 200 kg/m³.

La fondation en **sable-ciment** est constituée de sable, de ciment et d'eau.

La fondation en **grave-bitume** est composée d'un mélange de pierres, de graves, de sables, de filler et de bitume.

Dans le cas d'une réfection de route, la chaussée existante peut être retraitée au moyen de ciment pour former la nouvelle fondation. Cette technique est surtout utilisée dans le cas de routes secondaires. Le **retraitement en place** [5] des chaussées est une technique qui consiste à mélanger sur place la fondation en empierrement, recouverte ou non d'un revêtement en asphalte, avec du ciment et éventuellement de l'eau. Si nécessaire, des granulats et/ou du sable sont ajoutés afin d'obtenir une granulométrie continue. Le résultat est une fondation liée au ciment.

Il convient d'insister sur le rôle important de l'étude préalable et sur les aspects concernant l'évacuation des eaux et le drainage.

Comme pour la sous-fondation, l'utilisation de matériaux recyclés ou artificiels nécessite une attention particulière.

1.1.2.1.4 Revêtement

En tant qu'élément supérieur de la structure, le revêtement subit l'effet direct des actions extérieures, que ce soit le trafic ou les agents climatiques (température, eau, gel). Tenant compte de ces contraintes et dans un objectif de **durabilité**, le revêtement doit posséder certaines propriétés physiques pour limiter sa déformabilité et l'apparition de fissures. La **sécurité** et le **confort** des usagers devront être assurés tout au long de la durée de vie de la route en jouant sur la rugosité et sur la planéité du revêtement. Dans une structure classique, le revêtement est idéalement **imperméable** et présente une certaine pente transversale de telle sorte à évacuer l'eau de manière efficace à la surface de celui-ci.

Les différents types de revêtement qui peuvent être rencontrés sont:

- les **revêtements bitumineux** (voir publication CRR *Code de bonne pratique pour le choix du revêtement bitumineux lors de la conception ou de l'entretien des chaussées* – R 78/06 [6]);

- les **revêtements en béton de ciment** (voir publication CRR *Code de bonne pratique pour l'exécution des revêtements en béton* – R 75/05 [7]);
- les **enduits superficiels** et les **matériaux coulés à froid** (voir publication CRR *Code de bonne pratique pour les enduits superficiels* – R 71/01 [30]);
- les **pavages** (voir publication CRR *Code de bonne pratique pour la conception et l'exécution de revêtements en pavés de béton* – R 80/09 [2]);
- les **dallages**;
- les **revêtements en granulats**.

Les **revêtements bitumineux** sont réalisés avec des enrobés bitumineux. Ceux-ci sont généralement fabriqués en centrale par mélange à chaud de gravillons, de sable, de filler, de liant bitumineux ou synthétique et d'additifs éventuels. Ils sont ensuite épandus et compactés. De nombreuses formulations d'enrobés bitumineux ont été développées. On distingue:

- les enrobés bitumineux fermés à squelette sableux et à granulométrie continue (AC);
- les enrobés bitumineux fermés à squelette pierreux et à granulométrie discontinue (SMA);
- les revêtements minces (BBTM) et ultra-minces (RUMG)^[1] à squelette pierreux et à granulométrie discontinue;
- les enrobés bitumineux ouverts à squelette pierreux et à granulométrie discontinue, comme l'enrobé drainant (PA);
- les asphaltes coulés (enrobés fermés à squelette de filler et à granulométrie continue).

Les revêtements bitumineux sont réalisés en plusieurs couches (le plus souvent deux ou trois). La première couche posée est généralement une couche de reprofilage. La dernière couche est la couche de roulement. Dans certains cas, une couche de liaison est présente entre ces deux couches. Dans de rares cas, il peut aussi y avoir une interface antifissures.

Pour les traitements de surface, on utilise aussi des **enduits superficiels** et des **matériaux bitumineux coulés à froid** (MBCF). Les enduits superficiels consistent en un traitement de surface dans lequel une ou plusieurs couches de liant et une ou plusieurs couches de granulats sont épandues uniformément sur la chaussée. Les revêtements bitumineux coulés à froid, couramment appelés schlammages ou coulis bitumineux, consistent en un traitement de surface dans lequel un mélange de granulats, d'émulsion de bitume et d'éventuels additifs est malaxé lors de l'application et coulé en place.

Les **revêtements en béton de ciment** sont obtenus par la mise en œuvre de béton de ciment avec ou sans armatures. On distingue les **revêtements en béton armé continu** (BAC) et les **revêtements discontinus non armés** (dalles).

Les revêtements continus sont constitués d'une ou de plusieurs bandes de béton armé, séparées par des joints longitudinaux parallèles à l'axe de la chaussée, terminées par des culées d'ancrage.

Les revêtements discontinus sont constitués d'une ou de plusieurs bandes de béton séparées par des joints longitudinaux parallèles à l'axe de la chaussée et entrecoupées par des joints transversaux perpendiculaires à l'axe de la chaussée, goujonnés ou non.

Les bétons sont obtenus par mélange de matériaux tels que gravillons, sable, ciment, eau, adjuvants et colorants éventuels. La quantité de ciment dépend des performances visées et est de minimum 325 kg/m³.

Le revêtement en béton de ciment est généralement monocouche mais il existe également des revêtements en béton bicouche.

Le **pavage** est un revêtement constitué de pavés juxtaposés et dont la nature peut être de la pierre naturelle, du béton de ciment ou de la terre cuite. Les pavés reposent sur une couche de pose, de quelques centimètres d'épaisseur, constituée de granulats choisis pour avoir une résistance à la dégradation suffisante en fonction de la catégorie de trafic.

Un **dallage** est un revêtement formé par la juxtaposition de carreaux ou de dalles. Ces éléments reposent sur une couche de pose.

Les **revêtements en granulats** sont constitués d'une ou plusieurs couches de granulats (dolomie, sable, gravillons) éventuellement stabilisés au ciment.

Note

Les pavages, les dallages et les revêtements en granulats ne seront pas traités dans ce code de bonne pratique.

Il n'est pas possible de donner des règles précises quant au choix du type de (sous-)fondation et de revêtement, tant les facteurs (autres que le trafic) influençant ce choix sont nombreux. Chaque projet doit donc être analysé en particulier.

1.1.2.2 Structures drainantes

Les différences concernant les natures et les fonctions des couches entre les structures à revêtement imperméable et les structures drainantes sont mises en avant ci-après.

Pour rappel, la publication CRR *Code de bonne pratique pour la conception et l'exécution de revêtements en pavés de béton* – R 80/09 [2] et le Dossier 5 *Revêtements drainants en pavés de béton* (en annexe au Bulletin CRR 77) [3] donnent des explications précises sur ces structures drainantes.

1.1.2.2.1 Sol en place

Comme dans le cas d'une structure à revêtement imperméable, le sol en place doit pouvoir supporter le trafic de chantier et sa portance doit être suffisante pour le compactage des couches suivantes.

Dans le cas d'une structure drainante, le sol présent permet, au moins en partie, l'évacuation des eaux par infiltration en fonction de sa perméabilité. Un sol sableux sera donc plus efficace qu'un sol de nature argileuse. La perméabilité du sol présent doit être préalablement déterminée sur base des caractéristiques du sol ou de mesures in situ.

1.1.2.2.2 Sous-fondation

La sous-fondation d'une structure drainante permet de stocker l'eau, le temps que celle-ci s'évacue, soit par infiltration dans le sol, soit de manière différée via un dispositif d'évacuation adéquat (réducteurs de débit, systèmes d'infiltration, réseau d'égouttage).

Afin de permettre le stockage de l'eau, la sous-fondation est nécessairement constituée de **matériau granulaire non lié**.

La détermination de l'épaisseur de la sous-fondation doit prendre en compte la protection du sol contre le gel et la capacité de stockage nécessaire.

1.1.2.2.3 Fondation

La fondation doit procurer la portance nécessaire pour le trafic routier habituel. Eventuellement, elle sert de réserve de stockage supplémentaire.

La fondation est en **béton maigre drainant** ou en **empierrement non lié**.

1.1.2.2.4 Revêtement

Les pavés drainants, le matériau de jointoiment et la couche de pose vers la fondation permettent l'**infiltration des eaux de pluie**. En laissant passer l'eau de pluie, tout ruissellement en surface est empêché.

De manière générale, les pavés drainants en béton se divisent en quatre catégories:

- les **pavés en béton avec ouvertures de drainage** présentent une forme spécifique de manière à ce que, lors de la pose, des ouvertures se créent permettant l'infiltration de l'eau;

- les **pavés en béton à joints élargis** possèdent des faces latérales pourvues d'arêtes ou d'écarteurs, ce qui, une fois les pavés posés, crée un joint plus large. L'eau s'écoule ensuite au travers de ces joints vers les fondations et le sol;
- les **pavés en béton poreux** sont perméables grâce à la composition poreuse du béton;
- les **dalles-gazon en béton** peuvent également être utilisées comme pavages drainants à condition qu'elles soient posées sur une structure perméable et que les ouvertures soient remplies de pierres concassées.

La qualité de la mise en œuvre de la couche de pose est primordiale. Lors du choix du type de couche de pose, il faudra tenir compte de sa perméabilité à l'eau, de la stabilité du filtre (éviter que la couche de pose ne disparaisse dans la couche de fondation sous-jacente) et de sa résistance à la fragmentation.

1.2 Causes et risques de la présence d'eau

A partir d'ici, il ne sera plus question que des structures à revêtement imperméable.

L'eau peut être la source de nombreux inconvénients, tant pour les usagers que pour la pérennité des ouvrages.

Dans le cas d'une structure classique (revêtement imperméable), et dans une situation idéale, l'eau s'écoule sur le revêtement et est rapidement évacuée sans pénétrer dans la structure routière et sans stagner à la surface de la route (figure 1.5). Dans la réalité, l'eau finit toujours par pénétrer en partie dans la structure de chaussée, notamment par les joints et fissures.

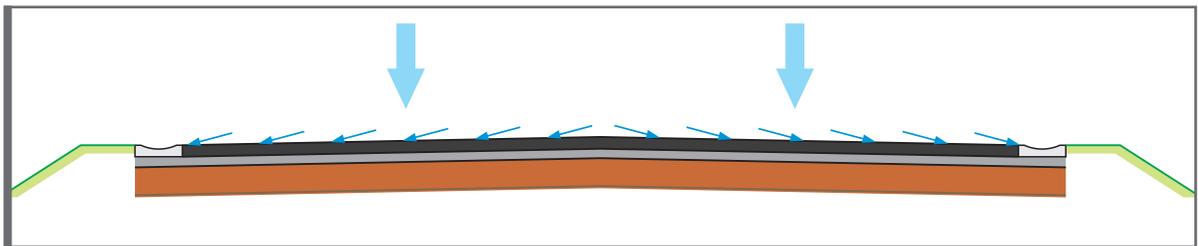


Figure 1.5 Situation idéale

1.2.1 Comment l'eau peut-elle pénétrer dans la structure de chaussée?

L'eau peut arriver dans le corps de chaussée par infiltration verticale, par infiltration latérale ou par le bas.

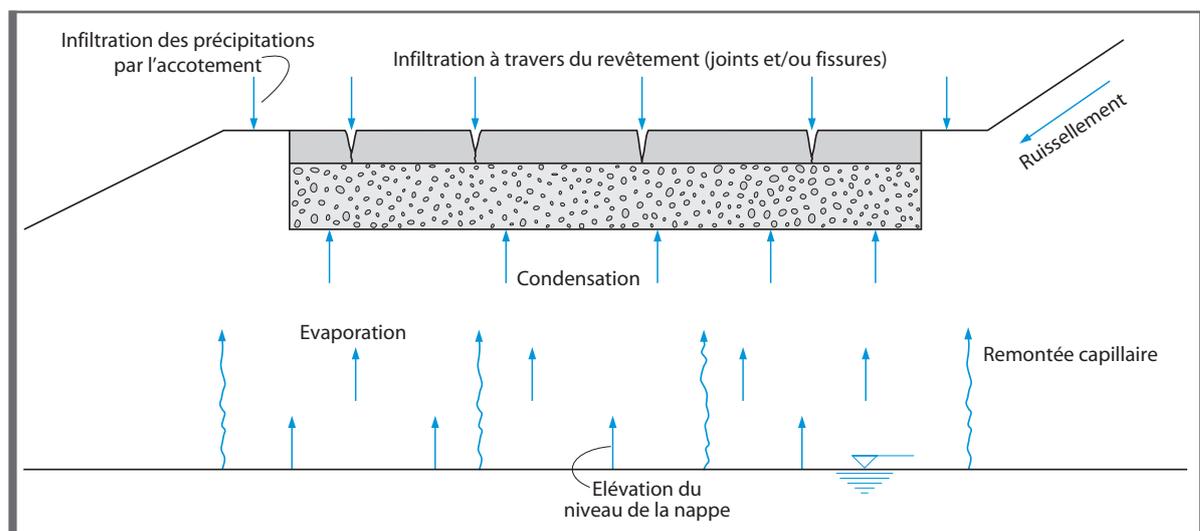


Figure 1.6 Pénétration de l'eau dans la structure routière

1.2.1.1 Infiltration verticale

L'eau peut s'infiltrer par les joints et/ou fissures du revêtement.

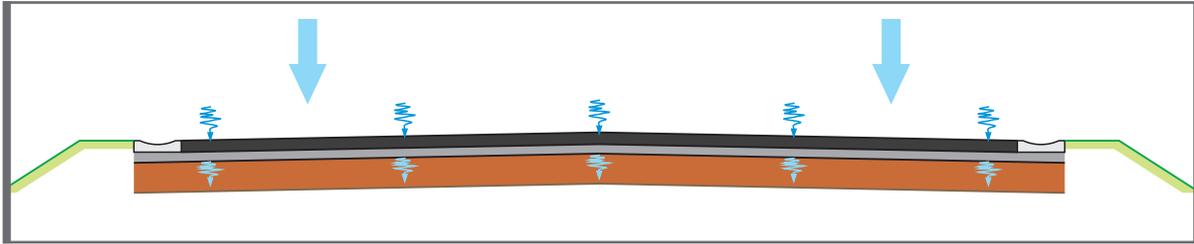


Figure 1.7 Infiltration d'eau par les joints et/ou fissures du revêtement

1.2.1.2 Infiltration latérale

Si le fond de coffre est constitué d'un sol fin, l'eau peut être aspirée latéralement en dessous de la structure (effet périphérique).

L'eau peut s'infiltrer latéralement via les accotements au niveau de la fondation (mouvement d'eau latéral ou diffusion par capillarité dans les sols fins).

L'infiltration latérale peut aussi être une conséquence de l'obstruction des fossés.

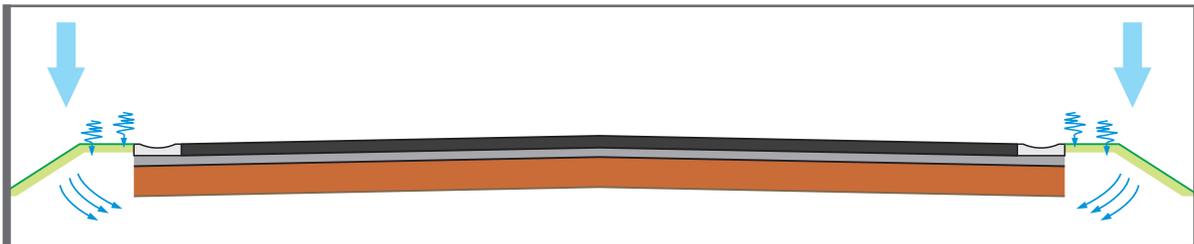


Figure 1.8 Infiltration latérale

1.2.1.3 Par le bas

La remontée capillaire (figure 1.9) peut entraîner la formation de nappe suspendue dans la structure de chaussée.

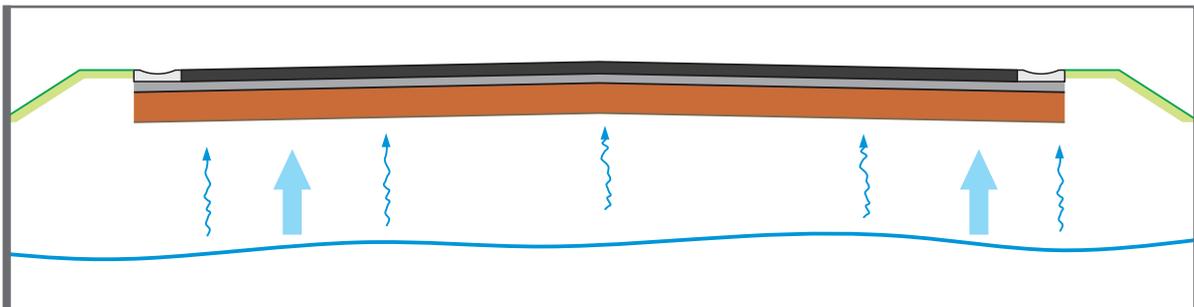


Figure 1.9 Remontée capillaire

Le niveau de la nappe (figure 1.10) peut être si élevé qu'elle atteint et sature la structure de chaussée.

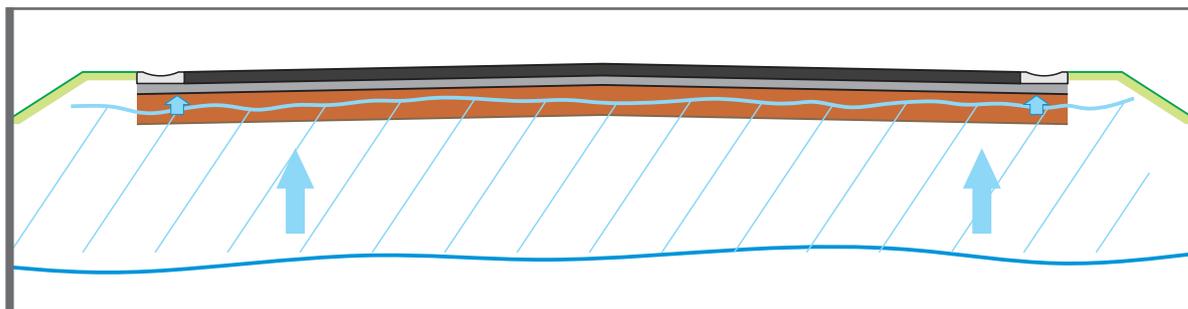


Figure 1.10 Remontée de la nappe phréatique

Lorsqu'un sol de fond de coffre gélif est atteint par le gel, celui-ci provoque, sur une certaine épaisseur, l'accumulation sous forme de lentilles de glace de l'eau aspirée de la nappe phréatique ou soutirée aux couches sous-jacentes (éventuellement aux accotements et même aux fossés). Au dégel, tant que le sol n'est pas complètement dégelé, l'eau libérée en grande quantité ne trouve d'issue que dans la sous-fondation.

L'eau peut également pénétrer dans la structure durant la construction ou la reconstruction d'une route ou d'une partie de route alors qu'aucun revêtement imperméable ne protège la structure routière et le fond de coffre. Des précautions sont donc à prendre pendant la phase de construction (chapitre 3 *Recommandations pour l'exécution*) ou de reconstruction (chapitre 5 *Recommandations pour les reconstructions et améliorations*).

La présence d'eau dans le corps de chaussée entraîne des inconvénients divers, dont la nature et l'importance varient selon la constitution de la chaussée et la nature du sol en fond de coffre.

1.2.2 Quels sont les risques causés par l'eau?

1.2.2.1 Baisse de la portance

Les sols limoneux et argileux sont très sensibles aux variations de teneur en eau. Leur portance peut diminuer de manière drastique lorsqu'ils sont trop humides. Les sols sableux sont moins sensibles aux variations de teneur en eau.

Un manque de portance du fond de coffre peut entraîner des déformations au sein des différentes couches de la structure routière. La présence d'eau tient en ce sens un rôle important dans l'accélération de la



Figure 1.11 Exemple de sol humide peu portant

dégradation de la structure routière existante. Il s'agit là d'un cercle vicieux: l'eau s'infiltré via les fissures et les joints ouverts, ce qui diminue la portance. Il en résulte l'apparition de déformations, ce qui accélère la fissuration et l'ouverture des joints.

Les couches du corps de chaussée qui sont saturées d'eau peuvent aussi voir leur portance diminuer. De plus, l'action du trafic provoque des mouvements des granulats les uns par rapport aux autres avec un phénomène d'attrition (usure par frottement) qui est plus important en présence d'eau. Cela entraîne une diminution de la portance de la couche à long terme.

1.2.2.2 Contamination par des particules fines



Figure 1.12 Remontée des particules fines

1.2.2.3 Dégradations liées à l'eau et au gel

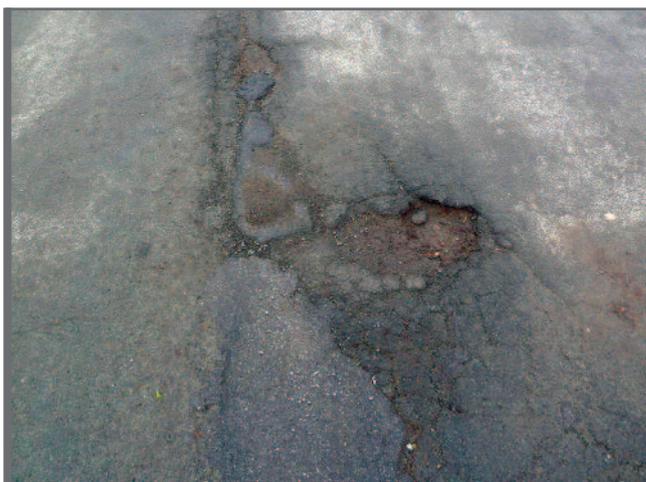


Figure 1.13 Dégâts provoqués par l'eau et le gel

La mise en pression de l'eau présente dans le sol en fond de coffre par le passage des véhicules va provoquer la migration progressive vers le haut des éléments fins de sol, en contaminant la sous-fondation et ensuite les couches supérieures. Le phénomène est plus marqué si les couches ont des vides plus ou moins importants et si le sol contient des fines particules plastiques.

La contamination d'une couche granulaire par des éléments fins a pour effet de réduire la portance par diminution de l'angle de frottement interne, de réduire la perméabilité et de la rendre plus sensible au gel.

Les mesures à prendre sont détaillées au § 2.3.2.1 *Couche drainante*.

Lorsqu'un fond de coffre gélif est atteint par le gel, celui-ci provoque, sur une certaine épaisseur, la formation de lentilles de glace. Lorsque le gel dure assez longtemps, une couche de glace se forme et peut provoquer des phénomènes de gonflement.

Lors du dégel, la glace fond du haut vers le bas. L'eau est prisonnière entre le revêtement imperméable et la couche de glace sous-jacente. Il se produit une chute de portance au sein de la couche saturée. Sous l'action du trafic, la chaussée peut subir de graves détériorations.

On sera particulièrement attentif à l'utilisation en (sous-)fondations de matériaux secondaires ou recyclés, en général plus sensibles au gel que les matériaux naturels.

1.2.2.4 Routes dangereuses



Figure 1.14 Aquaplanage

Ce problème est bien connu des conducteurs. L'eau rend la route plus glissante avec des risques d'aquaplanage lors d'averses intenses. Dès lors, la route doit être profilée de façon à éviter la stagnation de l'eau en surface de revêtement (§ 2.1.2.2 Profilage).

Il est aussi à noter que la visibilité diminue sensiblement par temps de pluie.

La présence de neige ou de plaques de verglas est encore bien plus dangereuse et cause chaque hiver de nombreux accidents sur nos routes.

1.2.2.5 Sensibilité à l'eau des enrobés bitumineux



Figure 1.15 Conditionnement accéléré d'éprouvettes bitumineuses à 40 °C pendant 72 h

Bien qu'il soit reconnu que de nombreux facteurs contribuent à la durabilité d'un enrobé bitumineux, l'interaction liant-granulats est identifiée comme l'une des caractéristiques principales de ce phénomène. En effet, une adhérence insuffisante dans un enrobé entraîne rapidement des dégâts au sein du revêtement. L'eau est, dans ce cadre, un facteur crucial capable de rompre l'interaction entre le liant et les granulats et, par conséquent, susceptible d'amorcer la défaillance d'un enrobé bitumineux.

La norme européenne NBN EN 12697-12 *Mélanges bitumineux: méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud – Partie 12: Détermination de la sensibilité à l'eau des éprouvettes bitumineuses* en combinaison avec la NBN EN 12697-23 *Mélanges bitumineux: méthodes d'essai pour enrobés à chaud – Partie 23: Détermination de la résistance à la traction indirecte des éprouvettes bitumineuses*, présente actuellement une méthode pour la détermination de l'effet de saturation et le conditionnement dans l'eau sur la traction indirecte. La méthode permet d'évaluer l'impact potentiel des choix des matériaux et/ou de la formulation sur la sensibilité à l'eau d'un enrobé bitumineux.

1.2.2.6 Phénomènes de pompage

En dessous des revêtements en dalles de béton, l'eau accumulée peut engendrer des phénomènes de pompage sous l'action du trafic qui entraînent aussi une érosion à l'interface fondation/revêtement, provoquant des dénivellations, une dégradation du revêtement ou des cassures de dalles.

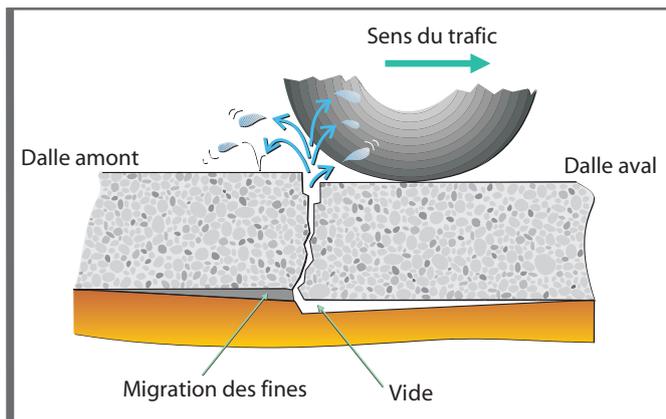


Figure 1.16 Phénomènes de pompage

1.2.2.7 Phénomènes de punch out

Le phénomène de punch out, propre au béton armé continu, est caractérisé par l'apparition de cassures, situées en général près du bord extérieur du revêtement, entraînant une fragmentation du béton et l'arrachement de blocs sous l'action dynamique du trafic.

L'apparition du punch out est favorisée par:

- la présence d'eau dans la fondation et l'interface béton/fondation;
- la présence d'une fondation érodable;
- un trafic lourd en bord de dalles;
- des fissures rapprochées.

Le phénomène observé est alors le suivant: l'eau présente sous le bord de la dalle est mise sous pression au passage des véhicules lourds. Elle provoque une abrasion de la fondation par pompage répété du bord extérieur du revêtement, conduisant à la création de légers vides sous la dalle. Des fissures transversales rapprochées apparaissent.

La présence des vides diminue, par suite du pompage, le transfert des charges au travers des fissures. Il en résulte une forte augmentation des contraintes de flexion dans le sens transversal entraînant à la longue une fissure longitudinale située entre 0,5 et 1 mètre du bord de revêtement. Le bloc de béton ainsi formé deviendra rapidement instable sous l'action du trafic et il se fragmentera totalement, entraînant finalement l'expulsion de morceaux.

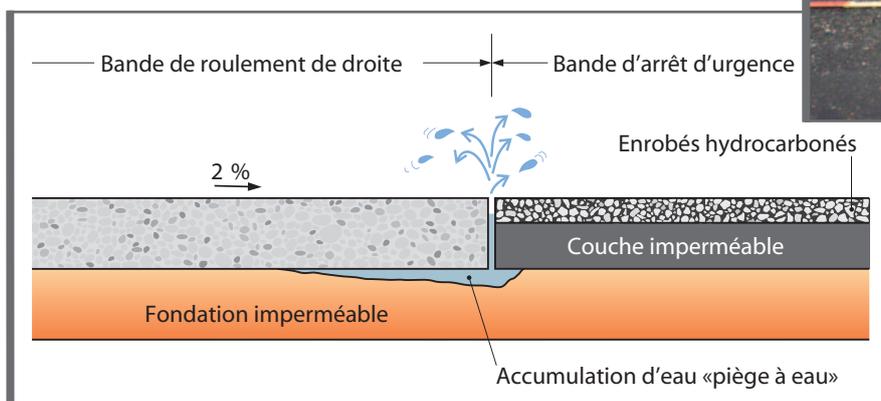


Figure 1.17 Phénomènes de punch out

Certains facteurs aggravent le phénomène, tels que:

- l'absence de la couche d'enrobé bitumineux entre le revêtement et sa fondation;
- la mauvaise qualité du béton maigre de fondation;
- l'absence de drainage en bord de dalle et une mauvaise étanchéité des joints;
- l'absence de drainage en berme centrale.

1.2.2.8 Instabilité des pentes

La présence d'eau dans les talus diminue la cohésion apparente du sol avec un risque d'instabilité et de glissement de terrain.



Figure 1.18 *Glissement de terrain*

1.2.2.9 Problème d'érosion

L'érosion superficielle (érosion externe) peut être maîtrisée rapidement à condition de contrôler visuellement l'infrastructure régulièrement et d'effectuer une inspection complémentaire après la chute de pluies exceptionnellement intenses.



Figure 1.19 *Erosion*

Le phénomène d'érosion souterraine (érosion interne) est plus dangereux parce qu'on le remarque souvent quand il est trop tard. Il s'agit de cavités dans le sol qui sont par exemple provoquées par des fuites dans les collecteurs. Il n'est pas rare de voir une structure s'effondrer par érosion interne sans aucun signe avant-coureur.



Figure 1.20 Erosion interne

1.3 Aspects environnementaux

Les lignes qui suivent traitent plus en détail de la législation environnementale pour l'eau en construction routière.

Il n'existe pas de législation spécifique pour les eaux concernées par le drainage routier. La législation concerne les eaux usées.

1.3.1 Eaux de pluie vs eaux usées

Historiquement, la législation environnementale pour l'eau visait la collecte et le traitement des eaux usées d'un point de vue curatif et sanitaire. Dans ce cadre, il est pertinent de faire référence à la *loi fédérale* de 1971 [8] et à l'*Arrêté royal* (AR) de 1976 [9] concernant le déversement des eaux usées dans les eaux de surface ordinaires, dans les égouts publics et dans les voies artificielles d'écoulement des eaux pluviales. Cette législation est toujours en partie d'application dans les trois Régions de notre pays. En outre, les Régions ont aussi promulgué différentes dispositions légales pour le traitement et l'évacuation des eaux usées.

La loi et l'AR traitent spécifiquement des **eaux usées**. Les eaux usées sont des eaux polluées par utilisation ou par des traitements humains. L'AR différencie deux types d'eaux usées:

- les eaux usées domestiques normales qui comprennent notamment les eaux des installations sanitaires, cuisines, machines à laver etc. Le cas échéant, des eaux de pluie;
- les eaux usées autres que domestiques normales.

Dans le domaine routier, ce sont les eaux pluviales qui sont principalement susceptibles de se déverser dans les voies artificielles d'écoulement. Les eaux pluviales retombant sur la chaussée sous forme de précipitations (pluie, neige, rosée) peuvent, pendant leur écoulement, être polluées, par exemple, en entrant en contact avec du sable, de la boue, des micropolluants, de l'huile de moteur ou d'autres substances, ou par la présence de sel routier ou d'autres matières suite à la perte accidentelle de chargement, etc. Ce sont alors des eaux usées.

Note

Les eaux de ruissellement qui ne sont pas polluées ne sont pas considérées comme des eaux usées!

La règle est la suivante:

- lorsque la voirie est raccordée à un égout public, l'article 27 de l'AR précité interdit le déversement d'eaux usées dans des voies artificielles d'écoulement des eaux pluviales (fossés, rigoles ou aqueducs);
- si la voirie est dépourvue d'égouts publics, les eaux usées d'origine domestique (à l'exception des eaux contenant des matières d'origine fécale) peuvent, après purification, (élimination des matières grasses, etc. conformément à l'article 28) être déversées dans les voies artificielles d'écoulement des eaux pluviales.

Il faut donc éviter que des eaux de pluie polluées ne soient déversées dans les voies artificielles d'écoulement des eaux pluviales.

En cas de déversement accidentel d'hydrocarbures ou d'autres substances toxiques sur la voie publique, l'intervention des services d'urgence est nécessaire afin que ces substances ne restent pas sur la voirie et ne soient pas emportées par les eaux de pluie.

1.3.2 Directive-cadre européenne sur l'Eau

Une législation plus récente considère l'eau comme un bien précieux du point de vue du développement durable, à protéger en tant qu'eau potable. Elle s'intéresse aussi aux risques que présente un excès d'eau au mauvais endroit (risque d'inondation) et aux problèmes d'un manque d'eau (sécheresse).

La **directive-cadre européenne** sur l'Eau (DCE) [10], l'une des directives environnementales les plus importantes pour l'eau, traduit une politique de l'eau durable. Cette directive est en vigueur depuis le 22 décembre 2000 et établit un cadre pour une politique communautaire de l'eau pour l'ensemble de l'Union européenne. La DCE a pour objectif général d'atteindre d'ici 2015 le bon état des différents milieux aquatiques sur tout le territoire européen et de réduire l'impact des inondations et des sécheresses. Elle oblige les états membres à:

- gérer durablement les ressources en eau;
- préserver les écosystèmes aquatiques et les eaux souterraines de toute pollution;
- approvisionner la population en eau potable de bonne qualité;
- limiter les rejets polluants;
- associer les usagers.

La mise en œuvre pratique de la DCE se fait sur base de plans de gestion par bassins et de programmes de mesures.

Plusieurs directives viennent compléter la directive principale DCE:

- la directive *Eaux souterraines* (directive 2006/118/CE) crée un cadre pour des mesures de prévention et de contrôle visant à lutter contre la pollution des eaux souterraines. Il s'agit de mesures pour évaluer l'état chimique des eaux souterraines et diminuer la présence de polluants;
- la directive *Substances prioritaires* (directive 2008/105/CE) établissant des normes de qualité environnementale dans le domaine de l'eau pour certaines substances prioritaires;
- la directive *Inondations* (directive 2007/60/CE) doit veiller à ce que les états membres évaluent au mieux le risque d'inondations et prennent des mesures en vue de limiter les dégâts. La directive se calque sur l'approche et les plans de gestion prévus par la DCE.

En Belgique, la DCE est convertie en trois réglementations régionales:

- le décret concernant l'*Integraal Waterbeleid* [11] en Flandre;
- le *Code de l'Eau* [12] en Wallonie;
- l'ordonnance d'établissement d'un cadre pour la gestion de l'eau en Région de Bruxelles-Capitale [13].

1.3.3 Réglementation régionale pour les eaux de pluie

Pour poursuivre la concrétisation du passage à une politique de l'eau plus durable, selon la DCE, les Régions ont aussi pris des mesures dans le cadre de l'aménagement du territoire et de l'urbanisme afin d'encourager l'évacuation des eaux de pluie tombant sur les surfaces revêtues via les voies artificielles d'écoulement et non via les égouts publics.

Pour la mise en œuvre de nouvelles surfaces revêtues en Flandre, le **règlement régional d'urbanisme** est d'application en Flandre depuis 2005 en matière de citernes d'eau de pluie et autres constructions similaires [14].

Ce règlement donne des prescriptions pour l'évacuation des eaux de pluie non polluées de surfaces revêtues (surface horizontale du toit > 75 m², surfaces revêtues > 200 m²[15][2]) pour l'obtention d'un permis de bâtir. Les principes fondamentaux sont les suivants:

- exploiter autant que possible les eaux de pluie en installant une citerne d'eau de pluie et une pompe opérationnelle;
- permettre l'infiltration ou le stockage des eaux de pluie excédentaires au moyen de systèmes d'infiltration ou de revêtements drainants;
- si l'exploitation, l'infiltration ou le stockage sont impossibles, évacuer les eaux de pluie de manière ralentie. Les eaux de pluie et usées doivent être évacuées séparément. L'évacuation des eaux de pluie dans l'égout public n'est autorisée qu'en l'absence d'une voie artificielle d'écoulement des eaux de pluie ou des eaux de surface.

Ce règlement **ne s'applique pas aux voiries publiques** (à l'exception des parkings, etc.). Il est néanmoins recommandé de respecter autant que possible les mêmes principes pour la mise en œuvre de nouvelles routes que pour la mise en œuvre d'applications privées. Il va de soi que pour les voiries publiques aussi, il faut tendre vers une évacuation distincte, une rétention maximale et même la réfection de fossés ouverts pour capter les eaux de pluie.

Des règlements similaires sont d'application en Région wallonne et en Région de Bruxelles-Capitale [16, 17].

Note

On part du principe que tous les matériaux (en particulier les terres excavées et matériaux secondaires utilisés pour des remblais, (sous-)fondations ou revêtements) satisfont à la réglementation en vigueur [18, 19, 20 et 21] et ne constituent pas un danger supplémentaire de pollution des sols ou des eaux souterraines. Sinon, ils ne peuvent pas être utilisés.

[2] En vertu de l'Arrêté du Gouvernement flamand du 5 juillet 2013 (Moniteur belge du 8 octobre 2013) [15], le règlement régional d'urbanisme précité est d'application pour les surfaces revêtues à partir de 40 m². Pour les lotissements impliquant l'aménagement de nouvelles routes, les dispositifs d'infiltration sont obligatoires.

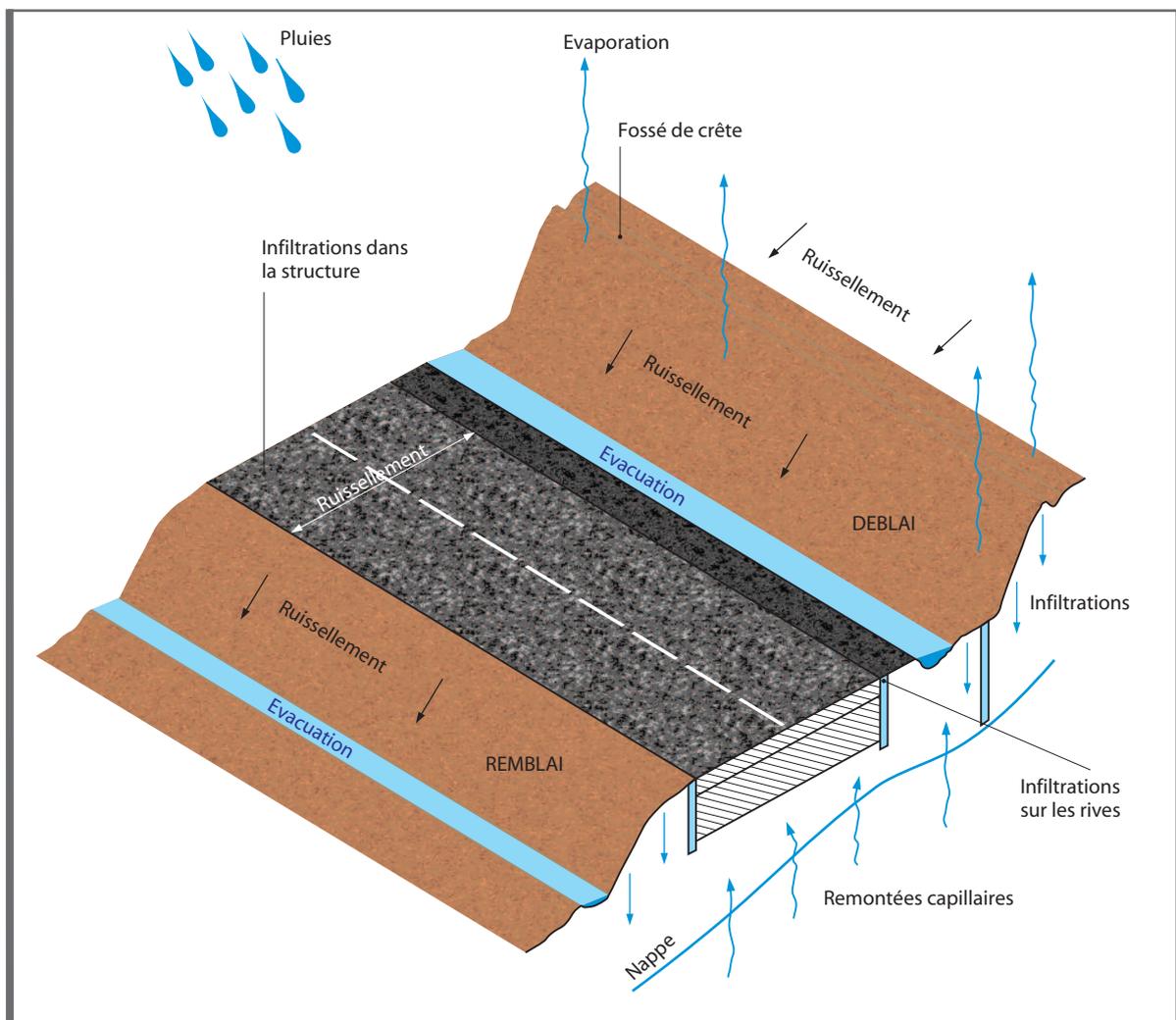
Chapitre 2

Recommandations pour l'élaboration du projet

2.1 Evacuation des eaux superficielles

2.1.1 Introduction

L'eau que les précipitations atmosphériques ont répandue sur la surface d'un terrain quelconque va soit **stagner**, **s'évaporer**, **ruisseler sur la surface** ou **s'infiltrer dans le sol**. L'importance de l'une ou l'autre de ces possibilités dépendra de la nature et topographie du terrain et des conditions climatiques.



Source: Guide technique Drainage routier – Sétra [22]

Figure 2.1 Origines de l'eau dans la route

Lorsque le terrain concerné est un tronçon de route, comprenant des parties revêtues et des parties terrassées (accotements, bermes, talus), seule l'eau qui **s'évapore** est généralement inoffensive.

L'eau qui **ruisselle** trop rapidement sur les surfaces terrassées peut les éroder. L'érosion qui atteint le bord d'un revêtement peut causer des dégâts (ravinement, déchaussement, etc.).

L'eau qui **stagne** sur la chaussée peut provoquer l'aquaplanage et des éclabousses, et en hiver, former des plaques de glace; celle qui stagne sur un accotement terrassé peut en réduire la portance au point de le rendre impraticable.

L'eau qui **s'infiltr**e altère la qualité de presque tous les matériaux qu'elle atteint en cas de stagnation: elle réduit souvent la portance du sol situé sous le fond de coffre et sous les accotements; elle réduit parfois aussi la portance des couches de fondation sans liant; elle peut rendre la fondation et/ou la sous-fondation plus susceptible(s) de gonfler sous l'influence du gel, etc. Tous ces phénomènes interagissent et peuvent s'accroître l'un l'autre.

Les solutions à ces effets néfastes de l'eau reposent sur deux principes:

- **réduire les possibilités d'infiltration;**
- **conduire l'eau superficielle rapidement vers un exutoire** en lui imposant un parcours aménagé pour qu'elle ne puisse y causer aucun dégât.

Sur les **surfaces revêtues**, on réduit l'infiltration en les rendant aussi imperméables que possible. On est toutefois limité dans cette voie par les caractéristiques propres à certains revêtements (les revêtements bitumineux dits ouverts ou semi-ouverts), lesquels doivent, pour se comporter normalement, conserver une certaine porosité, au moins pendant une certaine période. L'évacuation de l'eau est assurée par la pente transversale, qui la conduit vers des ouvrages spécialement conçus pour la recevoir (filets d'eau, fossés, canalisations). Ces dispositions sont détaillées au § 2.1.2 *Dispositions concernant les surfaces revêtues*.

Sur les **surfaces terrassées (accotements, bermes et talus)**, on réduit l'infiltration par l'effet évapotranspirateur de la végétation. L'eau en excès est évacuée par ruissellement, à une vitesse suffisamment faible pour réduire les risques d'érosion (ce qui conduit à limiter les pentes et à favoriser le développement de la végétation), vers des ouvrages spécialement conçus pour la recevoir (rigoles de banquettes, rigoles de talus, fossés). Ces dispositions sont détaillées au § 2.1.3 *Dispositions concernant les surfaces terrassées*.

Le sol se trouvant sous les accotements non revêtus (terre nue ou accotement gazonné) subit des variations de teneurs en eau suivant les saisons. Ce phénomène, appelé **effet de bord**, induit le long du bord de la chaussée des échanges d'eau capillaire, entraînant une variation d'humidité du sol support sur une certaine largeur. Il s'ensuit une perte de portance du sol près du bord et les risques liés. Le phénomène est moins marqué si l'accotement est gazonné puisque l'évapotranspiration due à la végétation régule la teneur en eau du sol support. Les fluctuations de teneurs en eau atteignent une bande de 1,50 m de large le long de chaque bord dans le cas d'un accotement gazonné; elles atteignent jusqu'à 4 m dans le cas d'un accotement non revêtu. L'intensité du phénomène dépend aussi du type de sol et est marquée dans les sols fins.

Le sol support subit donc des variations de teneurs en eau d'autant plus importantes qu'il se trouve près du bord de la chaussée, ce qui implique:

- une diminution de la résistance au cisaillement – perte de portance (lorsque la teneur en eau augmente);
- une augmentation de la déformabilité (orniérage);
- l'apparition de déformations différentielles (fissuration).

Des recommandations sont apportées au § 2.1.3 *Dispositions concernant les surfaces terrassées*.

L'eau récoltée doit enfin être évacuée en dehors de l'emprise de la route. Normalement, elle est dirigée vers un cours d'eau, éventuellement par l'intermédiaire d'un **bassin d'orage** destiné à absorber les pointes de débit que ce cours d'eau ne pourrait absorber sans inconvénient. La description des dispositifs qui réalisent cet objectif est exposée au § 2.1.4 *Dispositions pour la collecte des eaux* et au § 2.4 *Dispositions pour le stockage d'eau*.



Figure 2.2 *l'ilot central*

Certaines parties d'ouvrage (terre-pleins et îlots centraux, zones de transition déblai/remblai, zones de dévers en déblai) sont souvent négligées en ce qui concerne le drainage. Or, un manque de drainage de ces parties peut avoir des conséquences graves sur la durabilité de l'ouvrage.

2.1.2 Dispositions concernant les surfaces revêtues

2.1.2.1 Réduction des infiltrations

2.1.2.1.1 Revêtements en béton de ciment

Les revêtements en béton de ciment sont imperméables, sauf le long des joints non scellés ou qui ont perdu leur étanchéité suite à un manque d'entretien.

On distingue deux types de revêtements en béton courants pour les routes:

- les dalles de béton;
- le béton armé continu.

Les revêtements de type courant (dalles de béton non armé), c'est-à-dire sans armatures ni précontrainte, doivent tout d'abord être conçus de manière à ne pas se fissurer. Ils comportent à cet effet des joints de types divers, dont chacun doit être pourvu d'un dispositif d'étanchéité approprié.

On distingue les joints transversaux (joints de retrait, joints de dilatation, joints de construction) et les joints longitudinaux (joints de construction, joints de flexion). Les goujons éventuels assurent le transfert des charges d'une dalle à l'autre au droit des joints transversaux et les barres d'ancrage empêchent l'ouverture des joints longitudinaux. L'infiltration d'eau dans les joints constitue un risque de corrosion pour ces éléments en acier.

Afin qu'ils permettent pleinement les mouvements de contraction et de dilatation du revêtement en béton au droit des joints transversaux, les goujons doivent être des barres d'armature lisses. Celles-ci sont ainsi galvanisées ou protégées par un vernis bitumineux ou un coating de résines. Ceci les protégera aussi de la corrosion. Les barres d'ancrage disposées dans les joints longitudinaux sont des barres d'armature crénelées. Elles sont de préférence protégées contre la corrosion en partie centrale par des résines synthétiques mais ceci se fait rarement en Belgique.

Le béton armé continu ne présente pas de joints de retrait ou de dilatation, uniquement des joints de construction et de flexion. Le retrait est réparti en série de fines fissures. L'armature longitudinale permet de contrôler la fissuration et d'en limiter les ouvertures. Pour les routes à trafic élevé, une couche d'enrobé bitumineux doit être insérée entre le revêtement en béton et la fondation en béton maigre afin d'éviter l'érosion de celle-ci par pompage de l'eau infiltrée (§ 1.2.2.7 *Phénomènes de punch out*).

Afin d'éviter l'infiltration et la stagnation d'eau via les joints, il est indiqué de procéder à un scellement des gorges de ces joints au moyen d'une masse de scellement plastique et/ou élastique qui adhère bien ou de profils préformés.

Pour obtenir un scellement efficace et durable, les aspects suivants sont à considérer:

- les mouvements prévisibles des joints;
- le choix du produit de scellement;
- les dimensions des gorges de scellement;
- la méthode de mise en œuvre du produit de scellement.

On distingue trois grandes classes de produits de scellement (figure 2.3):

- les produits coulés à chaud, qui sont les plus utilisés;
- les produits coulés ou pistolés à froid (produits élastiques à base d'élastomères);
- les profilés préformés en caoutchouc synthétique.

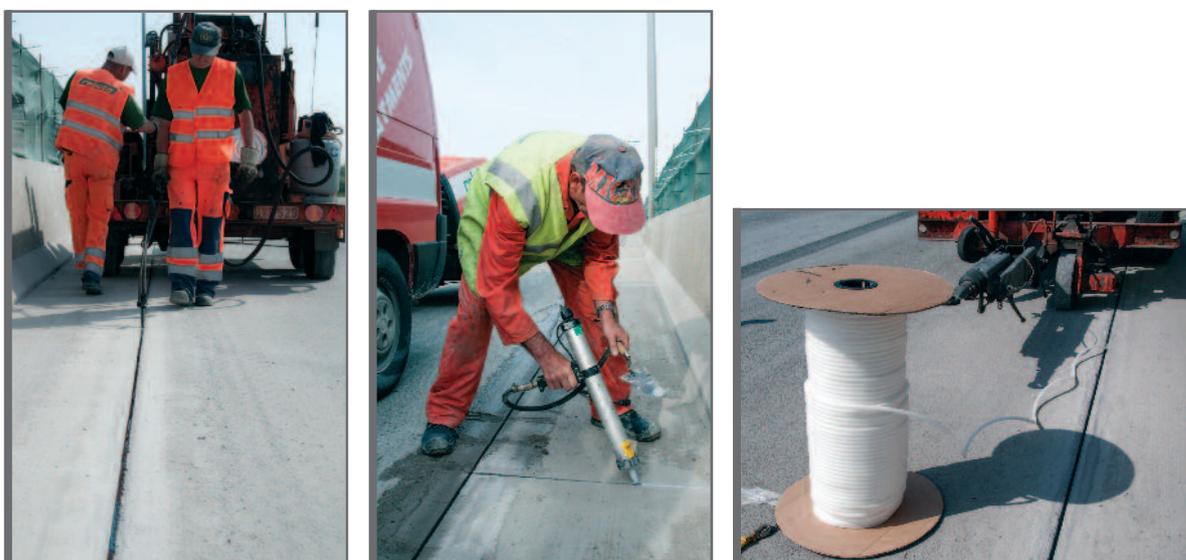


Figure 2.3 Exemples de scellement de joints dans un revêtement en béton. A gauche: avec des produits coulés à chaud; au milieu: avec des produits coulés ou pistolés à froid; à droite: avec des profilés préformés.

Les particularités de chacun de ces produits sont décrites en détail dans la publication CRR *Code de bonne pratique pour l'exécution des revêtements en béton* - R75/05 [7].

Les gorges de scellement sont réalisées au moyen d'une large scie diamantée dans la partie supérieure des joints. Le scellement d'un joint ne sera satisfaisant que si les variations de largeur de ce scellement restent inférieures aux limites admises, liées aux caractéristiques du produit de scellement. En pratique, les dimensions des gorges de scellement à créer sont définies par le projet.

Outre la qualité du produit de scellement, la bonne exécution des opérations de scellement reste primordiale. On distingue les phases suivantes:

- la vérification des dimensions des gorges;
- le séchage et nettoyage des gorges;
- la mise en place du fond de joint;
- la pose éventuelle du vernis d'accrochage;
- la préparation et la pose du produit de scellement.

Le contrôle visuel de l'état des joints et de leur étanchéité est primordial. Le contrôle et l'entretien doivent être réalisés régulièrement, la fréquence étant fonction de la nature du joint utilisé.

2.1.2.1.2 Revêtements bitumineux

L'infiltration d'eau à travers les couches d'enrobés bitumineux a une influence directe sur la durabilité du revêtement. Dans l'enrobé même, elle peut éventuellement provoquer le désenrobage des granulats et/ou le décollement des couches. Si l'eau qui atteint la fondation ne peut s'évacuer, elle diminuera la capacité portante de celle-ci, ce qui causera à son tour de la fissuration ou des phénomènes de faïençage dans l'enrobé. Lors de périodes de gel, la présence d'eau dans le revêtement ou la fondation peut également engendrer de fortes dégradations: décollement des couches par gonflement, formation de nids de poule, tassements, etc.

Le revêtement bitumineux doit donc jouer un rôle imperméabilisant. Il faut dès lors que l'une des couches qui le constituent (couche de roulement ou couche de liaison/d'accrochage) soit imperméable. Une couche de roulement en béton bitumineux AC ou SMA est imperméable. Dans le cas des enrobés drainants (PA respectivement à structure ouverte et semi-ouverte), *Ultra Thin Layer – RUMG* (structure semi-fermée) et *Very thin layer – BBTM* (structure semi-fermée), ce sont les couches de liaison ou une couche d'accrochage épaisse qui assurent l'imperméabilité de l'ensemble.

Il est à noter que les revêtements à forte macrotecture (structure semi-ouverte ou ouverte et dans une moindre mesure les SMA) présentent une bonne drainabilité superficielle et contribuent à diminuer l'épaisseur du film d'eau à la surface, favorisant ainsi la sécurité des usagers (drainage superficiel). Dans le cas des enrobés drainants, cet effet est encore plus important grâce au réservoir que forment ces enrobés. L'eau est alors récupérée au niveau de la première sous-couche et ruisselle latéralement jusqu'à ce qu'elle soit récupérée dans les filets d'eau et évacuée. La base de la couche d'enrobé drainant doit donc se trouver au niveau des filets d'eau, pour que l'eau ne soit pas enfermée dans la couche drainante. S'il n'est pas possible de travailler avec une telle configuration, il faut prévoir un exutoire pour l'eau qui est connecté au système de drainage de la structure.

Les joints des sous-couches devront être exécutés avec soin, car il ne sera pas possible de les contrôler ou réparer a posteriori sans démonter la couche drainante en surface. On veillera également à ce que les joints longitudinaux et transversaux dans l'enrobé ouvert ne coïncident pas avec les joints dans les sous-couches.

Pour les revêtements bitumineux fermés, de l'eau peut éventuellement pénétrer par les joints de reprise si ceux-ci sont mal réalisés. Ces joints existent lorsque deux bandes adjacentes ou dans le prolongement l'une de l'autre n'ont pas été compactées simultanément. On essaiera de limiter au maximum la présence de ces joints (bandes de grande largeur ou pose à l'aide de finisseuses en parallèle). Les joints de reprise longitudinaux sont décalés de 15 cm minimum dans le sens transversal par rapport à ceux de la couche sous-jacente afin d'éviter toute faiblesse en un même point et réduire les possibilités d'infiltration. Les joints de reprise transversaux sont décalés de 1 m d'une couche à l'autre.

Pour les couches de roulement, seuls les joints dans les enrobés à squelette sableux et SMA font l'objet d'un traitement. Le joint est réalisé au moyen d'une bande bitumineuse préformée pour joint ou d'une bande extrudée.

Les joints des autres enrobés (PA, BBTM et RUMG) ne sont pas traités pour permettre l'écoulement de l'eau au sein de la couche de revêtement ouvert ou semi-ouvert.

2.1.2.1.3 Joints de bord

Quelle que soit la nature du revêtement, les joints de bord, c'est-à-dire les joints qui séparent le revêtement de la chaussée, des bordures de trottoir, bandes de contrebutage, filets d'eau, accotements revêtus, etc., qui l'encadrent, présentent un **danger d'infiltration important**. Les deux lèvres d'un tel joint, à cause de leur différence de nature et de sollicitation, subissent en effet au cours de la vie de la route des mouvements relatifs qui en rendent à peu près impossible une obturation efficace et durable.



Figure 2.4 Absence de joint

Un défaut au niveau du joint va provoquer une infiltration de l'eau dans la structure et une détérioration de celle-ci (qui peut être rapide si l'eau infiltrée est bloquée par un élément imperméable de la structure).

A cela s'ajoute souvent un mauvais compactage du revêtement près du bord.

Le maintien de l'étanchéité des joints de bord est donc essentiellement une question d'entretien régulier. Cet aspect est traité au chapitre 4 *Recommandations pour l'entretien*.

Dans le cas d'une rénovation avec placement d'éléments linéaires en béton non existants au préalable, il faut bien faire attention à ne pas emprisonner l'eau par ces éléments en béton et leurs fondations en matériaux liés (chapitre 5 *Recommandations pour les reconstructions et améliorations*).



Figure 2.5 Surlargeur du revêtement en béton

Afin de limiter les effets destructifs causés par le passage des véhicules sur cette zone potentiellement rendue sensible par l'infiltration de l'eau, il est recommandé de donner au revêtement une **surlargeur**, la chaussée proprement dite étant délimitée par un marquage au sol et d'utiliser une fondation et sous-fondation suffisamment perméables de sorte que l'eau infiltrée ne reste pas dans la structure.

2.1.2.1.3a Bords extérieurs des revêtements bitumineux

Un revêtement bitumineux est en général contrebuté par des éléments linéaires.

Le joint entre un revêtement bitumineux et les éléments linéaires en béton est réalisé soit par le remplissage d'une rainure par une masse de scellement, soit par le placement d'une bande bitumineuse préformée contre l'élément linéaire en béton ou par le placement d'un joint préformé ou d'un joint extrudé à chaud contre l'élément linéaire en béton.

Pour les autres enrobés (enrobés drainants, BBTM ou RUMG), l'enduisage des bords extérieurs du revêtement par rapport aux dispositifs d'évacuation est interdit.

Pour les bétons bitumineux (AC) et SMA, les tranches des bords extérieurs non contrebutés du revêtement sont enduites en appliquant une émulsion ou un liant non dilué de même nature que celui de l'enrobé mis en œuvre.

2.1.2.1.3b Revêtements en béton

Les routes en béton ne nécessitent pas de contrebutage (revêtement rigide).

2.1.2.2 Profilage

Tout revêtement routier doit être profilé de manière à ce que l'eau s'en écoule transversalement le plus rapidement possible, afin que le film d'eau en surface reste le plus mince possible.

2.1.2.2.1 Chaussées

En alignement droit, il est conseillé que la pente transversale du revêtement de surface soit de préférence de 2,5 % (spécifications des cahiers des charges types) et de minimum 2 % (chaussées à faible trafic). Ce cas doit faire l'objet d'une étude spécifique et une attention particulière doit être apportée durant la mise en œuvre.

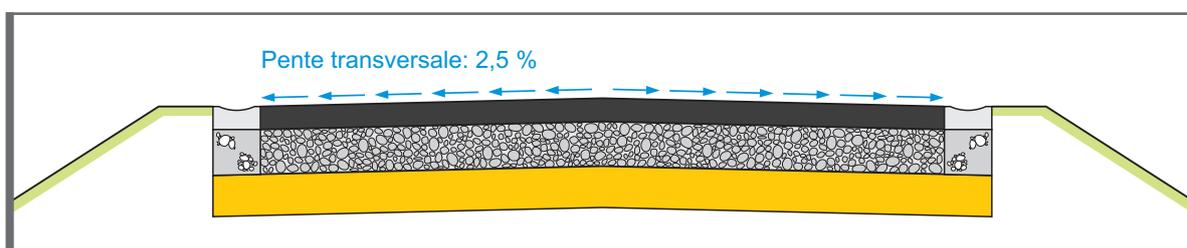


Figure 2.6 Profilage du revêtement

On doit éviter d'interrompre la pente transversale par des ressauts intempestifs, comme celui que provoquerait un marquage en relief. On doit aussi veiller à ce que l'effet combiné des pentes longitudinales et transversales ne provoque pas un ruissellement trop lent, particulièrement dans les zones où le dévers change de sens. Les zones de changement de dévers doivent donc être les plus courtes possibles.

Il faut éviter un écoulement rapide et intense sur une faible largeur, apparaissant sur les tronçons en forte pente, où une suite de virages en sens inverse peut, en rejetant l'eau d'un bord vers l'autre, canaliser l'écoulement presque dans l'axe de la route.

2.1.2.2.2 Trottoirs et pistes cyclables

La pente transversale des trottoirs et des pistes cyclables doit être au minimum de 2,5 %. Pour le confort des piétons la pente transversale des trottoirs ne dépassera toutefois pas 5 %.

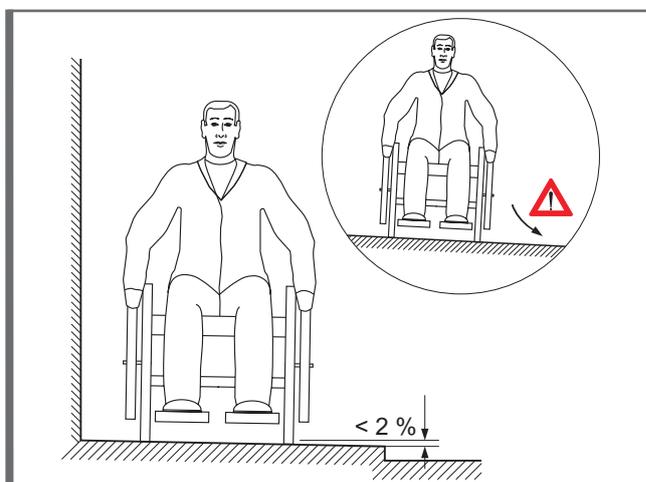


Figure 2.7 Recommandation pour la pente transversale des trottoirs pour personnes à mobilité réduite

Note

Dans les documents régionaux pour l'accessibilité des espaces publics [23, 24, 25], il est recommandé pour les personnes à mobilité réduite de limiter les pentes transversales des trottoirs à 2 % afin d'éviter une fatigue excessive ou un risque de basculement.

2.1.3 Dispositions concernant les surfaces terrassées

2.1.3.1 Accotements et bermes

Hormis le cas où le sol présente une capacité d'infiltration telle que toute possibilité de stagnation ou de ruissellement est pratiquement exclue, les accotements et bermes doivent présenter une pente transversale qui assure l'évacuation des eaux sans entraîner de risques d'érosion excessifs.

La pente transversale à proximité d'une berme centrale doit atteindre 4 à 7 % lorsqu'elle est dirigée vers la berme (figure 2.8). Dans ce cas, un collecteur axial sous la berme centrale est nécessaire. Si au contraire, la pente transversale à proximité de la berme centrale est dirigée vers la chaussée, cette pente sera choisie plus faible, de manière à réduire le risque d'érosion au bord de la surface revêtue ainsi que l'infiltration le long de ce bord.

La pente transversale d'un accotement gazonné est dirigée vers l'extérieur de la chaussée et doit atteindre 4 à 7 %.

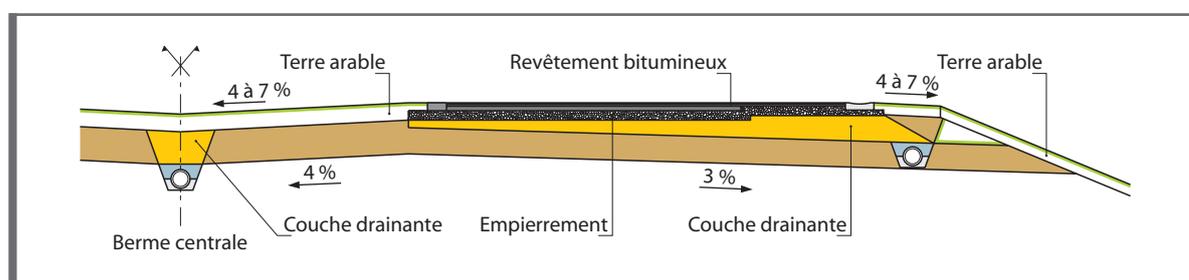


Figure 2.8 Berme centrale et accotement

Les eaux qui proviennent des surfaces terrassées ne peuvent jamais se répandre sur la chaussée, à cause de leur chargement en boue. Il faut leur interposer un filet d'eau. Il faut aussi éviter qu'une combinaison des pentes longitudinale et transversale d'un accotement ou d'une berme provoque un écoulement concentré et rapide capable de franchir le filet d'eau et de se répandre sur la chaussée.

Lors de la conception des profils en travers, on ne perdra pas de vue non plus que le niveau d'une surface gazonnée peut se rehausser progressivement au cours du temps suite à l'accumulation de végétaux. Il faut chercher à éviter que ce rehaussement, lorsqu'il se produira, ne perturbe l'écoulement d'une manière dangereuse, par exemple en provoquant l'accumulation de l'eau aux environs d'un point bas du profil en long. Si nécessaire, cette accumulation de végétaux est nettoyée lors de l'entretien périodique.

Lorsqu'un accotement présente une pente longitudinale accentuée, il est recommandé, pour empêcher la formation d'un écoulement longitudinal sur une grande longueur, d'augmenter la pente transversale, et d'y disposer des caniveaux transversaux qui orienteront le ruissellement vers les collecteurs. Le bord aval de ces caniveaux doit être en légère saillie sur le terrassement pour arrêter l'eau efficacement. Ce dispositif est également indiqué pour une berme centrale dont la pente longitudinale reste de même sens sur une grande longueur, même si cette pente est peu prononcée.

Partout où c'est possible, et au plus tôt, on favorisera le développement du gazon sur les accotements et sur les bermes. Un gazon court et dru ralentit le ruissellement, fait obstacle à l'érosion et évacue une partie de l'eau par évapotranspiration. Il augmente aussi la portance.



Figure 2.9 Effet de bord

Pour éviter les effets néfastes de l'effet de bord (figure 2.9), il est recommandé:

- d'imperméabiliser les accotements ou donner une surlargeur à la route (au moins 1,50 m) afin de déplacer le problème vers une zone qui ne subit pas de charges;
- de prolonger la couche drainante sous les accotements jusqu'à une tranchée longitudinale, un fossé ou un talus;
- de couper les échanges capillaires en plaçant un écran anticapillaire vertical (figure 2.10):
 - soit une tranchée remplie d'un matériau drainant (qui assure aussi le drainage de la chaussée);
 - soit un géocomposite muni d'un filtre géotextile et une membrane imperméable.

Ces solutions nécessitent des emprises suffisantes dans le profil en travers et impliquent le maintien de l'imperméabilité des accotements.

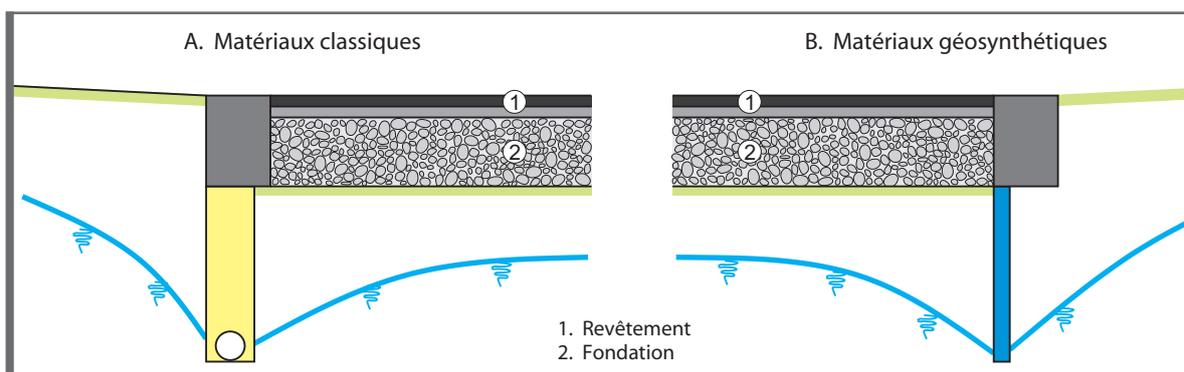


Figure 2.10 Solutions pour réduire l'effet de bord

2.1.3.2 Talus

En exceptant le cas où la nature du sol exclut toute possibilité de ruissellement, les talus doivent être mis à l'abri des risques d'érosion superficielle par diverses mesures de protection.

Un talus de déblai dont la crête reçoit les eaux de ruissellement d'une surface importante du terrain naturel doit être protégé par un fossé de crête étanche qui intercepte ces eaux. Ce fossé doit être tracé à une distance de la crête telle qu'il ne puisse ni être atteint par les érosions ou les décrochements partiels prévisibles, ni mettre lui-même en danger la stabilité du talus. Une distance de 3 m est souvent acceptable (figure 2.12). Les eaux recueillies sont, selon la disposition des lieux, soit ramenées vers les collecteurs de la route par des caniveaux de talus, soit conduites vers un exutoire propre.

Il peut être utile de prévoir des banquettes pour les talus raides de grande hauteur. Celles-ci sont destinées à intercepter et canaliser le ruissellement avant qu'il n'ait atteint une vitesse excessive et n'altère la stabilité

du talus. Elles sont placées à intervalles réguliers, fonction du talus, de la pente et la nature du sol. Ces banquettes facilitent aussi la stabilité du talus. La pente transversale (3 %) des banquettes est dirigée vers l'axe de la plate-forme en déblai et vers l'extérieur en remblai. Leur largeur est en principe de 4 m pour y faciliter l'entretien par des engins (figure 2.12).



Figure 2.11 Caniveau de talus à cascades (talus de remblai)

Les caniveaux de talus ont pour rôle de conduire vers le pied du talus de déblai les eaux recueillies par un fossé de crête ou par des fossés de banquettes. De même, dans les sections en remblai, les eaux de la chaussée recueillies par des filets d'eau et conduites vers le talus par des caniveaux traversant l'accotement de distance en distance sont évacuées via des caniveaux vers le collecteur de pied de talus.

Les caniveaux de talus présentent, en général, une pente continue et sont généralement réalisés en béton.

On emploie aussi souvent des caniveaux de talus à cascades, formées d'éléments préfabriqués en béton de forme trapézoïdale qui s'emboîtent les uns dans les autres (figure 2.11). Cette forme permet de réduire la vitesse d'écoulement de l'eau. Chaque caniveau de talus aboutit à un petit ouvrage conçu pour dissiper l'énergie cinétique de l'eau avant de l'envoyer dans le collecteur qui suit le pied du talus.

Tous ces dispositifs ne tolèrent, bien entendu, qu'un débit assez restreint. L'évacuation de débits importants le long du talus nécessiterait des ouvrages plus complexes, tels que des canalisations enterrées reliées par des chambres de chute. Les fondations de ces dispositifs doivent leur assurer une stabilité suffisante.

Les eaux qui proviennent d'un **talus en remblai** (pourvu ou non de caniveaux de talus) sont recueillies dans un fossé ou un collecteur de pied de talus qui a pour rôle de protéger le terrain voisin, en conduisant les eaux vers un exutoire. Celles qui proviennent d'un **talus en déblai** sont acheminées vers un des collecteurs (fossé ou canalisation) dont il sera question au § 2.1.4 *Dispositions pour la collecte des eaux*.

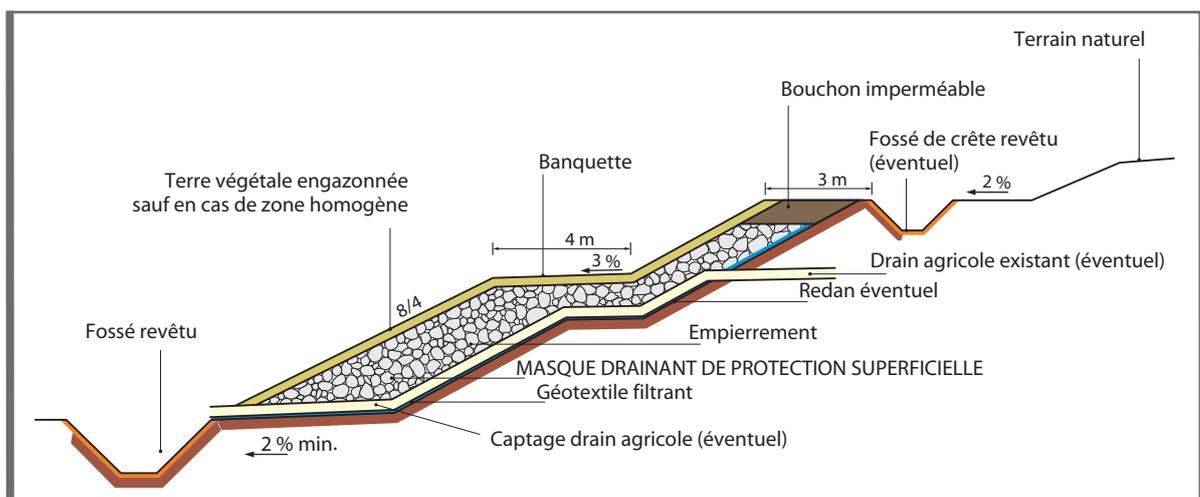


Figure 2.12 Masque drainant de protection superficielle

La surface du talus doit être protégée contre l'érosion: soit par de la végétation dont la croissance peut être favorisée par la pose de nids d'abeilles ou nappes de coco (en ensemençant en période favorable), soit par la réalisation de masques de protection dans le cas des sols altérables ou à potentiel de gonflement (par exemple marnes ou smectites). Il ne faut pas omettre de drainer les eaux qui s'accumuleraient dans ces dispositifs.

La figure 2.12 illustre le cas de l'utilisation de masques de protection pour protéger le talus de l'érosion.

Ces masques sont constitués d'empierrements grossiers de granulométrie continue, contenant peu de fines (moins de 5 %) et avec un angle de frottement interne élevé. La taille maximale des éléments est de 150 mm. Le masque repose sur un géotextile filtrant.

Note

On ne traite pas ici du problème de la stabilité d'ensemble des talus, lequel, comme tous les problèmes de géotechnique, est nécessairement influencé par la présence de l'eau dans le sol.



Figure 2.13 Protection de talus

Les principes généraux prévenant l'érosion sont les suivants:

- réduire la vitesse d'écoulement des eaux;
- limiter les pentes des terrassements;
- protéger les surfaces le plus rapidement possible;
- empêcher les eaux extérieures de surface de pénétrer sur la plate-forme (en déviant les eaux en amont par des banquettes ou un fossé);
- prévoir un exutoire pour les eaux concentrées dans les fossés;
- briser l'énergie des eaux concentrées (escaliers, chicanes, etc.).

Comme déjà illustré précédemment, différentes techniques permettent de lutter contre l'érosion:



Figure 2.14 Erosion - Décrochement de terre végétale

- protection des surfaces par une couverture végétale ou des matériaux inertes (géogrilles, grillages, filet avec ancrage, géotextiles tridimensionnels alvéolés (nids d'abeilles), alvéoles en béton préfabriqué ou projeté, perrés, gabions, etc.);
- stabilisation et confortement des pentes du talus (éperons drainants, masques drainants, etc.);
- maîtrise des eaux superficielles (dérivation des eaux par des fossés de crêtes, drainage superficiel par cunettes, filets d'eau ou fossés drainants en pied de talus, banquettes en haut des remblais);
- hydroensemencement (*hydroseeding*): procédé favorisant le développement de la végétation et réduisant donc l'érosion.

2.1.4 Dispositions pour la collecte des eaux

2.1.4.1 Dispositions générales

2.1.4.1.1 Sections en remblai

Dans les sections en remblai, les eaux sont normalement rassemblées vers des fossés qui suivent le pied de remblai. Ces fossés jouent donc le rôle de collecteurs généraux conduisant les eaux vers un exutoire. Quand la hauteur et la pente du talus ne permettent pas de l'exposer au ruissellement direct des eaux provenant de la chaussée, ces eaux sont recueillies dans les filets d'eau longitudinaux et conduites à travers l'accotement par des caniveaux ou collecteurs obliques ou transversaux reliés à des caniveaux de talus, les eaux de l'accotement s'écoulant seules librement sur le talus. Dans les autres cas, les eaux du revêtement traversent librement l'accotement et s'écoulent ensuite directement sur le talus. Toutefois, à tous les endroits où l'on pourrait craindre une concentration de l'écoulement, il est prudent de disposer localement un filet d'eau et quelques caniveaux dans l'accotement et le talus.

On n'omettra pas de faire traverser le remblai par un ouvrage hydraulique non seulement à l'emplacement des cours d'eau à écoulement permanent, mais aussi à celui des talwegs (ligne rejoignant les points les plus bas d'une vallée) où le ruissellement n'est que rarement apparent, ceci pour éviter des stagnations qui peuvent causer préjudice aux propriétés riveraines, provoquer des infiltrations dans le remblai et menacer sa stabilité.

2.1.4.1.2 Sections en déblai

Dans les sections en déblai, les eaux ruisselant de la chaussée, des accotements, des bermes et des talus sont nécessairement rassemblées dans un ou plusieurs collecteurs situés entre le bord de la chaussée et le pied du talus. Ces collecteurs peuvent être des fossés ouverts, des canalisations enterrées ou des caniveaux. Les canalisations enterrées reçoivent les eaux par l'intermédiaire de filets d'eau et d'avaloirs; les fossés et les caniveaux peuvent les recevoir directement.

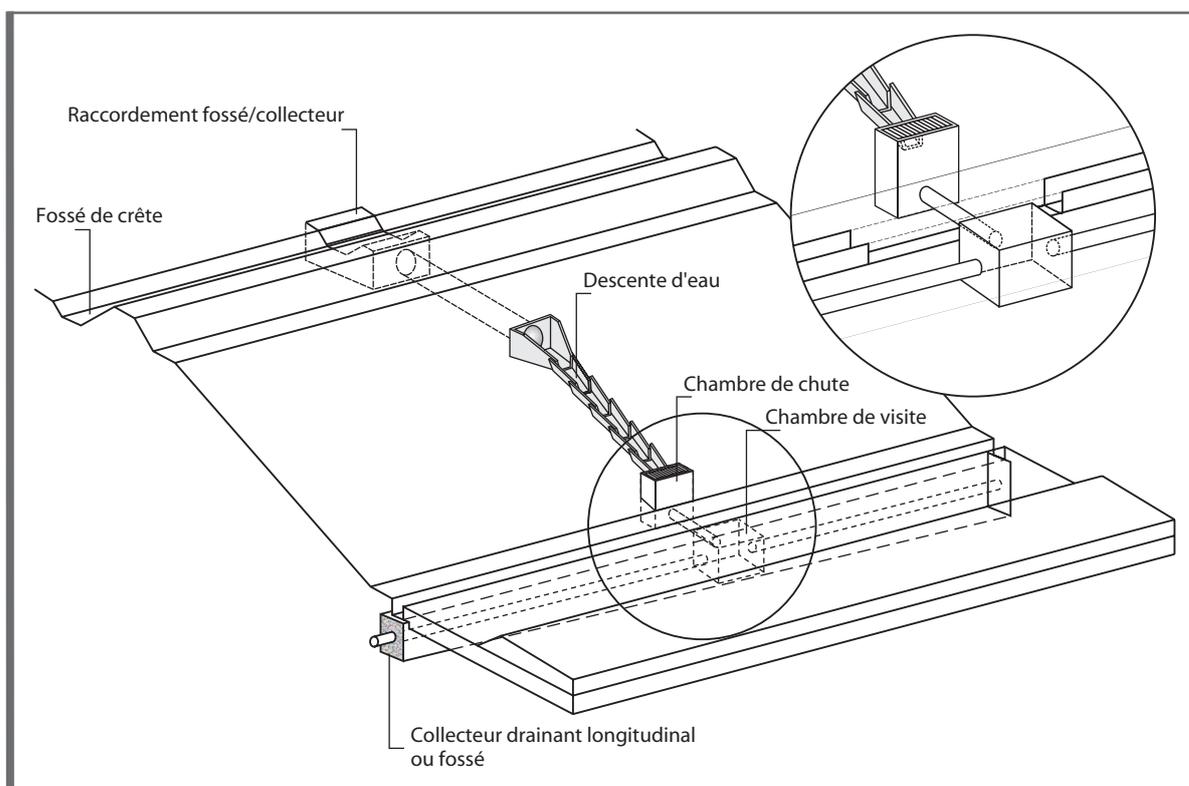


Figure 2.15 Descente d'eau dans un talus de déblai

Quand la tranchée atteint une certaine profondeur, il importe de vérifier si la présence d'un fossé ouvert ne risque pas de mettre en danger la stabilité du talus et de menacer ainsi sa stabilité.

2.1.4.1.3 Sections à flanc de coteau

Une section à flanc de coteau se traite comme une demi-section en remblai accolée à une demi-section en déblai.

2.1.4.1.4 Sections avec berme centrale

Les eaux d'une chaussée en pente vers la berme sont recueillies par un filet d'eau avec avaloirs et canalisations souterraines. Cette dernière solution s'impose, notamment, quand la berme centrale est surélevée et bordée par une bordure-glissière de sécurité.

2.1.4.1.5 Sections traversant les agglomérations

Dans les agglomérations, la chaussée est séparée des trottoirs par des filets d'eau reliés par des avaloirs à des collecteurs souterrains. Ces dispositifs doivent être dimensionnés pour recueillir, outre les eaux de la route, celles apportées par les aires riveraines (trottoirs, parkings, etc.), ainsi que celles des toitures dont les tuyaux de descente débouchent sur ces aires. Leur conception et leur calcul doivent donc s'intégrer dans l'étude de l'assainissement de l'agglomération elle-même. On ne perdra pas de vue, notamment, l'influence possible du développement futur de la localité sur le débit du collecteur.

2.1.4.2 Filets d'eau

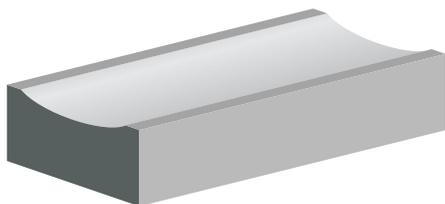


Figure 2.16 Filet d'eau en béton préfabriqué avec section circulaire

Les filets d'eau courants présentent une section d'écoulement circulaire concave, plane (avec quelques centimètres de décaissement) ou triangulaire. Dans la mesure du possible, on favorisera des sections d'écoulement en forme de cercle ou triangulaire.

Les filets d'eau sont en **béton**, en **pavages** ou, plus rarement, en **asphalte coulé** sur certaines voiries communales.

Pour tous les types de section et encore davantage pour les sections d'écoulement planes, on sera attentif au placement et à l'étanchéité du joint de bord (joint entre le filet d'eau et le revêtement). Les filets d'eau en asphalte coulé présentent moins de problème d'étanchéité. Il en est de même pour les filets d'eau en béton mis en œuvre simultanément avec la dalle de béton et constituant un seul élément monolithique (figure 2.17).



Figure 2.17 Filet d'eau en béton mis en œuvre avec la dalle

L'utilisation des bandes de contrebutage comme filet d'eau n'est pas recommandée car elles favorisent l'infiltration de l'eau dans les joints de bord du revêtement. **La bande de contrebutage n'est pas un filet d'eau.**

Il est indiqué de poser le filet d'eau et la bordure sur une même fondation.

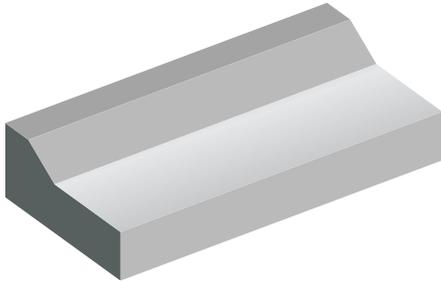


Figure 2.18 Filet d'eau et bordure avec section triangulaire en un seul élément

Les filets d'eau et bordures constitués par un seul élément présentent l'avantage d'éviter l'infiltration le long de l'arête formée par la bordure et le filet d'eau. Néanmoins, ils présentent des inconvénients:

- difficulté d'adaptation aux dénivellations locales;
- difficulté de pose;
- perturbation de l'écoulement lorsque la bordure est interrompue pour une cause quelconque.

Dans les agglomérations, on est condamné à utiliser un filet d'eau à section réduite pour éviter de réduire la largeur utile de chaussée.

Il est conseillé de donner aux filets d'eau une pente longitudinale d'au moins 1 % et une entredistance maximale de 50 m pour les avaloirs. Ces valeurs sont indicatives et restent à définir au cas par cas. Si la pente est réduite, on diminuera l'entredistance entre les avaloirs. La valeur de 0,5 % représente l'extrême limite au-dessous de laquelle il n'est plus possible d'éviter les stagnations. Quand la pente longitudinale de l'axe de la chaussée est inférieure à cette valeur, on doit s'efforcer de donner aux filets d'eau un profil en long en zig-zag présentant partout une pente suffisante. Cela est possible, notamment, lorsque les filets d'eau bordent extérieurement une bande de stationnement, dont on fera alors varier la pente transversale en conséquence. On réduit cette variation en rapprochant les avaloirs.

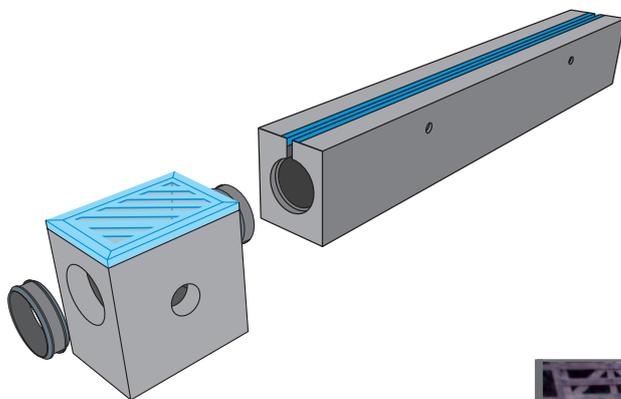


Figure 2.19 Filet d'eau plat avec caniveau à fente et avaloir adapté

Une autre solution, qui s'accommode même d'un profil en long strictement horizontal, est donnée par le caniveau à fente (§ 2.1.4.5 *Caniveaux*).

Dans tous les cas, les filets d'eau sont posés de manière à ce que leur bord se trouve à 1 ou 2 cm en contrebas de la surface du revêtement.

La figure 2.20 montre un exemple où le filet d'eau est remplacé par des pavages drainants. L'évacuation de l'eau doit être assurée par une pente transversale suffisante. Ce type de solution convient lorsque le sol en place est perméable.



Figure 2.20 Filet d'eau drainant

2.1.4.3 Avaloirs

Un avaloir est un bac en général en fonte, fermé avec un encadrement et une grille sus-jacente. Les avaloirs peuvent se réduire à de simples regards d'absorption munis de grilles qui font en même temps office de regards de visite. Les avaloirs sont soit à absorption latérale, soit à chute verticale (avaloir à grille) ou à absorption mixte par grille et gueulard.

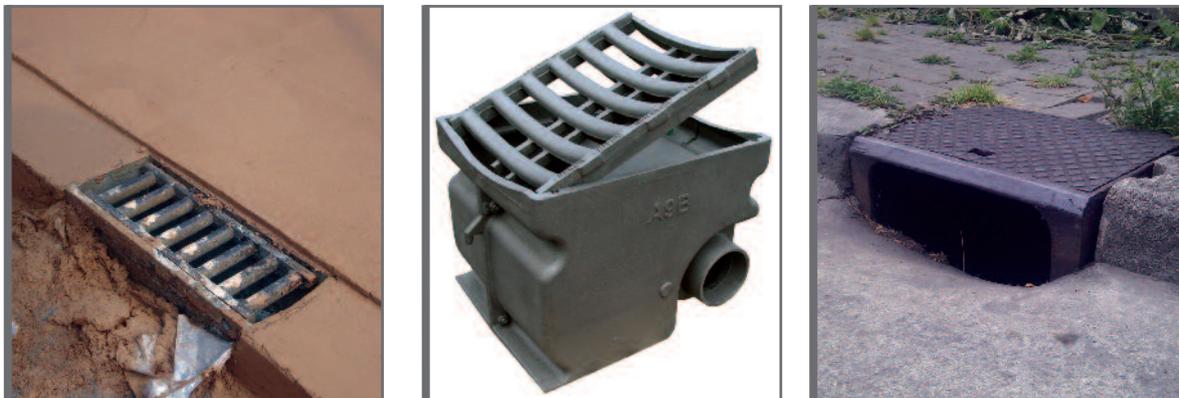


Figure 2.21 A gauche: filet d'eau avec avaloir; au milieu: avaloir avec grille arrondie; à droite: avaloir avec ouverture latérale



Figure 2.22 Exemple de stagnation d'eau à proximité d'un avaloir inefficace

Les déformations locales des filets d'eau dues au passage du trafic lourd ou l'exhaussement des grilles d'avaloirs dû au tassement de la chaussée provoquent des stagnations d'eau. Il faut prendre les mesures nécessaires en temps utile.

Il est important de placer l'avaloir dans l'axe du filet d'eau, à l'écart du passage des véhicules et en adéquation avec le profil de la route. La figure 2.22 est un contre-exemple montrant un avaloir inefficace.

Les avaloirs utilisés sont adaptés au filet d'eau choisi (par exemple, avaloir à grille plate pour filet d'eau à section plate et avaloir à barreaux arrondis pour filet d'eau à section en demi-cercle). Lorsque les avaloirs sont raccordés à des collecteurs d'eaux usées, ils doivent être pourvus d'un coupe-odeur.

Une réalisation en série des avaloirs est souhaitable. Les terrassements (minimes) sont réalisés à la main. On veillera à:

- ne pas laisser pénétrer des matériaux dans le regard en cours d'exécution ou en fin de travaux;
- protéger éventuellement l'espace réservé à la grille par un plastique jusqu'à la fin des travaux;
- bétonner les abords pour éviter ravinements et infiltrations;
- exécuter tous les raccords de terrassement et autres travaux de terrassement au fur et à mesure.

2.1.4.4 Fossés

Les fossés ont plusieurs fonctions:

- recueillir les eaux de ruissellement;
- recueillir les eaux amenées par la couche drainante (sous-fondation);
- permettre le rabattement de la nappe phréatique.

On distingue les fossés ouverts non revêtus (éventuellement gazonnés) et ouverts revêtus.

Les fossés sont aussi très utilisés durant la phase de terrassement pour assurer le drainage du chantier.

Les fossés profonds, dont la profondeur atteint au moins 50 cm et la pente longitudinale varie de 0,5 à 2,5 % (pour limiter le risque de stagnation d'eau ou les problèmes de ravinement), améliorent les conditions hydriques des sols moyennement à peu perméables se prêtant au drainage, en recueillant les eaux de ruissellement et en rabattant la nappe. Ils sont en général utilisés comme ouvrage provisoire durant les travaux de terrassement.

En général, les fossés profonds sont réalisés à la pelle mécanique. Il faut éviter de réaliser des pentes trop raides afin de garantir leur stabilité. Lorsque le sol est sensible à l'érosion, les talus peuvent être protégés par un enrochement ou un géotextile.

2.1.4.4a Fossés ouverts non revêtus

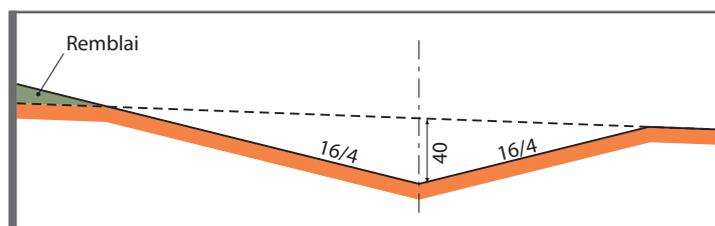


Figure 2.23 Fossé de section triangulaire non revêtu

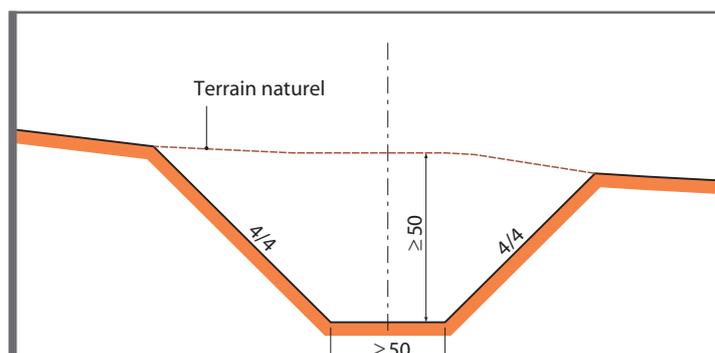


Figure 2.24 Fossé de section trapézoïdale non revêtu

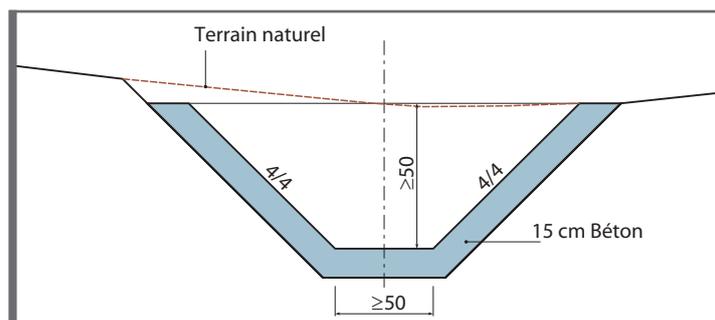


Figure 2.25 Fossé de section trapézoïdale en béton préfabriqué

Les fossés ouverts non revêtus (terre nue ou gazon) sont de section trapézoïdale ou triangulaire (figures 2.23 et 2.24).

Le **fossé ouvert non revêtu de section trapézoïdale ou triangulaire** présente de multiples avantages:

- il est peu coûteux;
- il est facile à surveiller et à entretenir;
- il est facile à revêtir ou à agrandir le cas échéant;
- il contribue à l'assainissement général de la route en captant les eaux infiltrées à son voisinage, voire en limitant l'élévation du niveau de la nappe phréatique;
- il ralentit l'eau, ce qui est favorable en cas de fortes pluies.

Il est utile de bétonner le fossé aux endroits où arrivent les canalisations latérales.

Le fossé ouvert gazonné de section triangulaire aplatie (figure 2.23), peu utilisé en Belgique, présente un danger plus réduit pour les véhicules et est plus facile à creuser et à entretenir par des moyens mécaniques. Cependant, outre son grand encombrement en largeur pour un faible débit et sa profondeur généralement insuffisante pour recueillir

lir les eaux provenant du drainage du corps de chaussée, il retient l'humidité sur une grande largeur et, de ce fait, favorise les infiltrations dans l'accotement plutôt que de drainer celui-ci. Néanmoins, dans le cas où l'infiltration dans le sol est souhaitée, ce type de dispositif peut être avantageux.

2.1.4.4b Fossés ouverts revêtus

Le **fossé ouvert revêtu, de section trapézoïdale, triangulaire ou rectangulaire** est plus coûteux mais moins encombrant et plus facile à entretenir que les fossés non revêtus. Le revêtement peut être en éléments préfabriqués de béton (figure 2.25) ou en béton coulé sur place, en perré, en pavés, en concassés avec pénétration au bitume oxydé. A l'exception du revêtement en pavés drainants, le revêtement rend le fossé peu apte à recueillir les eaux infiltrées ainsi que l'eau de la nappe; les barbacanes que l'on place parfois dans les parois et les orifices que l'on ménage dans le fond n'empêchent pas toujours l'eau de s'accumuler localement derrière la paroi du revêtement du fossé adossée aux terres.

Les fossés présentent l'avantage de fonctionner plus longtemps que les caniveaux, qui ont tendance à se boucher plus rapidement.

Ces divers types de fossés ont le défaut de présenter un danger pour les véhicules. Cela oblige à les écarter de la chaussée et, dans les sections en déblai, à écarter les pieds des talus, ce qui augmente le volume des terrassements ainsi que la largeur d'emprise.



Figure 2.26 Fossé revêtu



Figure 2.27 Fossé revêtu perméable

L'entretien permanent des fossés est primordial.

2.1.4.5 Caniveaux

Ce sont des ouvrages situés dans le terre-plein central ou en bordure d'accotement, plus spécialement en zone urbaine. Ils sont généralement construits dans des régions où les pluies sont fortes (ils peuvent alors stocker l'eau) ou dans les sections où la pente longitudinale est faible. La partie supérieure, parallèle à la surface de la chaussée est constituée d'une grille en acier ou d'une dalle à fente en béton armé. La hauteur du caniveau est fixe si la pente est suffisante, ou variable pour faciliter l'écoulement de l'eau.

En général, les caniveaux sont en béton ou en matière synthétique.

La réalisation est exécutée avant la dernière couche de la chaussée. Le terrassement sera mené avec soin et l'assise bien compactée pour éviter tout affaissement ultérieur. Le remblaiement contre les parois intervient le plus rapidement possible pour prévenir toute infiltration d'eau sous l'ouvrage et pour maintenir la portance. La pose de la grille (ou dalle) est à faire au plus vite. Une feuille plastique protégera utilement le caniveau de l'introduction accidentelle de matériaux jusqu'à la réalisation de la couche de roulement venant s'y appuyer.



Figure 2.28
Caniveau (ce type de caniveau est aussi utilisé comme réservoir tampon)



Figure 2.29
Caniveau à fente

Les caniveaux à fente (figure 2.29) pourront, par exemple, être utilisés dans des cas spéciaux tels que dans les aéroports, les tunnels, le long de barrières de sécurité ou d'autoroutes en dehors des zones boisées. L'entretien, qui doit être régulier, et l'inspection de ces caniveaux sont difficiles. Ils sont utiles pour la récupération des hydrocarbures. Ces caniveaux sont plus sensibles au colmatage (c'est pourquoi on évitera de les placer dans des zones boisées). Ils présentent l'avantage d'occuper moins d'espace que les caniveaux classiques et les véhicules peuvent rouler dessus (cet aspect peut s'avérer utile dans les tunnels où l'espace disponible est restreint).

2.1.4.6 Canalisations enterrées

La *canalisation enterrée* constituée de tuyaux circulaires en béton, grès ou matières synthétiques, a l'avantage de libérer complètement l'accotement et de pouvoir être raccordée commodément au dispositif de drainage du corps de chaussée.

Des chambres de visite, distantes de maximum 150 m pour les autoroutes et plus rapprochées pour les autres routes (peut varier selon la sinuosité de la route), doivent faciliter les inspections et débouchages éventuels, à moins que les avaloirs ne présentent des dimensions suffisantes pour ces opérations. L'ensemble constitué par la canalisation et les chambres est coûteux et il présente aussi l'inconvénient de situer l'écoulement à une profondeur qui peut être excessive par rapport au niveau de l'exutoire. Il est à proscrire dans les régions sujettes à d'intenses transports de sables par le vent, à cause du colmatage répété des avaloirs. En ce qui concerne les chambres de visite, il existe des systèmes qui, mis sous eau en permanence, permettent d'éviter l'obturation par dépôt de cristaux (p. ex. dans le cas de limons ferrugineux).

2.1.5 Principes de dimensionnement

Dans la majorité des cas, il convient d'effectuer un dimensionnement optimal des ouvrages à placer pour obtenir un drainage satisfaisant avec un minimum de risque de saturation.

Dans un premier temps, il faut définir les caractéristiques physiques du bassin versant:

- la superficie du bassin versant concerné;
- les différents coefficients de ruissellement pour chaque sous-bassin qui le compose, généralement en fonction du sol ou du type de revêtement;
- la forme et le relief du bassin versant avec la pente comme élément essentiel.

Dans un deuxième temps, il faut choisir le type de phénomène pluvieux à prendre en compte:

- la pluie en se référant généralement aux données statistiques récentes IDF de l'IRM, c'est-à-dire l'intensité, la durée et la fréquence des pluies observées;
- le temps de concentration de la pluie suivant les caractéristiques géométriques du bassin versant dépendant généralement de la pente et de la longueur du bassin versant.

L'inégale répartition de la pluie sur le bassin versant peut apporter une correction sur les résultats.

Pour des bassins versants relativement petits (superficie de l'ordre de 0,10 ha ou de longueur de moins de 200 m), on peut considérer que le débit de pointe ou de projet peut être calculé aisément par la formule:

$$Q = CAI$$

Q = débit (l/s)

C = coefficient de ruissellement pondéré (sans dimension)

I = intensité de pluie (l/s.ha)

A = superficie nette du bassin versant (ha)

Pour des bassins versants plus importants ou plus ramifiés, il convient de s'adresser à un spécialiste qui devra utiliser des moyens informatiques plus sophistiqués pour obtenir des résultats plus précis.

Après avoir déterminé les débits pour chaque point ou tronçon du bassin versant, il convient d'y associer l'ouvrage hydraulique qui est le plus à même de reprendre ce débit dans de bonnes conditions d'écoulement.

2.2 Evacuation des venues d'eau dans les talus

2.2.1 Masques poids et éperons drainants

Les masques poids et éperons drainants ont pour objectif d'intercepter l'eau dans les talus et d'agir comme massif de retenue pour la stabilité générale. Ils sont utilisés dans les déblais descendant sous le niveau de la nappe phréatique, en présence de nappes perchées ou de venues d'eau dans les talus.



Figure 2.30 Instabilité due à la nappe affleurante

Il est recommandé de construire ces dispositifs avec des empierrements grossiers de granulométrie continue, contenant peu de fines (moins de 5 %) et avec un angle de frottement interne élevé et une résistance à la fragmentation satisfaisante. La taille maximale des éléments est de 300 mm pour les masques poids. La classe granulométrique est de 20/32 pour les éperons drainants.



Figure 2.31 *Masque poids*

Le **masque poids** (figure 2.31) substitue au sol en place un massif de matériau drainant et frottant sur la partie potentiellement instable. Le masque repose sur un géotextile filtrant et renferme en pied un tuyau drainant destiné à faciliter et accélérer l'évacuation des eaux collectées. Ce tuyau doit être obstrué en amont. Dans certains cas, un géocomposite peut être utilisé à la place ou en complément du matériau drainant. Le masque peut aussi contenir des drains qui amènent les eaux récoltées au tuyau drainant ou à une tranchée drainante.



Figure 2.32 *Eperons drainants*

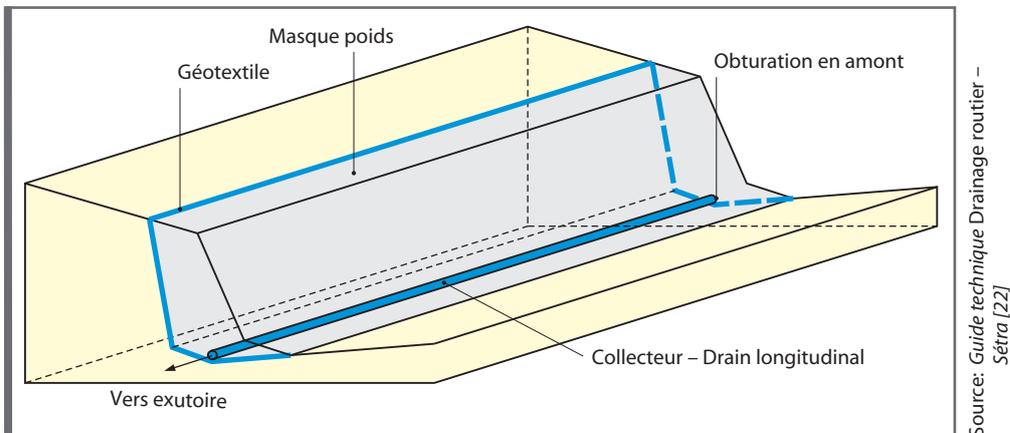
L'**éperon drainant** (figure 2.32) repose sur un principe similaire, mais la substitution est limitée en faisant uniquement des tranchées perpendiculaires à l'axe du déblai (la profondeur des éperons est plus importante que celle des masques). Ce système est préféré au masque lorsque les venues d'eau sont ponctuelles. Un éperon permet d'aller plus profondément dans le talus.

Si les débits sont exceptionnels, des dispositions particulières sont à prendre.

Ces ouvrages sont souvent réalisés dans des conditions de chantier difficiles. Pour les terrassements et la pose du massif, on utilise le plus souvent la pelle mécanique. Dans des cas limites de stabilité, il est recommandé de les réaliser par plots successifs. La régularité de la pente du tuyau drainant de collecte et d'évacuation est impérative.

Les deux dispositifs (masques et éperons) peuvent être combinés.

Les figures 2.33 et 2.34 décrivent le cas du masque poids, avec un géotextile séparant le masque du talus. Une attention particulière doit être prêtée au placement de ce géotextile. Un collecteur est placé à la base du masque afin de recueillir les eaux et les conduire vers un exutoire.



Source: Guide technique Drainage routier –
Sétra [22]

Figure 2.33 Stabilité des talus: masques poids

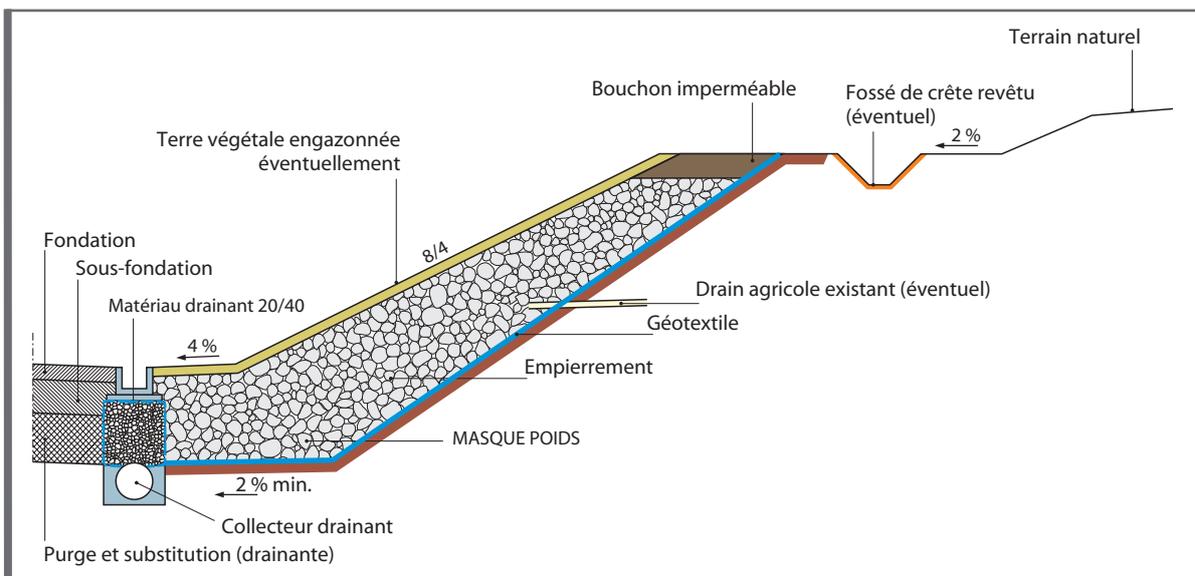


Figure 2.34 Masque poids

Les figures 2.35 et 2.36 présentent le cas de l'éperon drainant. Des drains transversaux sont prévus afin de recueillir les eaux de chaque éperon. Ils sont reliés à un collecteur longitudinal conduisant les eaux vers un exutoire.

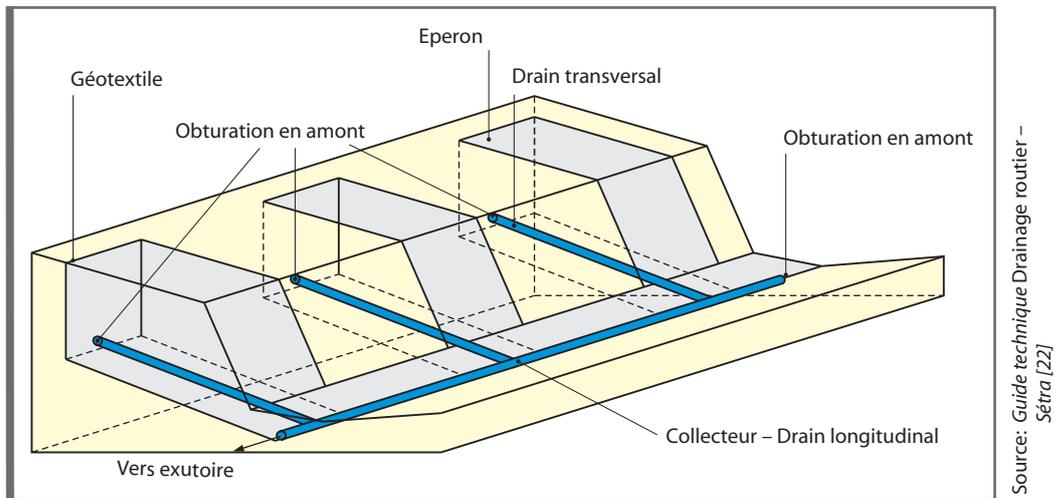


Figure 2.35 Stabilité des talus: éperons drainants

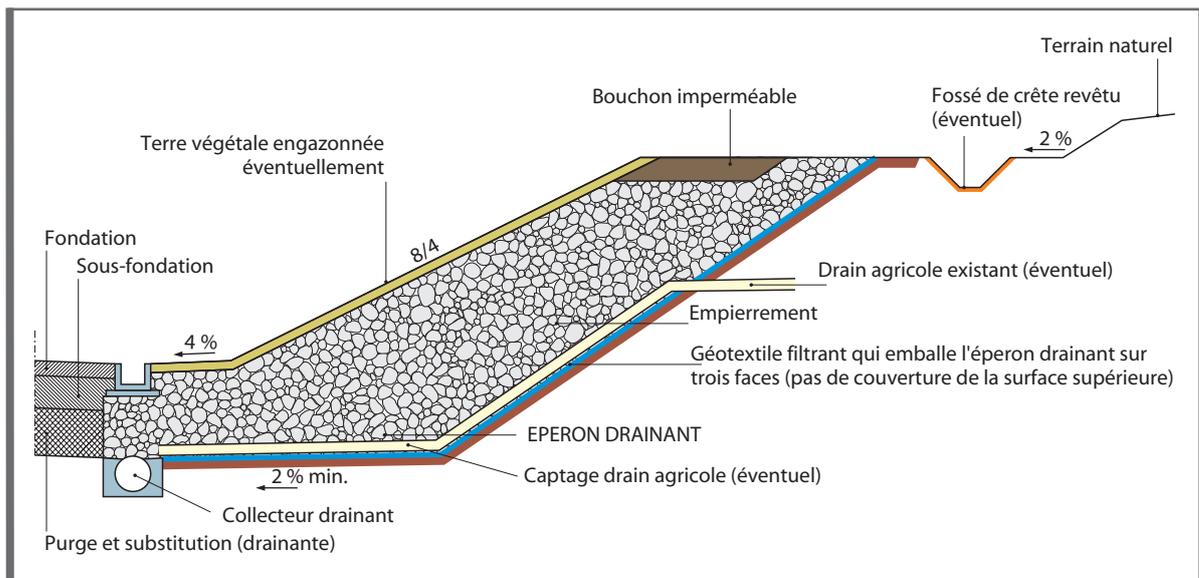


Figure 2.36 Eperon drainant

2.2.2 Systèmes de drainage profonds (versants instables)



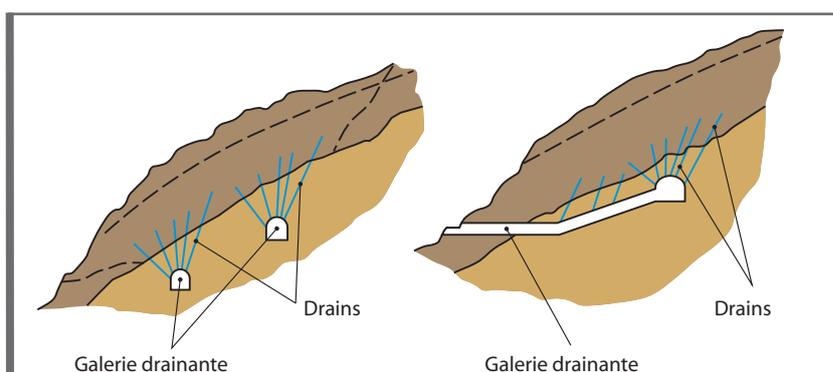
Figure 2.37 Versant instable

Des systèmes de drainage plus spécifiques (systèmes de drainage profonds) ont pour but de diminuer la pression interstitielle au sein du massif et d'améliorer ainsi la résistance des discontinuités, d'éviter les mises en charge brutales dans les discontinuités et d'abaisser le niveau de la nappe (sous la zone sensible au gel ou sous le plan de glissement). Ils sont surtout mis en œuvre dans les régions montagneuses mais constituent des solutions pour certains talus instables dans les Ardennes.

Les types de drainage profonds les plus souvent utilisés sont les drains subhorizontaux, les galeries drainantes, les tranchées drainantes, les puits drainants et les tranchées drainantes.

Les **drains subhorizontaux** sont souvent associés à des galeries drainantes ou aux puits verticaux. Ils sont disposés en éventail sur un ou plusieurs niveaux ou parallèles entre eux. Ces drains sont souvent des tubes en PVC crépinés, placés dans des forages et revêtus par un géotextile afin d'éviter le colmatage.

Les **galeries drainantes** ont des sections de 1,80 à 2 m et sont soit laissées vides, soit remplies par un matériau drainant.



Source: Interreg IIIA – Projet n° 179
RiskYdrogé – Alcotra [26]

Figure 2.38 Galeries drainantes et drains

Les **tranchées drainantes** comportent une cunette bétonnée surmontée par un système de drainage de section variable et par une structure porteuse perméable. Elles sont disposées selon la ligne de plus grande pente du versant. Différentes structures porteuses sont utilisées:

- tranchées en maçonnerie recouvertes par du sable lavé et gravier;
- tranchées en gabion revêtues par un géotextile;
- tranchées avec une cloison centrale en béton; la cloison est réalisée au centre de l'excavation tandis que les parois sont recouvertes par un géotextile.

Le matériel drainant est constitué de sable et de gravier.

Pour la tranchée en maçonnerie et en gabion, le tuyau drainant est placé au fond de l'excavation.

Les **puits drainants** peuvent servir pour le drainage des nappes phréatiques à des fins de stabilisation ou pour l'alimentation en eau potable. Ils peuvent aussi avoir une fonction de soutènement dans les interventions de confortement et de stabilisation des pentes instables.

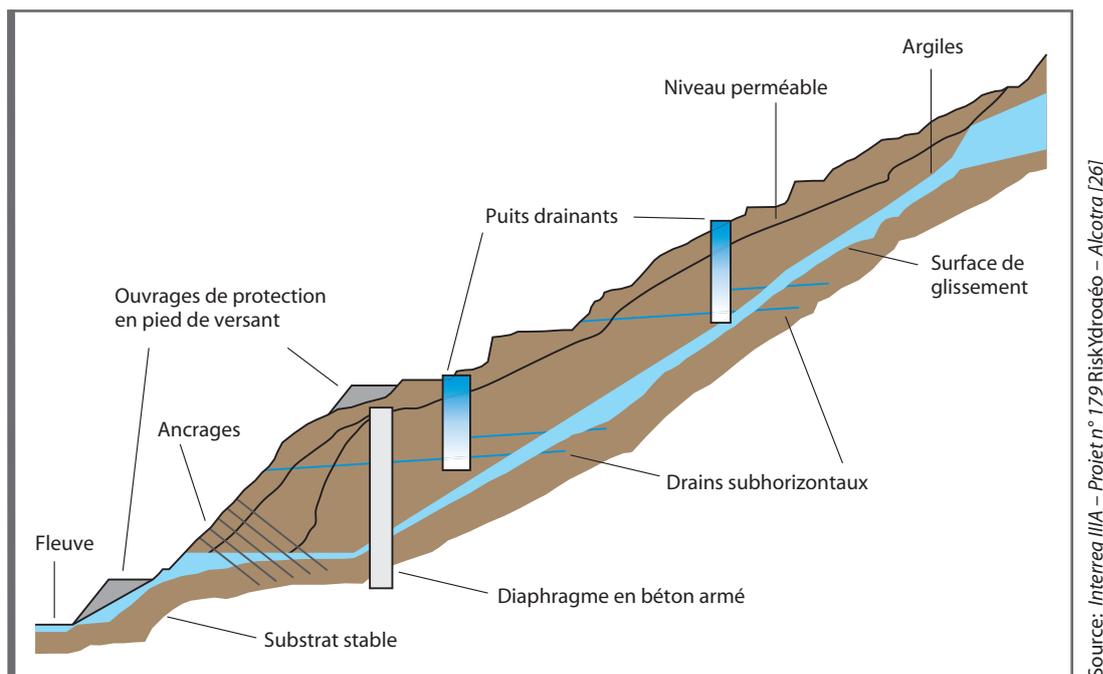


Figure 2.39 Aménagement d'une pente avec techniques de confortement et drainages profonds

2.3 Drainage du corps de chaussée

2.3.1 Introduction

Dans le cas d'un sol de fond de coffre peu perméable et/ou dans le cas d'un niveau de nappe se situant dans ou près du fond de coffre, le drainage du corps de chaussée a pour but de limiter la présence d'eau à l'intérieur du corps de chaussée en collectant et en évacuant les eaux présentes dans le sol support et la structure routière. Les eaux à drainer proviennent des infiltrations au travers de la chaussée ou des accotements, des venues d'eau latérales venant des bassins versants et des déblais, des remontées capillaires et des émergences de la nappe phréatique (niveau variable de celle-ci).

La perméabilité des couches constituant la structure routière devant être en général croissante avec la profondeur, l'eau qui s'est infiltrée ou présente dans le sol support est recueillie au niveau du fond de coffre et conduite transversalement vers les différents dispositifs d'évacuation.

Cette fonction de couche drainante est en général assurée par la sous-fondation. Au cas où la portance du fond de coffre est insuffisante, une substitution du sol par un empierrement peut remplir cette fonction.

Il est important de contrôler régulièrement l'état des exutoires (colmatage éventuel, envasement d'un fossé, dégradations mécaniques), le profil des accotements (§ 2.1.2 *Dispositions concernant les surfaces revêtues*) et la présence de fissures liées à l'effet de bord (§2.1.1 *Introduction*) localement plus prononcé du revêtement routier, indiquant une stagnation d'eau.

2.3.2 Dispositifs concernant le corps de chaussée

2.3.2.1 Couche drainante

La couche drainante a pour fonction de recueillir et d'évacuer les eaux qui ont pénétré au travers de la chaussée ou les eaux en provenance du sol support.

Les eaux peuvent être dirigées directement vers la paroi d'un talus ou d'un fossé par la couche elle-même ou par des drains transversaux d'accotement (placés de préférence en quinconce tous les 10 à 20 m).



Figure 2.40 Couche drainante

L'eau peut aussi être captée par une tranchée drainante longitudinale raccordée à des collecteurs ou par un tuyau drainant placé à l'extrémité de la couche drainante.

La couche drainante a une pente idéale de 5 % et une pente minimale de 2,5 %.

La figure 2.41 présente le cas d'une structure routière dont la couche de sol sous-jacente est perméable (perméabilité similaire au matériau constituant la sous-fondation). La nappe étant haute, la sous-fondation a pour fonction d'intercepter et d'évacuer les remontées capillaires. Lorsque le sol est suffisamment perméable, la mise en place d'un fossé ou d'une tranchée drainante n'est pas indispensable.

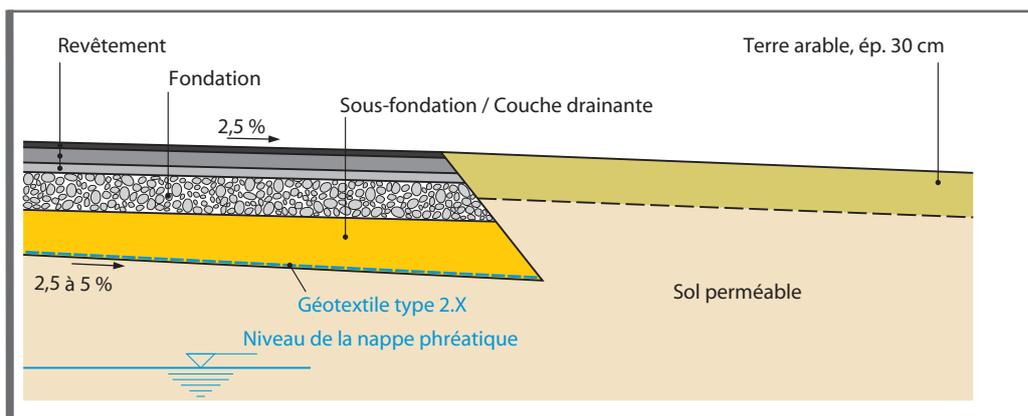


Figure 2.41 Schéma de couche drainante (cas d'un sol perméable - nappe haute)

La figure 2.42 présente le cas d'un sol peu perméable où l'eau récoltée par la couche drainante est dirigée par la couche drainante elle-même vers un fossé.

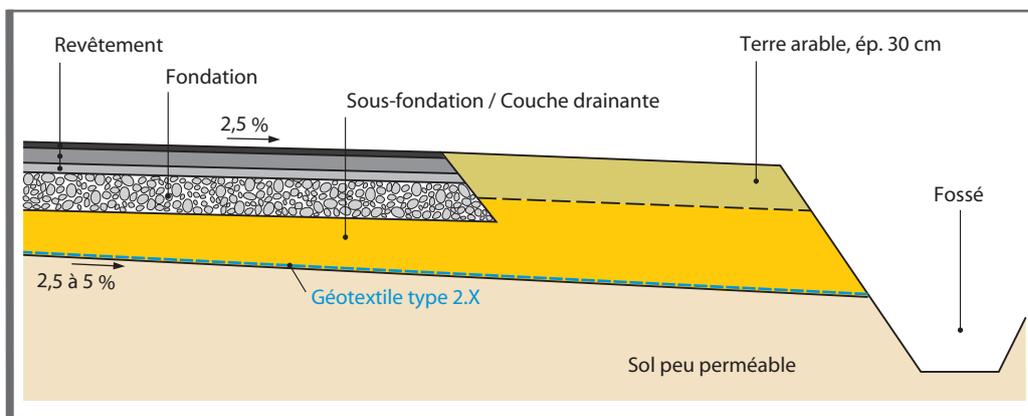


Figure 2.42 Schéma de couche drainante avec eau dirigée vers un fossé par la couche elle-même (surlargeur, sol peu perméable)

La figure 2.43 présente le cas où l'eau récoltée par la couche drainante est dirigée par un drain transversal vers le fossé.

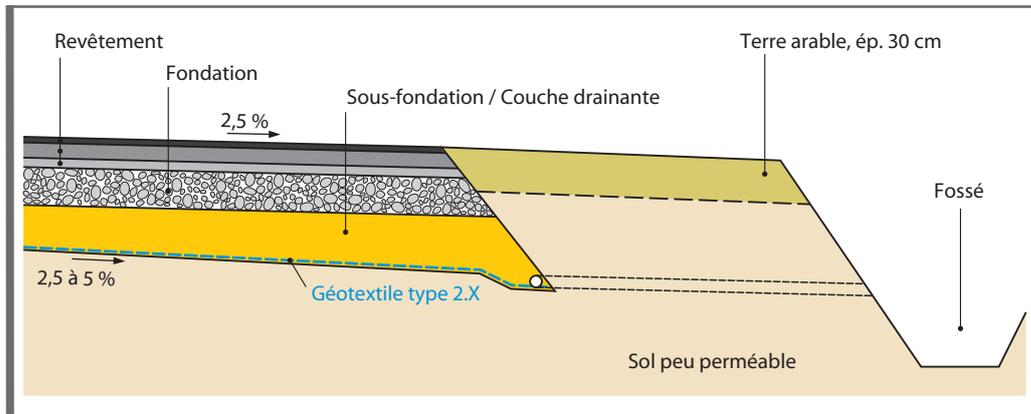


Figure 2.43 Schéma de couche drainante avec drains transversaux

La figure 2.44 présente un cas de structure sans surlargeur avec filet d'eau et une tranchée drainante. Il est recommandé d'avoir un filet d'eau à section circulaire ou triangulaire (**la bande de contrebutage ne remplace pas le filet d'eau!**), surtout pour les revêtements peu épais, à cause des risques plus importants d'infiltration d'eau dans le joint revêtement-filet d'eau/bande de contrebutage.

Les filets d'eau, bandes de contrebutage et bordures se posent de préférence sur la fondation, et au moins sur la sous-fondation (meilleure portance, meilleur compactage, etc.).

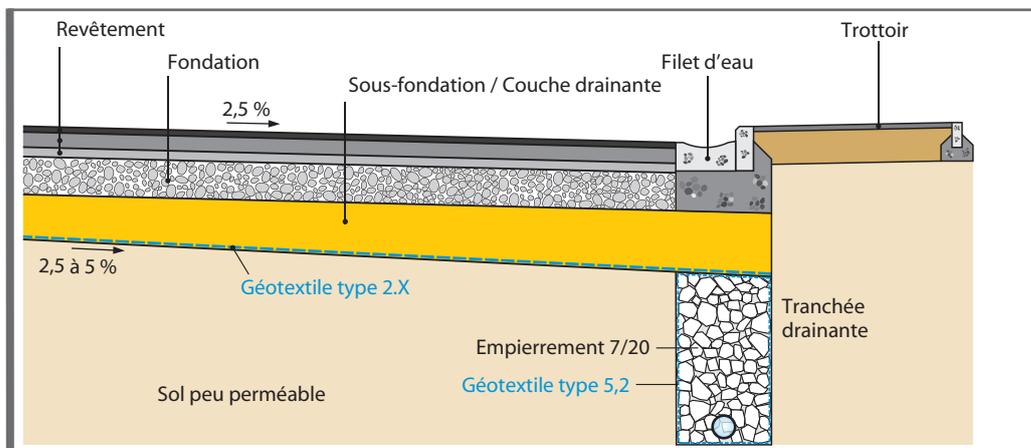


Figure 2.44 Schéma de couche drainante avec filet d'eau et tranchée drainante

La couche drainante est constituée d'un matériau granulaire perméable, non gélif et insensible à l'eau. Il s'agit d'un sable ou d'un empièrrement, ou d'un mélange des deux. La couche drainante doit être plus perméable que la couche sus-jacente. Elle ne peut être contaminée par des éléments fins. La perméabilité requise du matériau utilisé dépendra des débits d'eau à drainer (venues du bas, arrivées transversales, etc.).

Un matériau granulaire dont la perméabilité est supérieure à 10^{-5} m/s est considéré comme drainant. Dans le cas de venues d'eau limitées (p. ex. si venues uniquement par infiltration au travers des joints du revêtement et joints de bord), cette perméabilité peut être réduite à 10^{-6} m/s. Le caractère drainant du matériau granulaire est lié aux paramètres suivants:

- présence de vides pour favoriser l'écoulement (courbe granulométrique discontinue);
- propreté et limitation du pourcentage de fines pour conserver les vides (équivalent de sable (ES) élevé, bleu de méthylène (MB) limité);
- bonne résistance mécanique et peu sensible à l'usure (coefficients Los Angeles et Micro Deval limités) pour ne pas créer des fines;
- non gélif.

Dans le cas d'un sol de fond de coffre peu perméable (p. ex. limons, argiles) ou dans le cas d'un niveau de nappe phréatique dans ou très près de ce coffre, il est déconseillé d'utiliser pour la réalisation de la sous-fondation des matériaux recyclés du type maçonnerie ou mixte en raison de leur perméabilité probablement réduite et de leur gélivité plus importante. Pour les matériaux d'empierrement naturels ou recyclés en béton, il y a lieu de bien veiller à une bonne conformité avec les prescriptions techniques (% de fines, nature et qualité des fines, coefficients Los Angeles et Micro Deval, etc.) afin de s'assurer d'avoir une bonne perméabilité.

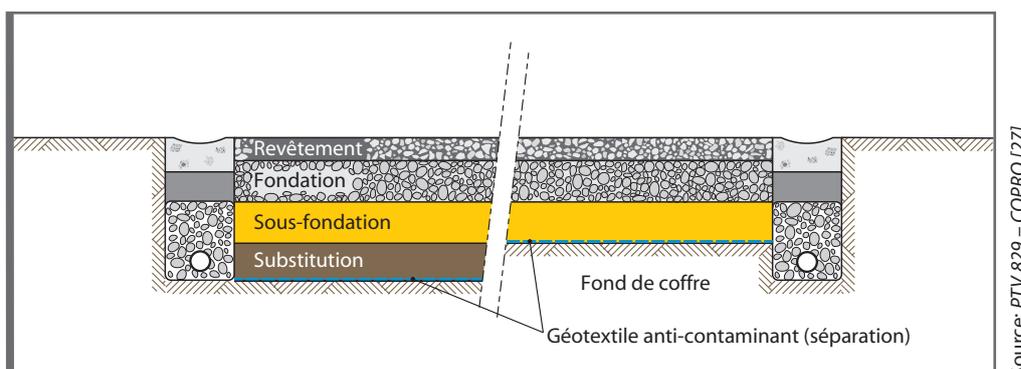
Dans le cas d'une sous-fondation en sol traité, la perméabilité croissante des couches avec la profondeur n'est plus vérifiée. La sous-fondation ne peut plus jouer le rôle de couche drainante. Dès lors, la fondation doit être non liée, bien drainée (tranchée longitudinale à prévoir) et des collecteurs sont à prévoir pour amener l'eau en zone hors-gel. L'épaisseur de la structure doit être suffisante pour éviter que le gel n'atteigne le fond de coffre.

Il est à proscrire d'utiliser une sous-fondation en sol traité dans ou à proximité de la nappe phréatique.

L'épaisseur de la couche drainante, qui doit être suffisante pour pouvoir évacuer les débits d'eau, dépend aussi de la profondeur de gel et du niveau de la nappe phréatique. Elle ne sera jamais inférieure à 20 cm.

Idéalement, son épaisseur varie dans le sens transversal puisque la pente donnée au fond de coffre est supérieure à celle de la surface de la route limitée pour les impératifs de circulation. La pente transversale du fond de coffre doit être suffisante (2,5 % à 5 %) pour permettre l'écoulement des eaux. Lorsque la pente longitudinale du fond de coffre est plus élevée, il est nécessaire d'augmenter la pente transversale du fond de coffre afin d'éviter que l'eau ne s'écoule sur un parcours trop long.

Une contamination de cette couche drainante par des particules fines peut se faire par une migration progressive vers le haut des éléments fins du sol par remontée capillaire de l'eau et sous l'effet de pompage exercé par le trafic. Cette contamination induit une perte de portance, une réduction de la perméabilité et une plus grande sensibilité au gel. Afin d'éviter la contamination de cette couche drainante par les éléments fins du sol, il convient de placer un géotextile séparant le sol du fond de coffre de la couche drainante (figure 2.45). Les ouvertures de ce géotextile dit anti-contaminant sont choisies en fonction de la granulométrie du sol: les ouvertures doivent être suffisamment petites pour ne pas laisser passer trop de particules de sol. Ce géotextile doit aussi avoir de bonnes résistances à la traction, à la perforation et à l'allongement, ceci afin d'éviter sa déchirure et tout endommagement pendant la mise en œuvre.



Source: PTV 829 – COPRO [27]

Figure 2.45 Géotextile anti-contaminant

Les exigences sont données au Tableau 2 *Exigences* dans le § 6.1 *Géotextile et produits apparentés utilisés dans la construction de routes et autres zones de circulation* des prescriptions techniques PTV 829 *Géotextiles et produits apparentés* [27]. Ce tableau reprend des exigences telles que la résistance à la traction (plus élevée si le coefficient de compressibilité M1 du fond de coffre est faible), des résistances à la perforation (statique et dynamique), l'ouverture de filtration caractéristique (O_{90}/d_{90}) et la perméabilité à l'eau.

La couche drainante est en général mise en œuvre sur un fond de coffre de portance suffisante ($M1 \geq 17$ MPa) mesuré par un essai à la plaque. Si la portance du fond de coffre est insuffisante, il y aura lieu de mettre une couche plus épaisse en combinaison avec une géogridde de renforcement placée directement sur le géotextile anti-contaminant (figure 2.46).

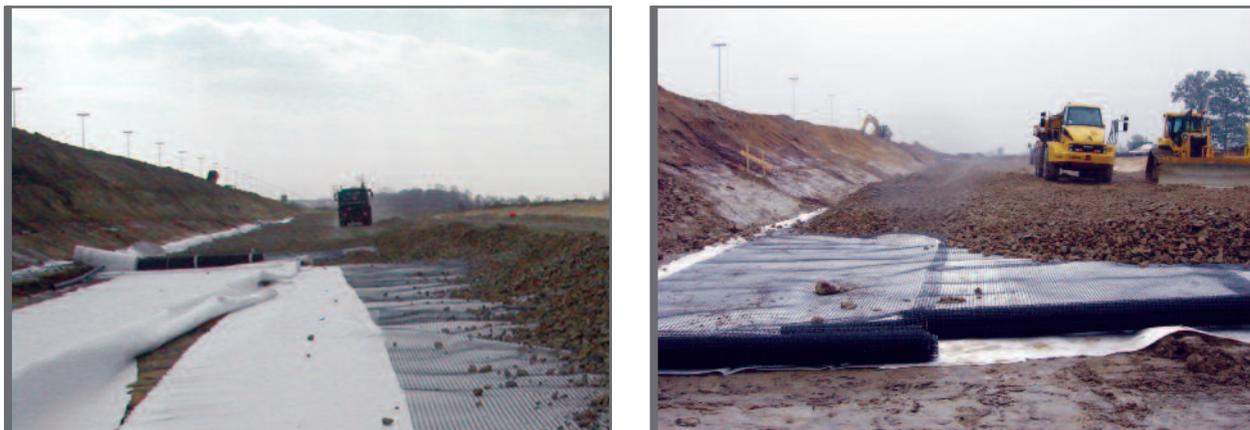


Figure 2.46 Géotextile anti-contaminant avec géogridde sus-jacente, placé sur le fond de coffre

Le matériau granulaire est mis en œuvre par des engins classiques de terrassement.

Il est primordial de ne pas établir une couche drainante avant que les tranchées ou autres systèmes d'évacuation ne soient mis en service (avec leur exutoire).

2.3.2.2 Tranchée drainante longitudinale

La tranchée drainante longitudinale a pour rôle de drainer le coffre et d'abaisser le niveau d'eau sous la structure routière. Elle conduit l'eau reçue de la couche drainante vers les collecteurs (fossés ou canalisations).

En l'absence d'une telle tranchée, des collecteurs sont à prévoir comme exutoire de la couche drainante.

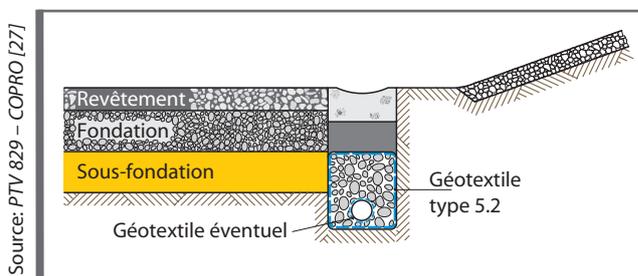


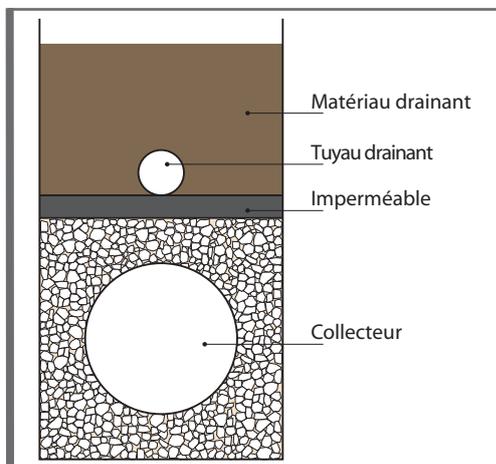
Figure 2.47 Tranchée drainante longitudinale

Un tuyau perforé ou rainuré est posé dans l'axe de la tranchée, en général sur du sable ou un empierrement. Il peut être entouré par un géotextile filtrant (figure 2.47). La tranchée drainante longitudinale est comblée par un matériau drainant (gravillons 6,3/20 ou 20/32). Afin d'éviter que les particules fines du sol environnant ne colmatent le matériau drainant ou n'obstruent les perforations du tuyau, le pourtour de la tranchée drainante est tapissé d'un géotextile filtrant. Celui-ci laissera passer l'eau à travers les ouvertures entre les fibres constituant le géotextile et retiendra les éléments de sol. Ce

type de géotextile est défini entre autres par son ouverture caractéristique O_{90} . Cette ouverture, choisie en fonction de la granulométrie du sol, doit être suffisamment petite pour ne pas laisser passer trop de particules de sol, mais suffisamment grande pour ne pas se colmater (O_{90}/d_{90} , d_{90} est une dimension caractéristique de particule du sol). Sa perméabilité à l'eau est élevée. Ce géotextile doit aussi présenter une

certaine résistance à la traction (exigence moindre que pour le géotextile anti-contaminant). Il s'agit du géotextile de type 5.2 (systèmes de drainage, fonction principale filtration) dont les caractéristiques sont données dans le document PTV 829 *Géotextiles et produits apparentés* [27] (tableau 5 *Exigences* du § 6.4 *Géotextile et produits apparentés utilisés dans les systèmes de drainage et d'infiltration*).

Le tuyau est placé sous le niveau du fond de coffre à une profondeur telle qu'il est protégé du gel.



La tranchée drainante peut être associée à un collecteur. Il convient alors d'imperméabiliser le lit de pose de la tranchée drainante (figure 2.48).

La tranchée drainante peut aussi être mise en place sans tuyau drainant. Le drainage est assuré par le matériau drainant comblant la tranchée (figure 2.49).

Figure 2.48 Tranchée drainante associée à un collecteur



Figure 2.49 Mise en place de la tranchée drainante – géotextile de filtration
A gauche: matériau drainant – A droite: tuyau rainuré

Les tranchées drainantes sont creusées le plus souvent à la pelle mécanique. Le géotextile filtrant le long des parois de la tranchée est placé de manière à ce que ses extrémités se chevauchent. Le matériau drainant comblant la tranchée est mis en œuvre avec un certain serrage (au moyen d'un godet par exemple). La perméabilité de ce matériau est supérieure à celle du matériau encaissant et de la couche drainante. Le matériau drainant est ensuite recouvert par un géotextile. La largeur des tranchées drainantes est en général de 30 cm. A la base de la tranchée, on place souvent un tuyau de diamètre 160 mm (sauf cas de débits exceptionnels - pour lesquels le diamètre sera augmenté sur base d'une étude hydrogéologique) qui repose sur du sable drainant ou un empierrement, mis en œuvre sur un fond de coffre bien réglé. Dans le Guide technique *Drainage routier* de Sétra [22], des exemples de débits sont donnés en fonction de différents paramètres dans le cas d'une chaussée.

Il est important de prendre les précautions de sécurité nécessaires lors de l'exécution des tranchées (talutage, blindage, vérification du niveau de la nappe et évolution du niveau d'eau, etc.).

Il est recommandé de réaliser le profil en long de la tranchée en pente avec un minimum de 0,5 %.

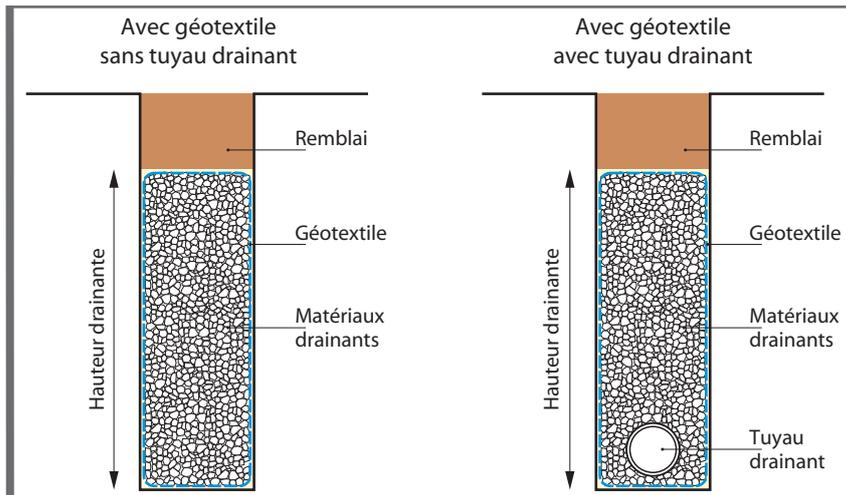


Figure 2.50 Tranchée drainante sans (à gauche) et avec tuyau drainant (à droite)

Les tranchées drainantes sont aussi utilisées en pied de talus de déblai. Elles interceptent et drainent les venues d'eau latérales et assurent le rabattement de la nappe.

Les tranchées drainantes sont aussi utilisées dans l'axe d'un terre-plein afin d'intercepter les eaux d'infiltration pour éviter les venues vers le corps de chaussée, ce qui est particulièrement utile lorsque les chaussées sont déversées vers l'intérieur.

Dans certains cas (absence d'espace, mesures provisoires, etc.), un géocomposite vertical drainant peut remplacer la tranchée drainante. Les géocomposites utilisés pour la fonction de drainage sont des structures sandwich composées de deux filtres géotextiles et d'une âme drainante contenant un volume de vides élevé. Les géocomposites minces sont utilisés en combinaison avec un tuyau drainant. Les géocomposites manufacturés ont une épaisseur de 2 à 4 cm. Ils sont en général placés en limite de l'accotement et de la chaussée. Ils peuvent aussi être posés dans l'axe d'un terre-plein central, latéralement en pied de talus de déblai, latéralement sous les bords extrêmes des couches de fondation et sous-fondation. Ils permettent de limiter les venues d'eau en provenance des accotements.



Figure 2.51 Géocomposite

Le géocomposite est mis en place par pose manuelle ou mécanisée dans une tranchée étroite dont la largeur est liée au type de pelle utilisée (30 à 50 cm). L'espace est remblayé par le matériau extrait compacté (en éliminant les éléments de grandes dimensions).

Il est à noter que le géocomposite ne peut être placé à grande profondeur (max. 1,50 m) et qu'il ne peut être utilisé pour rabattre la nappe (dans ce cas, on préférera une tranchée drainante).

Il faudra veiller à ce que le géocomposite ne se colmate pas et une vérification régulière est à prévoir (idéalement, une inspection en période de fortes pluies ou de niveau de nappe élevé – janvier à mars, et un entretien avant l'automne). L'inspection commence par une vérification des exutoires. Il est possible d'examiner localement l'état du géocomposite par endoscopie.

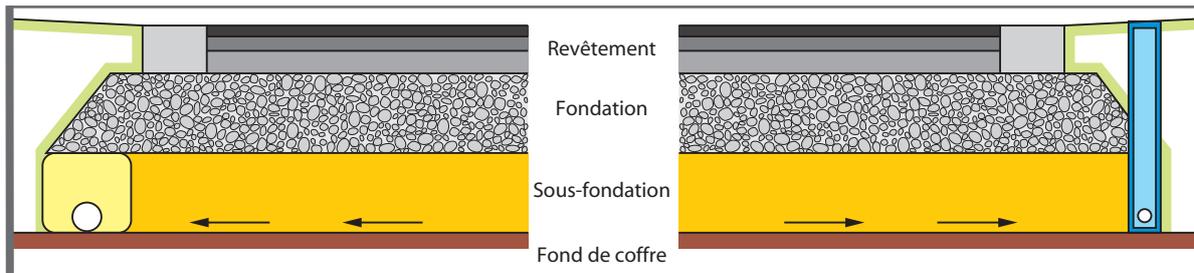


Figure 2.52 Tranchée drainante et géocomposite

2.3.2.3 Tranchée drainante transversale

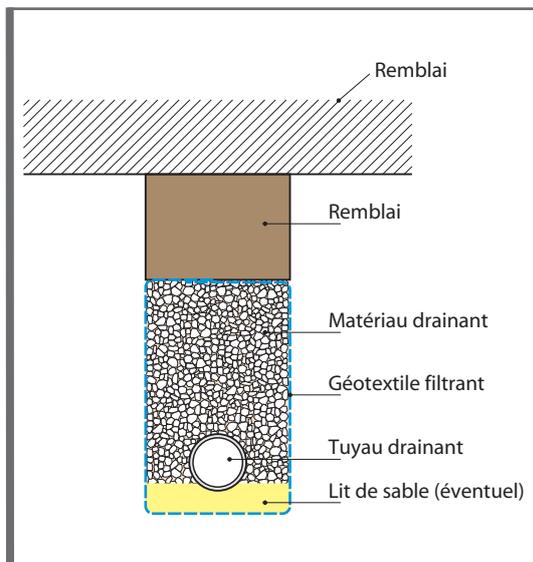


Figure 2.53 Tranchée drainante sous remblai

La tranchée drainante transversale (ou «saignée drainante») est mise en place dans des zones d'accumulation d'eau (par exemple, un point bas succédant à une pente longitudinale forte, points de passage du déblai au remblai, en assise de remblai sur zone humide ou inondée (figures 2.53 et 2.54), aux endroits des obstacles transversaux tels que les brise-vitesse, ou lorsque la pente longitudinale de la couche drainante dépasse notablement la pente transversale de la face inférieure de la couche drainante. Les recommandations pour la tranchée drainante longitudinale sont d'application (mêmes caractéristiques de matériaux et placement d'un géotextile filtrant sur le pourtour).

Néanmoins, ces tranchées, comme tout ouvrage traversant la route à faible profondeur, constituent des discontinuités dans le profil en long du fond de coffre. Si elles ne sont pas suffisamment profondes, ces discontinuités peuvent se traduire par un défaut du profil en long du revêtement ou des gonflements différentiels lorsqu'elles sont atteintes par le gel. Ce dernier phénomène ne se présente pas si la structure routière est bien dimensionnée.

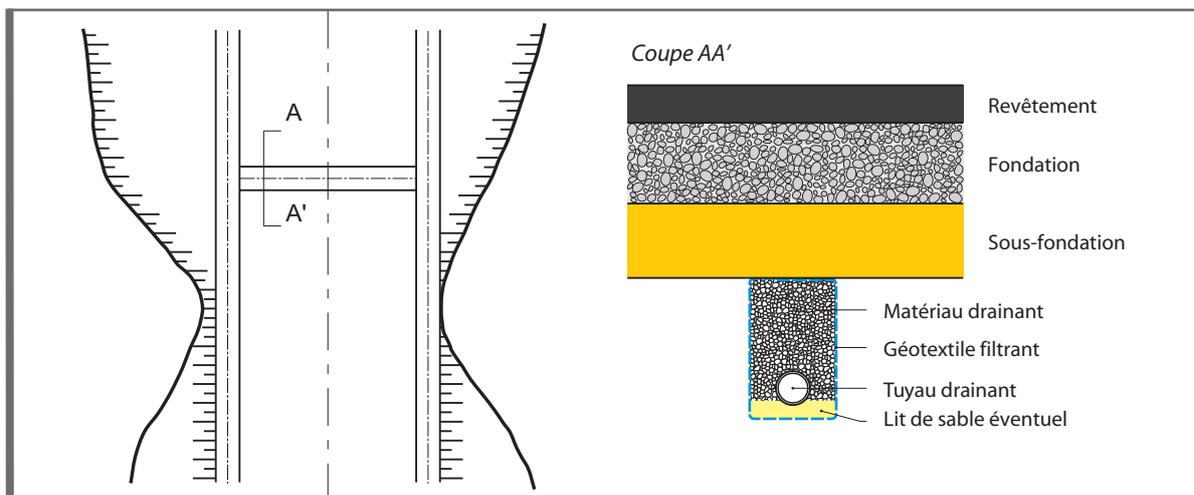


Figure 2.54 Tranchée drainante transversale en fond de coffre

2.3.2.4 Tuyaux drainants

Ces drains ou tuyaux drainants sont destinés à assurer la collecte de l'eau et à faciliter son évacuation rapide.

Ils sont en général en matières synthétiques. La collecte des eaux sur la périphérie s'effectue par des perforations dont les dimensions sont suffisamment grandes pour infiltrer l'eau mais suffisamment petites pour éviter le colmatage du tuyau.

Les tuyaux drainants sont placés avec un profil conforme à la pente requise (min. 0,5 % pour le tuyau drainant), sur une couche de gravillons (épaisseur environ 0,10 m et granularité 4/8 recommandée avec peu de fines). Ces tuyaux peuvent être entourés d'un matériau drainant (par exemple, granulats de classe 4/16 avec peu de fines), ce qui permet une percolation rapide de l'eau vers le tuyau. Le pourtour du tuyau est recouvert par un géotextile de filtration afin d'éviter le colmatage du matériau drainant ou du tuyau.

2.4 Dispositions pour le stockage d'eau

2.4.1 Introduction

Cette partie décrit les différents systèmes permettant de réguler le débit des eaux de ruissellement. On distingue les ouvrages à ciel ouvert et souterrains, avec ou sans infiltration d'eau dans le sol. Le choix du système utilisé est fonction de l'espace disponible, de l'urbanisation, des contraintes environnementales du site, du type de sol et de la pollution potentielle des eaux. Ces ouvrages assurent en général une fonction d'épuration des eaux (*Katern Afkoppelen, bufferen en infiltreren* – Vlario [28]).

2.4.2 Stockage

Le stockage des eaux de ruissellement est nécessaire afin de réguler les pointes de débits, pour éviter une surcharge du réseau de collecteurs et les inondations en aval. Le stockage des eaux est assuré par des bassins (à ciel ouvert ou souterrains) ou par d'autres dispositifs adaptés (structures en matières synthétiques avec blocs alvéolés ou colonnes) selon l'espace disponible.

2.4.3 Infiltration

L'infiltration des eaux dans le sol permet de décharger le réseau de collecteur, de réduire la taille des ouvrages de stockage et ouvrages-tampons et de limiter le risque d'inondations. Les systèmes avec infiltration d'eau dans le sol sont envisagés à condition que le sol soit suffisamment perméable, que le niveau de la nappe ne soit pas trop élevé et que les eaux ne soient pas polluées. Le site est situé en dehors des zones de captage.

On peut citer:

- les fossés en terre ou engazonnés;
- les bassins à ciel ouverts sans fond étanche;
- les ouvrages souterrains avec infiltration en éléments linéaires constitués de blocs ou de tuyaux d'infiltration;
- les ouvrages souterrains non linéaires réalisés en blocs d'infiltration.

Lorsque l'infiltration de l'eau dans le sol n'est pas souhaitable, on aura recours à des systèmes avec un fond étanche (béton, couche d'argile, etc.) au droit de fossés, des bassins ouverts ou des bassins souterrains avec structures en béton ou systèmes de blocs alvéolés entourés d'une membrane étanche.

2.4.4 Ouvrages à ciel ouvert

2.4.4.1 Ouvrages de stockage d'eau à ciel ouvert

Les bassins de stockage à ciel ouvert, bassins de retenue ou bassins d'orage sont des ouvrages à ciel ouvert intégrés dans un système d'écoulement. Ces bassins ont pour fonction principale de stocker temporairement des quantités importantes de pluies par rapport à la capacité du réseau en place et de les restituer progressivement suivant les caractéristiques spécifiques des collecteurs aval et/ou des cours d'eau, via des dispositifs de déversoir et d'ajutage.



Figure 2.55 Bassins d'orage à ciel ouvert

Ces bassins peuvent jouer un rôle relativement important au niveau de l'épuration des eaux (eaux de ruissellement des bassins versants et eaux potentiellement polluées par les infrastructures) afin d'éviter de polluer le sol, les nappes phréatiques et les cours d'eau récepteurs. Les eaux ayant ruisselé sur une plateforme ou s'étant infiltrées dans la structure routière sont souvent polluées par des métaux lourds, des hydrocarbures, des sels de déverglaçage, des matières solides et éventuellement des matières dangereuses transportées. On distingue:

- la **pollution accidentelle** (accident au cours duquel sont déversées des matières polluantes, voire dangereuses);
- la **pollution chronique** (liée au trafic et à l'infrastructure routière: revêtement, usure des pneus et des freins, essences, pots catalytiques, etc.);
- la **pollution saisonnière** (liée à la viabilité hivernale ou aux produits phytosanitaires).

Une telle construction résulte d'un compromis entre son coût et le gain économique de construire un réseau techniquement plus performant.

Ces bassins peuvent également jouer un rôle important au niveau environnemental et écologique. En effet, on peut y associer un ensemble paysager qui est généralement accompagné d'une faune et une flore (naturelle et/ou ciblée) avec de multiples effets positifs.



Figure 2.56 Exemple de bassin d'orage (ligne TGV Liège-Allemagne – viaduc de Battice)

Le bassin d'orage doit notamment permettre:

- la décantation des matières facilement décantables;
- la rétention des polluants et hydrocarbures;
- la dilution des sels;
- la rétention des polluants par les végétaux et la faune (épuration biologique);
- la régulation des débits de rejet d'eau vers le milieu naturel.

L'ensemble est de préférence conçu sous forme d'au moins deux sous-bassins. En cas d'afflux importants ou fréquents, il convient de prévoir d'abord un bassin d'amortissement en vue d'éliminer les gros déchets flottants et préparer ainsi dans de meilleures conditions la fonction dessablage qui suit. Des dispositifs de sécurité et facilitant l'entretien sont à prévoir.



Figure 2.57 Dessableur



Figure 2.58 Déshuilleur



Figure 2.59 Dégrilleur

Le **premier bassin** (dessableur, déshuilleur) remplit la fonction de dessablage (sédimentation des particules en suspension de granulométrie supérieure à 200 microns) et de déshuilage (flottaison des huiles). Un dégrilleur est prévu en entrée de bassin afin de retenir les corps flottants et les déchets grossiers divers susceptibles de perturber le bon fonctionnement des différents ouvrages hydrauliques en aval. Ces débris sont très variés, allant des branchages ou feuilles jusqu'aux récipients en plastique. L'entretien régulier des grilles est un facteur fondamental pour la pérennité des ouvrages.

Le **second bassin** (bassin de retenue), de superficie et volume plus importants, est utilisé pour le stockage des eaux (régulation des débits et amortissement des crues). Il parachève la décantation des fines, assure la dilution des sels et permet l'épuration biologique. L'épuration biologique est favorisée en prolongeant le temps de séjour des eaux dans le bassin et/ou en gardant une hauteur d'eau minimale permanente. Un régulateur de débit de sortie est prévu avant le rejet dans le milieu naturel. L'accumulation des boues et le développement de la flore dans ce bassin doivent toujours être contrôlés régulièrement afin d'éviter une accumulation excédentaire et une entrave au fonctionnement du bassin.

Pour les bassins à ciel ouvert, on favorisera:

- des berges naturelles (végétalisées);
- un fond naturel (recouvert d'une membrane étanche si l'infiltration d'eau dans le sol n'est pas souhaitée) ou un fond naturel si l'infiltration est souhaitée (§ 2.4.4.2 *Ouvrages à ciel ouvert avec infiltration*);
- une forme réduisant les zones sans mouvement d'eau;
- une intégration dans le paysage.

Afin d'éviter de transporter des débits importants sur de grandes longueurs (ce qui engendre des coûts d'investissement plus élevés), il est recommandé, dans la mesure du possible, d'implanter les bassins d'orage à proximité des bassins versants qui occasionnent ces débits. L'implantation sera aussi liée à l'urbanisation du site, la topographie, le volume d'eau à stocker et la capacité du collecteur aval principal.

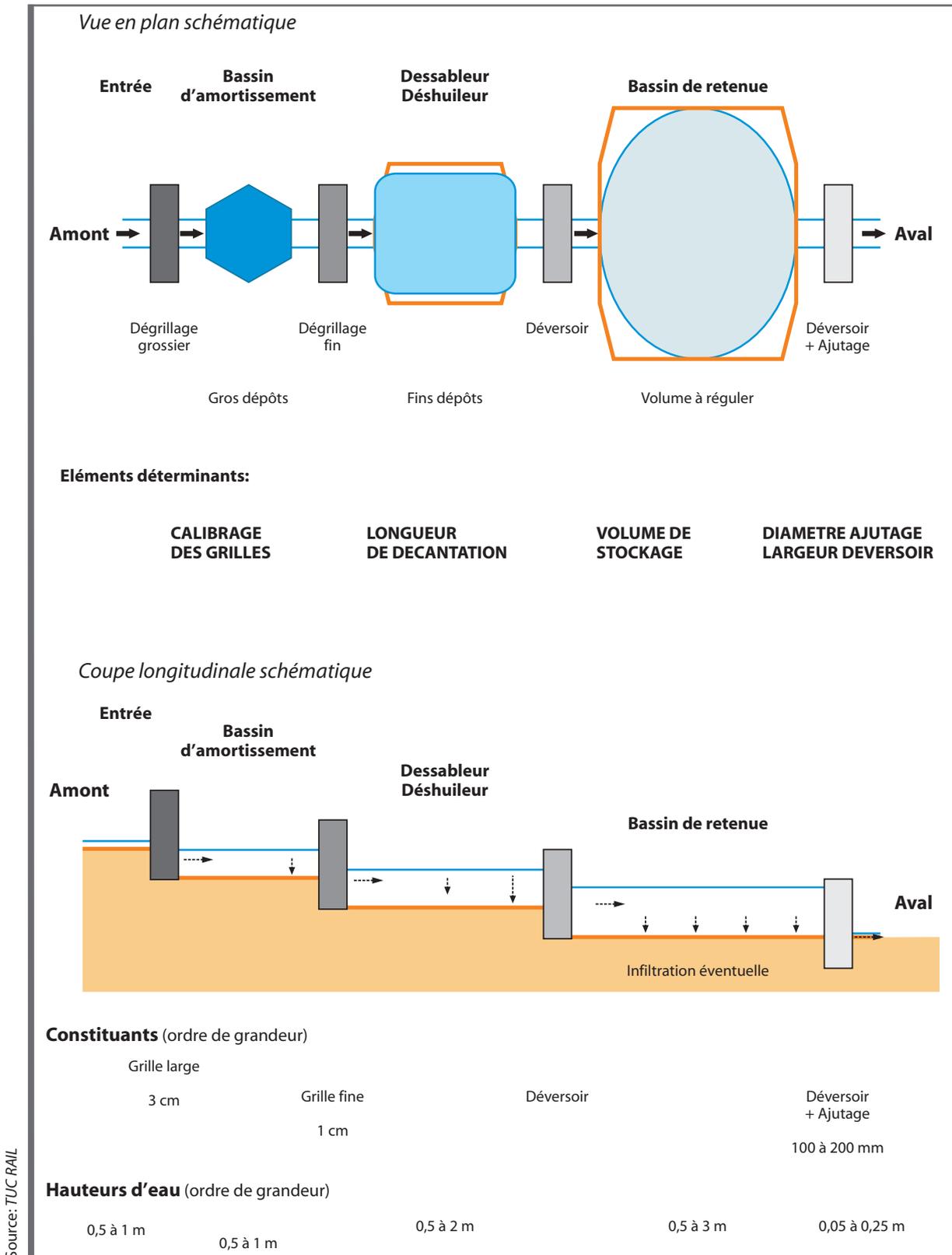


Figure 2.60 Schéma de principe des bassins à ciel ouvert

2.4.4.2 Ouvrages à ciel ouvert avec infiltration

Les ouvrages à ciel ouvert avec infiltration sont généralement utilisés dans des reliefs assez plats avec un sol perméable. On trouve notamment:

a/ **des fossés à ciel ouvert avec systèmes d'infiltration.** Ils nécessitent:

- un espace suffisant;
- un nettoyage fréquent du canal;
- des sols perméables aptes pour l'infiltration;
- une combinaison entre le transport et le stockage de l'eau;
- une prise en compte de la diffusion de la pollution sur une longue distance;

b/ **des bassins de stockage ou retenue avec infiltration.** Ces bassins sont présentés au § 2.4.4.1 *Ouvrages de stockage d'eau à ciel ouvert.* Ils nécessitent:

- un sol perméable avec des sédiments biologiquement actifs pour favoriser la dégradation des substances dissoutes;
- un séparateur (essence, huile);
- l'accessibilité pour le nettoyage;
- un contrôle régulier de l'infiltration avec entretien et/ou remplacement des couches infiltrantes du sol.

Ils constituent une solution pour les grandes surfaces pavées ou revêtues, notamment les autoroutes.

2.4.5 Ouvrages de stockage d'eau souterrains

2.4.5.1 Stockage

Dans le cas où l'on ne dispose que de peu d'espace (zones urbaines), on a recours à des bassins souterrains (visitables ou non visitables). Dans certains bassins souterrains, l'eau est maintenue en mouvement notamment par des hydro-éjecteurs afin d'éviter que les particules ne se déposent dans le fond du bassin par décantation et ne forment une couche de boue.

Dans d'autres circonstances, on a recours à des systèmes constitués de blocs ou structures en PVC. Les dispositifs d'entrée, de regard et de sortie sont à concevoir de manière à pouvoir les entretenir facilement. Il existe de nombreux systèmes en PVC (blocs, colonnes, etc.) permettant de stocker temporairement les eaux. Quelques illustrations sont données ci-après.

2.4.5.2 Ouvrages souterrains avec infiltration

Par manque d'espace ou pour des raisons de sécurité, les fossés ouverts peuvent être remplacés par des dispositifs souterrains tels que des tuyaux d'infiltration, blocs d'infiltration ou matériaux filtrants (sable, gravier ou granules d'argile expansée).

Pour les grandes surfaces pour lesquelles une solution de stockage souterrain est souhaitée, l'infiltration est favorisée dans un assemblage de blocs en matière synthétique à haute capacité de rétention ou des granules d'argile expansée entourés d'un géotextile avec éventuellement un tuyau pour le transport de l'eau.

Ces dispositifs peuvent être complétés par des espaces supplémentaires de matière filtrante.

En plus de tamponner l'eau d'infiltration dans un substrat suffisamment perméable, ces structures en assurent aussi le transport. Quelques exemples sont illustrés à la page ci-contre.



Figure 2.61 Bassin tampon rempli d'argile expansée

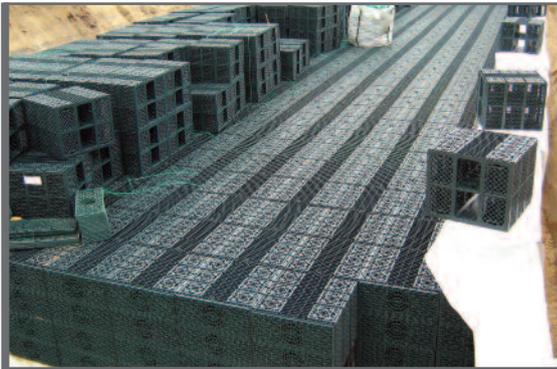


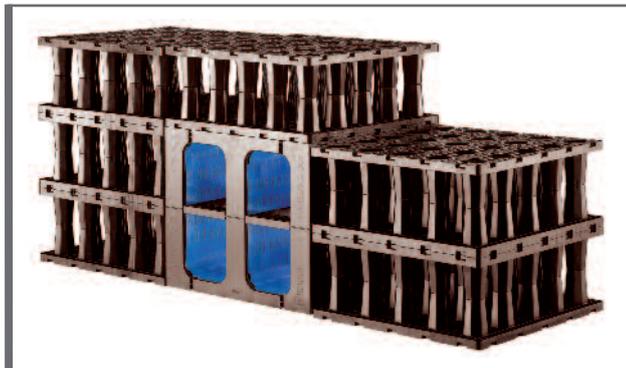
Figure 2.62 Blocs de stockage pour bassin de rétention



Figure 2.63 Blocs de stockage pour bassin de rétention



Figure 2.64 Blocs de stockage pour bassin de rétention



Chapitre 3

Recommandations pour l'exécution

3.1 Dispositions durant les travaux de terrassement

3.1.1 Introduction

Durant les travaux de terrassement, il est primordial de prendre les précautions nécessaires pour assurer un drainage provisoire des plates-formes en cours de travaux.

Une absence de drainage durant les terrassements risque de provoquer:

- une instabilité des talus de déblai ou de remblai (risque de glissement et reconstructions onéreuses);
- la saturation des sols de fonds de déblais, se traduisant par un problème de traficabilité des engins pouvant mener jusqu'à une interruption des travaux, des traitements coûteux, voire des rejets en dépôts de matériaux normalement réutilisables;
- la dégradation par érosion profonde des talus de remblai et déblai.



Figure 3.1 *Fond de coffre non protégé et non drainé*



Figure 3.2 *Fond de coffre non protégé et non drainé durant un arrêt des travaux*

Toute négligence dans ce domaine, vu notre climat, peut conduire à des retards importants dans le déroulement des travaux.

Un sol non protégé contre l'eau durant les travaux voit sa portance diminuer et cet effet est encore plus marqué pour les sols fins sensibles à l'eau (sols limoneux ou argileux, qui représentent une grande partie des sols rencontrés en Belgique).

A chaque phase des travaux, il est donc important d'assurer au maximum le maintien de la capacité portante et l'état des sols en les protégeant contre les eaux pluviales et les eaux en profondeur ainsi que contre les actions des engins. Il est indispensable de réduire la durée des périodes pendant lesquelles une partie de l'ouvrage est exposée sans protection à un risque important.

Durant les travaux de terrassement, le drainage a pour objectif:

- d'intercepter les venues d'eau;
- d'éviter les stagnations d'eau (notamment au pied des talus en remblai et déblai);
- d'empêcher la saturation des sols de fonds de déblais;
- d'assurer une portance suffisante du sol;
- d'améliorer l'état hydrique du sol;
- de permettre la circulation sur chantier;
- de garantir la stabilité des talus de déblai ou remblai;
- d'empêcher l'érosion des talus de déblai ou remblai.

3.1.2 Mesures à prendre

3.1.2.1 En déblai

- Commencer l'extraction par le point bas du profil en long.
- Fermer en fin de journée la surface de la plate-forme par un compactage sommaire en assurant une pente transversale de 4 % vers les talus.
- Phaser l'exécution des déblais en garantissant continuellement l'exutoire des eaux (extraction de l'aval vers l'amont).
- Avoir en permanence des fossés provisoires en pied de talus de déblai (avec un exutoire naturel ou des puisards permettant le pompage). Ces fossés peuvent être exécutés par le coin de la lame du bulldozer ou d'une niveleuse ou à la pelle mécanique, à l'avancement de l'extraction.

3.1.2.2 En remblai

- Fermer tous les soirs la surface de la plate-forme par un compactage sommaire, en assurant une pente transversale de 4 % vers l'extérieur afin d'éviter la stagnation des eaux et permettre l'évacuation de celles-ci sans provoquer de ravinements, glissements et affouillements.



Figure 3.3 Erosion de talus
(décrochage de terre végétale)



Figure 3.4 Travaux en zone humide –
Fossé provisoire



Figure 3.5 Erosion dans un talus
de remblai sableux

- Prévoir dès le début des travaux des fossés de pieds.
- Soigner les crêtes de talus, en évitant les chemins préférentiels d'évacuation des eaux de ruissellement le long des talus créant de profondes saignées, notamment dans des matériaux sableux.

Les venues d'eau en remblai doivent être drainées dans les cas particuliers suivants:

- zone de transition déblai-remblai (constituée en matériaux altérés souvent perméables) favorisant l'infiltration d'eau et la formation d'un piège à eau (substitution par des matériaux drainants associés à des drains reliés à un exutoire);
- résurgence d'eau en surface (à recenser par une étude géotechnique préalable);
- point bas (réalisation d'éperons drainants – tranchées drainantes transversales) ou obstacles en contact avec le remblai au droit desquels l'eau s'accumule.



Figure 3.6 Sols sensibles à l'eau – Pas de drainage

Les terrassements sont réalisés de manière à ce que les surfaces présentent des formes régulières, sans pente excessive et en évitant de créer des dépressions sans exutoire. Il est important de respecter des profils en travers et en long favorisant l'écoulement.

Pour les grands travaux de terrassement, il faut essayer de végétaliser le plus vite possible les talus en remblai et déblai (en choisissant bien le type de végétation et la période favorable à l'ensemencement et à sa croissance).

Si le sol est trop humide et/ou de portance insuffisante:

- il faut assécher le sol trop humide soit par évaporation, soit en le mélangeant avec des sols secs, ou par un traitement à la chaux (voir publication CRR *Code de bonne pratique pour le traitement des sols à la chaux et/ou aux liants hydrauliques* – R 81/10 et les quatre guides pratiques associés [4]);
- dans certains cas (sols très sensibles à l'eau), une évacuation d'eau seule reste insuffisante pour assurer une bonne portance et il faut recourir à d'autres solutions supplémentaires, comme la réalisation de pistes de chantier par l'apport de matériaux insensibles à l'eau ou par le traitement du sol en place (dans le cas où on est hors nappe phréatique), selon les possibilités.



Figure 3.7 Piste de chantier

3.1.3 Ouvrages utilisés en phase de travaux

On distingue les ouvrages provisoires et les ouvrages définitifs.

Les **ouvrages provisoires** servent à rendre accessible le chantier, à permettre la réutilisation ou l'excavation du sol. Il s'agit de:

- fossés ou tranchées drainantes rudimentaires;
- fossés provisoires profonds en bordure de plate-forme pour favoriser le drainage de l'eau libre en cas de la présence de la nappe.

Il est conseillé de prévoir des fossés longitudinaux provisoires sur la plate-forme en remblai afin de guider les eaux et éviter l'érosion de la plate-forme et des talus (figure 3.8). Des descentes d'eau provisoires sont à prévoir tous les 50 m.

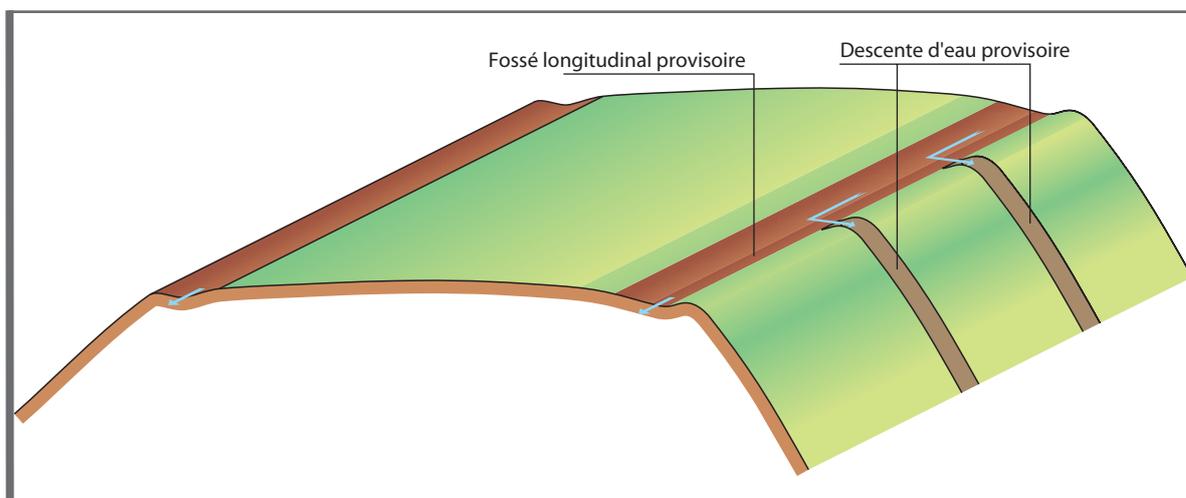


Figure 3.8 Fossés longitudinaux et descentes d'eau provisoires



Figure 3.9 Masques drainants

Les **ouvrages définitifs** utilisés sont:

- les masques (interception et évacuation de l'eau du talus) et éperons drainants (arrivée d'eau ponctuelle dans le talus de déblai). L'eau collectée est évacuée par un collecteur drainant en pied de talus relié à un exutoire. Il faut s'assurer que l'exutoire a la capacité de recueillir les débits concernés;
- la couche drainante;
- les tranchées drainantes;
- les drains subhorizontaux. Ils servent à assainir un talus de déblai s'il y a lieu d'agir plus profondément dans le talus.

Pour ces ouvrages, il est essentiel de veiller à la continuité de l'écoulement interne, de faciliter l'entretien et d'apporter un soin particulier à la conception et la réalisation des exutoires. A la fin des travaux, il faut enlever les dispositifs provisoires et vérifier l'état des dispositifs définitifs déjà réalisés pendant les travaux de terrassement.

Si un arrêt prolongé des travaux est prévu, il faut protéger les surfaces exposées aux intempéries par une émulsion bitumineuse ou une membrane plastique.

3.1.4 Nappe phréatique

La nappe phréatique doit être maintenue à au moins 1,40 m sous la surface du revêtement et il peut être nécessaire de la rabattre avant le début des travaux de terrassement en prenant les précautions nécessaires pour éviter les risques de tassement. Une autre mesure consiste à surélever la route avec un remblai.

Le rabattement de la nappe phréatique a pour effet de diminuer la pression interstitielle et donc d'induire une augmentation des contraintes effectives du sol, à l'origine des tassements. Le phénomène est plus marqué dans les sols compressibles ou les sols tourbeux. Une étude préalable est nécessaire afin de déterminer le type de sol en place, sa compressibilité, sa perméabilité, les variations saisonnières des niveaux de la nappe phréatique ou la présence éventuelle d'une nappe captive. Les tassements possibles, ainsi que la zone d'influence du rabattement, sont à évaluer avant la mise en œuvre sur base de cette étude préalable.

Les dispositifs souvent adoptés pour rabattre la nappe sont les fossés profonds, la tranchée drainante ou collecteur drainant profonds et surtout des puits filtrants (terrassements profonds) ou cannes filtrantes (terrassements peu profonds). Leur efficacité dépend de la nature du sol et de sa perméabilité.

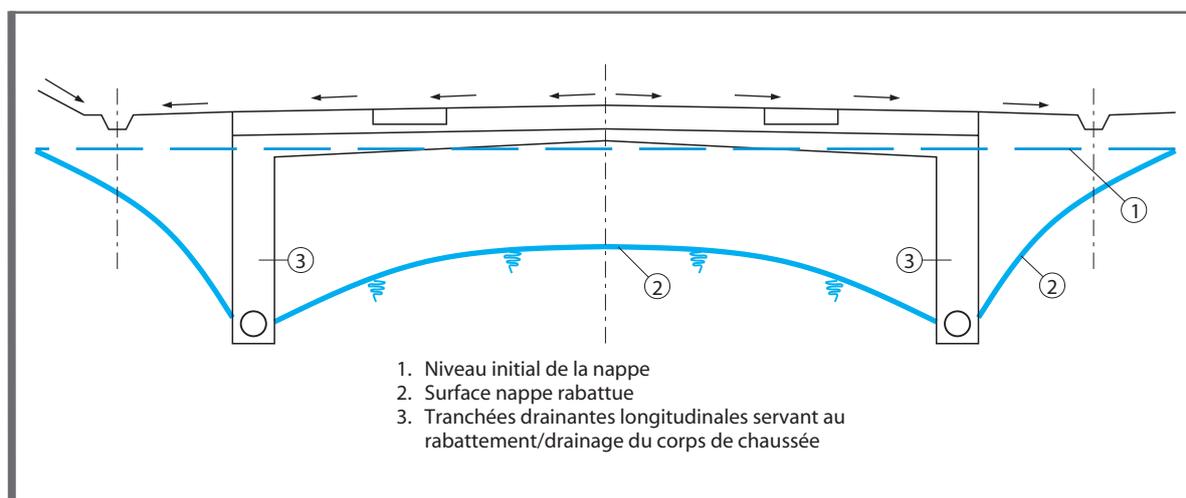


Figure 3.10 Rabattement de la nappe phréatique – Schéma de principe

Des mesures peuvent être prises afin de limiter l'effet du rabattement sur l'environnement:

- mise en place d'écrans étanches limitant l'étendue du rabattement;
- couches horizontales imperméables (naturelles ou artificielles);
- réalimentation de la nappe;
- limitation de la durée du rabattement.

Une visualisation du rabattement sera réalisée en mesurant les niveaux d'eau et les débits; les mesures nécessaires seront prises en cas de dépassement des valeurs acceptables.

Des informations supplémentaires sont décrites dans la publication *Conception et réalisation des rabattements – Directives belges* du Centre Scientifique et Technique de la Construction (CSTC) (en préparation au moment de la mise sous presse du présent code de bonne pratique) [29].

3.2 Mise en place des géosynthétiques

Le fond de coffre, nivelé et éventuellement compacté, est recouvert d'un géotextile anti-contaminant parfois surmonté d'une géogridde de renforcement. Le choix des caractéristiques du géotextile est réalisé en fonction de la nature du sol et du type de matériau constituant la couche drainante (voir la prescription technique PTV 829 *Géotextiles et produits apparentés* [27] pour les prescriptions, ainsi que le § 2.3.2.1 *Couche drainante* du présent code de bonne pratique).

Le géotextile est placé en bandes longitudinales sur le fond de coffre par déroulement avec un chevauchement suffisant de minimum 0,50 m dans le sens transversal et de minimum 1 m dans le sens longitudinal (PTV 829 [27]). Il faut toujours placer le début d'un rouleau de géotextile sous la fin du rouleau précédent.

Il est interdit de rouler sur le géotextile avant d'avoir déversé le matériau granulaire.

L'empierrement ne peut jamais être déversé directement sur le géotextile afin d'éviter l'endommagement de celui-ci. Il doit être déversé sur l'empierrement déjà mis en œuvre sur une épaisseur de minimum 20 cm. Ensuite, l'empierrement déversé est poussé et régalié sur le géotextile par un bulldozer (figure 3.11).

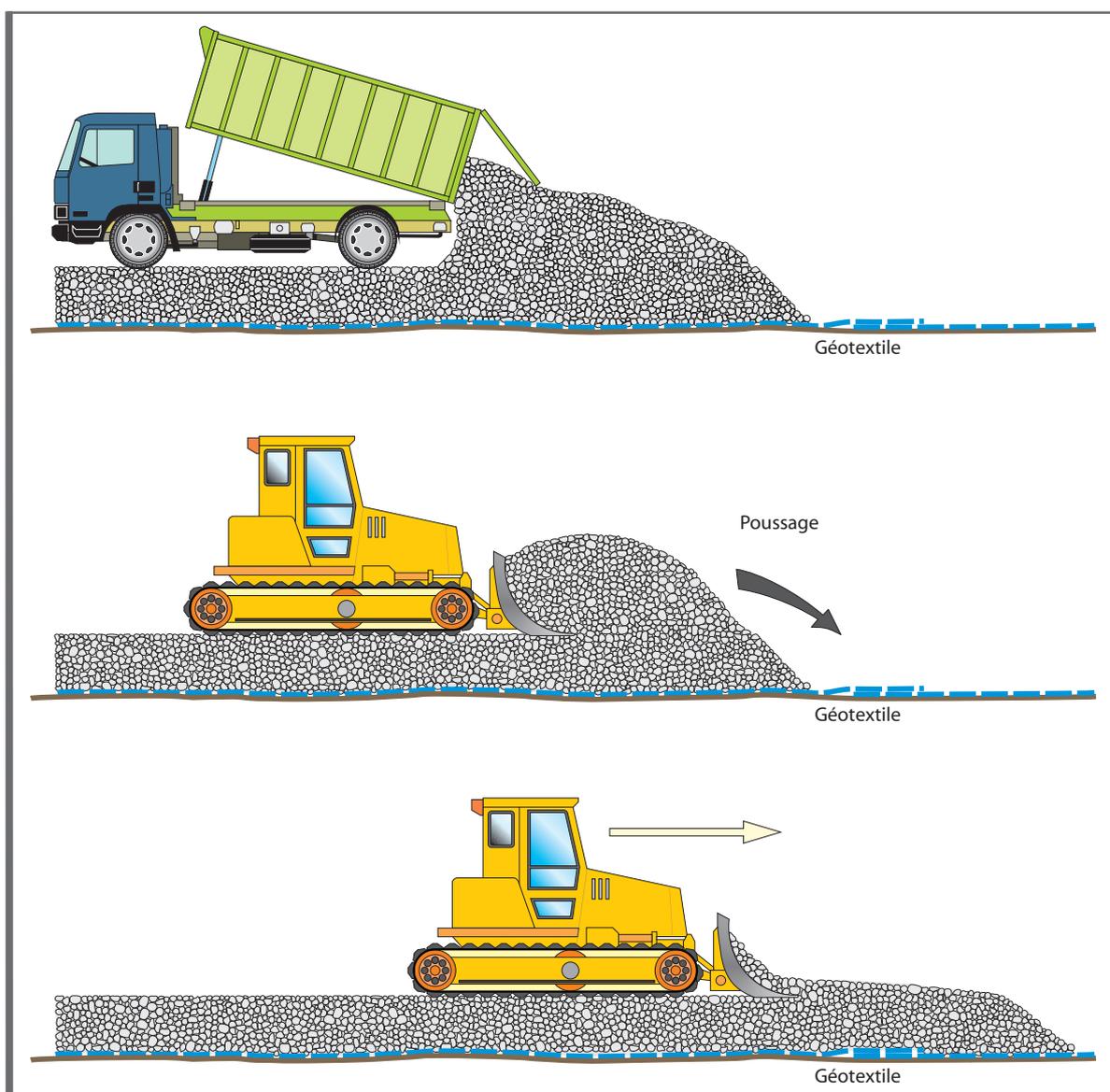


Figure 3.11 Mise en œuvre de l'empierrement sur un géotextile

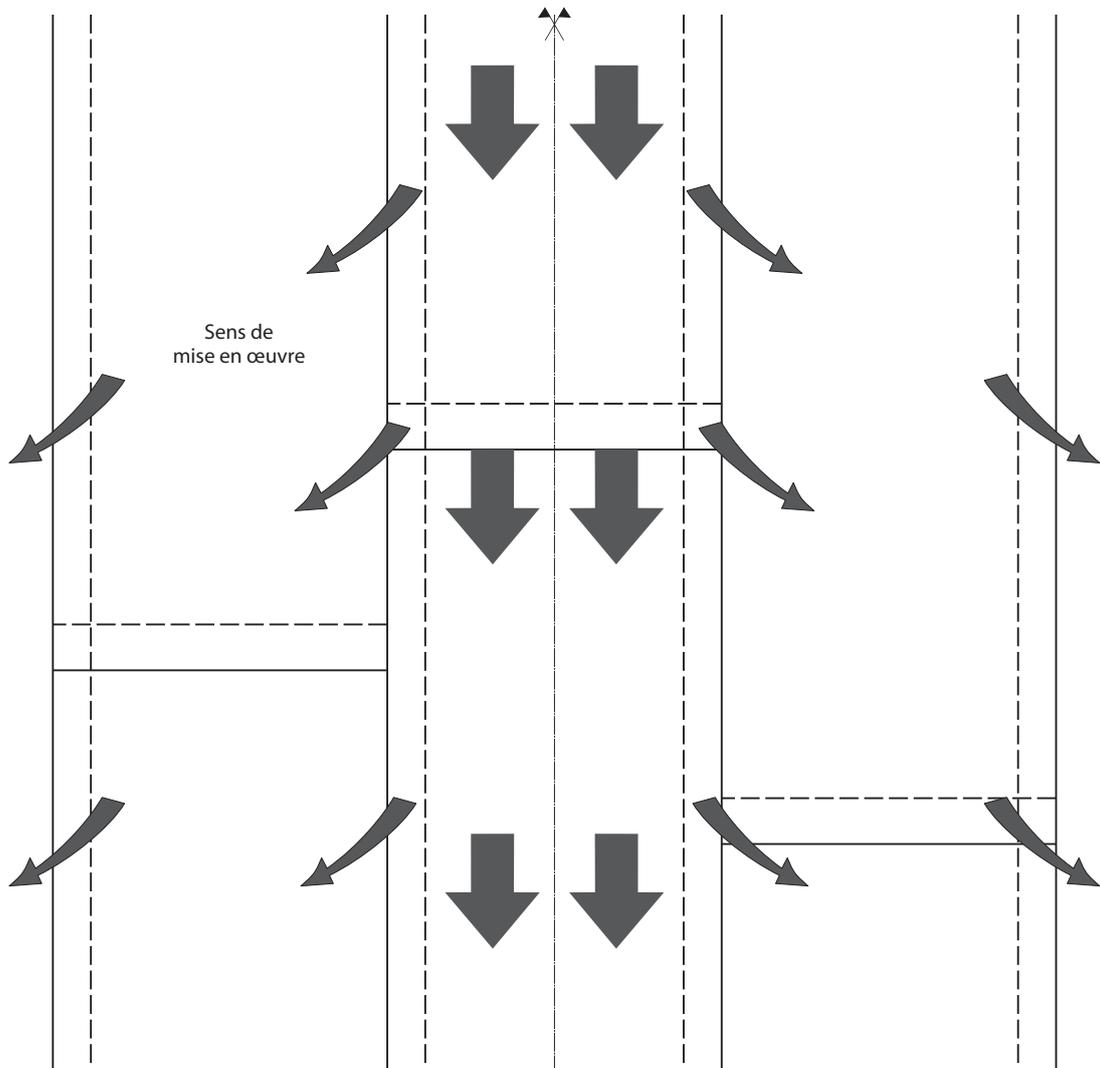


Figure 3.12 Renforcement du fond de coffre par un géotextile et une géogrille. Réalisation par phases: d'abord mise en œuvre sur largeur limitée et en épaisseur plus importante.

La mise en œuvre est réalisée à l'avancement: les camions approvisionnant les empierrements, le bulldozer et le compacteur roulent sur la partie déjà mise en œuvre.

Dans le cas où le sol de fond de coffre est peu porteur, il peut être envisageable de procéder aux travaux par passes limitées de, par exemple, 50 m:

- déblaiement du sol de fond de coffre sur 50 m;
- transport de celui-ci en roulant sur l'empierrement déjà mis en œuvre;
- déroulement des géotextiles sur 50 m;
- mise en œuvre de l'empierrement sur 50 m;
- répétition de cette séquence.

Pour des routes ou des surfaces assez larges, il peut être intéressant de réaliser la plate-forme en premier lieu sur une largeur limitée et avec une épaisseur plus importante afin de permettre le transport des sols déblayés sans devoir travailler par passes limitées.

Dans les deux cas, il faut prêter une attention particulière à la bonne réalisation des recouvrements entre les bandes de géotextiles et de géogrilles.

Chapitre 4

Recommandations pour l'entretien

4.1 Introduction

Ce chapitre décrit les dispositions à prendre pour l'entretien de la structure routière permettant d'éviter toute infiltration non désirée d'eau dans le corps de chaussée (ou en son bord longitudinal, constituant un endroit fragile), ainsi que les mesures à prendre pour assurer le bon fonctionnement des dispositifs de collecte et d'évacuation de l'eau vers son exutoire.

4.2 Revêtements

4.2.1 Revêtements en béton

Les possibilités d'infiltration d'eau dans les revêtements en béton de ciment sont liées à la présence de fissures et de joints mal scellés. Le béton a une densité telle qu'il peut être considéré comme imperméable s'il est mis en œuvre sur une épaisseur suffisante. Les différents types de joints sont décrits au § 2.1.2.1 *Réduction des infiltrations*.

Le risque d'infiltration d'eau est très grand si les joints ne sont pas scellés ou si le produit de scellement s'est fissuré, détaché ou complètement enlevé du joint. Les causes probables sont les suivantes:

- mauvaise qualité ou efficacité limitée du produit de scellement de joints;
- mouvements des joints trop importants;
- mouvements de la dalle de béton;
- forme inadaptée de l'ouverture du joint;
- expulsion du matériau de scellement sous l'effet du trafic (le plus souvent par temps chaud et espace d'expansion insuffisant pour le joint).

Des mesures doivent être prises pour éviter des mouvements verticaux au droit du joint (pompage) afin d'assurer la stabilité des dalles. Ces mouvements accélèrent, en effet, le décollement des matières de scellement.

La stabilisation des dalles de béton peut se faire de différentes manières. Le choix de la méthode dépend de la situation:

- **peu ou pas de fissuration:** injection (remplissage des vides sous les dalles de béton instables);
- **degré de fissuration important:** fracturation des dalles de béton instables, pose d'une interface antifissure (pour lutter contre la fissuration par réflexion) avec recouvrement bitumineux;
- **transfert de charge problématique aux joints:** goujonnage.

Le contrôle visuel de l'état des joints et de leur étanchéité est primordial. Celui-ci doit être réalisé régulièrement, la fréquence (au moins une fois tous les trois ans) étant fonction de la nature du joint utilisé et de l'intensité du trafic. Une attention particulière doit être apportée aux joints de dilatation et aux joints longitudinaux.

L'entretien a pour but de maintenir l'étanchéité des joints. Ils doivent régulièrement être vidés complètement et à nouveau remplis de masse de scellement ou d'une masse mono- ou bicomposante.

Les fissures éventuelles doivent également être rendues étanches dès qu'elles risquent de créer une instabilité à leurs aplombs (liée à leurs ouvertures et au trafic). La réparation consiste à sceller les fissures de la même manière que les joints, après avoir réalisé une gorge de scellement.

4.2.2 Revêtements bitumineux

4.2.2.1 Revêtements bitumineux fermés

Les revêtements fermés (§ 2.1.2.1 *Réduction des infiltrations*) ne laissent pratiquement pas passer d'eau. Les infiltrations d'eau éventuelles sont principalement localisées aux joints et fissures.

Il est très important de maintenir l'étanchéité des joints en intervenant en temps utile, c.-à.-d. lorsque les entrées d'eau dans le revêtement sont encore minimales et les conséquences de ces phénomènes limitées. Une inspection périodique des voiries est donc nécessaire. Celle-ci servira également à la détection d'éventuelles fissures dans le revêtement.

On distingue deux types principaux de réparations en fonction de la configuration des joints et fissures et de leur largeur.

4.2.2.1.1 Réparation de fissures isolées et de joints ouverts

Les fissures isolées ou joints d'une largeur inférieure à 5 mm après nettoyage par soufflage sont remplis avec une émulsion cationique de bitume puis recouverts d'émulsion cationique et de gravillons concassés fins.

Les fissures ou joints entre 5 mm et 25 mm de largeur après nettoyage sont d'abord élargis par fraisage pour avoir une gorge d'au moins 20 mm de largeur et 40 mm de profondeur. Puis, cette gorge est remplie à l'aide d'un produit de scellement à chaud ou à froid.

Les fissures ou joints d'une largeur supérieure à 25 mm sont remplis au moyen d'asphalte coulé.

4.2.2.1.2 Réparation de fissures multiples

Une configuration de fissures multiples, de largeurs inférieures à 5 mm sur une zone de $\pm 0,5$ m de large est réparée en posant un MBCF 0/2, un enduit superficiel ou éventuellement un asphalte coulé sur une largeur limitée.

Au cas où les fissures sont supérieures à 5 mm sur une zone de $\pm 0,5$ m de large, on fraisera la couche de roulement sur la totalité de son épaisseur et on posera un nouveau revêtement à cet emplacement.

Pour plus de détails concernant ces méthodes de réparation des enrobés, nous référons à la littérature concernant ceux-ci (entre autres, la publication CRR *Code de bonne pratique pour les enduits superficiels* – R71/01 [30]) et les cahiers des charges types existant en Belgique qui décrivent le mode opératoire et les matériaux utilisés [31, 32, 33].

4.2.2.2 Revêtements bitumineux ouverts ou semi-ouverts

Comme déjà évoqué, la couche de roulement d'un revêtement ouvert laisse passer l'eau de manière uniforme sur toute sa surface. Les joints des sous-couches ne peuvent pas être contrôlés ou réparés a posteriori sans démonter la couche drainante en surface.

4.3 Bords de chaussée

4.3.1 Introduction

Les chaussées sont pratiquement toutes bordées par une ou plusieurs bandes revêtues, filets d'eau, bandes de contrebutage, de stationnement, etc. Il existe donc toujours un joint longitudinal de discontinuité au bord de la chaussée.

A cause des différences de constitution, de résistances et de sollicitations par le trafic des zones de contact, le maintien de l'étanchéité du joint de bord est difficile, mais reste important à assurer. Il est important d'y réduire les infiltrations en y supprimant toute entrave à l'écoulement et en obturant le joint le mieux possible.

Les entraves à l'écoulement sont provoquées par:

- l'exhaussement des accotements gazonnés;
- l'accumulation de neige et de glace sur l'accotement ou la bande latérale revêtue lorsque la chaussée est débarrassée de la neige;
- la formation d'ornières dans les revêtements bitumineux sur les bandes latérales en bordure de chaussée;
- l'affaissement local du revêtement (mauvais remblaiement d'une tranchée, fuite d'eau, etc.).

4.3.2 Joints en bordure de chaussée

4.3.2.1 Revêtements en béton

Si la bande latérale est également en béton de ciment, l'entretien du joint au bord de la chaussée ne diffère pas de celui des joints longitudinaux dans les revêtements en béton de ciment.

Note

L'entretien des bords des revêtements en béton est essentiel, mais la meilleure façon reste de prévenir tout problème. Ainsi, il est fortement recommandé, à la conception d'une chaussée en béton de ciment, de prévoir une surlargeur évitant toute circulation au bord de la chaussée et diminuant ainsi fortement les sollicitations et les mouvements qui y sont associés.

4.3.2.2 Revêtements bitumineux

Ces chaussées sont le plus souvent contrebutées par des éléments linéaires en béton de ciment.

En cas d'endommagement du joint de bord entre le revêtement bitumineux et le béton de ciment (bande latérale, piste cyclable) ou un élément linéaire en béton de ciment (bande de contrebutage ou filet d'eau), le joint est nettoyé et rempli par une masse de scellement, une bande bitumineuse préformée, un joint préformé ou un joint extrudé à chaud.

4.3.2.3 Cas particuliers

Si l'infiltration le long du bord se montre très néfaste et que l'entretien courant ne suffit pas à y parer, il faut envisager d'établir une tranchée drainante en bordure de la chaussée et lui trouver des exutoires convenables.

4.4 Système de collecte des eaux superficielles



Figure 4.1 Fossé partiellement comblé

Il est important de vérifier:

- le bon écoulement de l'eau dans les fossés ou dans les caniveaux ou descentes d'eau après une période pluvieuse et son évacuation (vérification du niveau du fil d'eau des fossés par rapport aux exutoires du dispositif de drainage);
- l'absence de coulées de boues au sein de l'écoulement.

4.4.1 Fossés

L'entretien permanent des fossés est primordial.

Pour les **fossés non revêtus**, il faut y maintenir un tapis végétal, mais il est néanmoins important de faucher régulièrement la végétation et de procéder à un curage.

Pour les **fossés revêtus**, la végétation se développe surtout dans les joints et sur les dépôts terreux. Des désherbages et des curages fréquents accompagnés de réfections éventuelles des joints sont nécessaires. La fréquence des interventions doit être accrue au printemps et plus encore à l'automne. La végétation perturbe non seulement l'écoulement des eaux mais endommage aussi les joints.

4.4.2 Avaloirs et filets d'eau

Il est important de veiller à la propreté des joints (éviter le développement de la végétation), de nettoyer les dépôts terreux dans les filets d'eau et d'empêcher l'engorgement des grilles d'avaloirs par des débris ou l'obstruction des siphons. Il faut évacuer les débris accumulés.

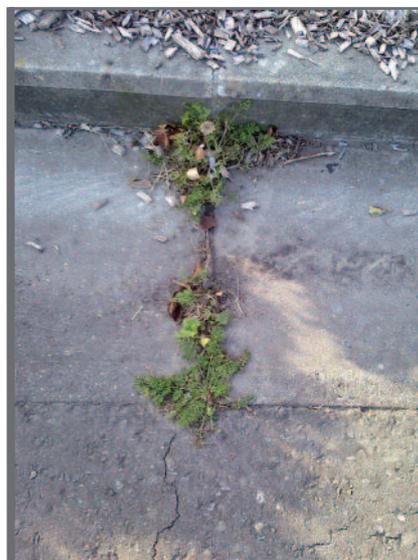


Figure 4.2 Avaloir (à gauche) et joint (à droite) mal entretenus



Figure 4.3 Filets d'eau mal entretenus

4.4.3 Canalisations

Des particules fines et des sables, entraînés par les eaux de ruissellement se déposent dans les canalisations. Les pluies intenses n'ont pas la durée ou la fréquence suffisante que pour assurer l'auto-curage complet des canalisations. Il subsiste donc un risque d'envasement de celles-ci, provoquant une réduction de la section d'écoulement, voire une obstruction de la canalisation.

Il est donc primordial d'inspecter régulièrement les regards de visite et de procéder à un curage des canalisations rapidement lorsque cela s'avère nécessaire.

4.4.4 Accotements

L'entretien des **accotements revêtus** ne diffère pas de celui des revêtements de même nature.

L'entretien des **accotements gazonnés**, dont le niveau a tendance à s'exhausser, exige un reprofilage périodique afin d'éviter une stagnation d'eau en bord de chaussée. La végétation doit être maintenue (permettant de limiter les différences de teneur en eau sous la chaussée et sous l'accotement et ainsi limiter les effets de bord), mais son épaisseur doit rester limitée autant que possible. Il est important de combler les ornières éventuelles apparaissant dans ces accotements car celles-ci entravent le drainage latéral du corps de chaussée.

4.5 Système de drainage

4.5.1 Tranchée longitudinale

Dans le cas où les tranchées drainantes sont mises en place avant les terrassements, il est impératif de s'assurer de leur bon fonctionnement à l'issue des terrassements (bon état du tuyau: absence de ruptures, d'écrasement ou déboîtement, et pas de colmatage du matériau drainant remplissant la tranchée). Les réparations lourdes deviennent difficiles et onéreuses après la mise en place de la chaussée.

Des inspections des ouvrages annexes (écoulements au niveau des regards de visite et des exutoires) doivent être planifiées (au moins une fois par an). Un hydrocurage doit être prévu tous les trois à cinq ans (la fréquence varie selon les résultats de l'inspection annuelle).

4.6 Entretien des bassins de stockage d'eau

Ci-après sont repris de manière générale les types d'entretien avec leur fréquence estimée [34] sous réserve de vérification et de contrôle in situ.

4.6.1 Dessableur

Pour un fonctionnement optimal, il est de bonne règle d'évacuer les dépôts de boues à mi-hauteur d'eau utile. Il convient de juger au moins tous les six mois du degré de remplissage du bassin. Les plantes se développant en surface ou dans les boues déposées doivent être éliminées.

4.6.2 Déshuileur

Normalement, il ne demande pas d'entretien. Néanmoins, dans le cas où le dessableur est rempli, les particules décantées sont remises en mouvement au niveau du déshuileur et se retrouvent dans le bassin de retenue.

4.6.3 Grilles

Les grilles sont présentes à plusieurs niveaux du bassin d'orage (bassin d'amortissement, dessableur, bassin de retenue). Il est recommandé de nettoyer les grilles:

- au niveau du bassin d'amortissement: tous les 15 jours;
- au niveau du dessableur: tous les trois mois;
- au niveau du bassin de retenue: une fois par an.

Ces fréquences sont augmentées en automne (risque accru de débris de branches et feuilles mortes). Une inspection supplémentaire est à prévoir après une averse abondante.

4.6.4 Bassin d'amortissement

Une vidange annuelle est recommandée (et normalement suffisante). Toute végétation se développant dans le bassin d'amortissement sera éliminée.

4.6.5 Bassin de retenue

Il est recommandé de vérifier annuellement le niveau atteint par le dépôt des boues. Lorsque la capacité en eau du bassin de retenue tombe en dessous d'un seuil de 90 % par rapport à son volume initialement prévu, il convient de faire une vidange complète et d'évacuer les boues déposées. Il faut éliminer toute végétation se développant dans les bassins de retenue.

4.6.6 Abords

Il convient d'entretenir tous les six mois les abords immédiats des ouvrages pour éviter la prolifération d'une végétation trop abondante qui pourrait à terme obstruer dangereusement les ouvrages et entraver leur bon fonctionnement.

Chapitre 5

Recommandations pour les reconstructions et améliorations

5.1 Introduction

Le vieillissement du réseau routier, les dégradations liées aux sollicitations du trafic et la croissance du trafic impliquent qu'à un moment, les travaux d'entretien ne suffisent plus. Il faut alors prendre la décision de réaliser une réparation, une reconstruction partielle ou une reconstruction totale de la structure routière.

L'évolution de la mobilité impose aussi à certains moments la construction d'éléments tels qu'une bande de circulation supplémentaire, l'aménagement de pistes cyclables ou la construction de ronds-points.

Qu'il s'agisse d'une réparation, d'une reconstruction partielle ou complète de la structure routière, d'un entretien superficiel ou autre aménagement particulier, des précautions sont à prendre pour le drainage des eaux durant les travaux et le drainage de l'ensemble de la structure globale pendant son utilisation.

Il est important de réaliser les travaux en perturbant le moins possible la situation initiale de la structure et d'éviter la mise en place de tout obstacle entravant l'écoulement de l'eau.

Avant de réaliser les travaux, il est important de rassembler un maximum d'informations sur la structure existante via des plans et/ou archives et via une reconnaissance du site (méthodes géophysiques, carottages, sondages ou tranchées).

5.2 Préparation des travaux

Il est pratiquement impossible de fixer des lignes de conduite précises pour résoudre les problèmes divers et complexes que présentent ces travaux.

Dans tous les cas, on s'efforcera d'appliquer les recommandations décrites dans les chapitres précédents (drainage superficiel, évacuation de l'eau des talus, drainage du corps de chaussée, exécution et entretien), en tenant compte du but poursuivi et de la nature des travaux nécessaires.

L'observation du comportement de la route existante peut fournir des indications utiles quant aux dispositions à prendre, tant en ce qui concerne l'évacuation des eaux superficielles que la prise en compte des eaux souterraines. Néanmoins, les nouveaux aménagements de la route et les procédés d'exécution peuvent amener des changements importants dans le comportement des couches sous-jacentes de la structure routière ou dans l'équilibre hydrologique du sous-sol. Les propriétés des fondations et sous-fondations conservées peuvent aussi être affectées.

Par exemple:

- l'enlèvement des canalisations et de leurs raccords se trouvant sous l'ancienne chaussée donne lieu à un remaniement plus ou moins profond du sol sous le fond de coffre;
- un élargissement de la plate-forme peut rendre caduc un drainage initialement suffisant;
- une modification du profil peut conduire à des déblais supplémentaires qui rapprochent le fond de coffre de la nappe aquifère ou de couches de sol à portance insuffisante.

De même, lors d'une reconstruction complète sur place, le fond de coffre peut être soumis à des précipitations abondantes ou à des dessiccations profondes. Si le sol du fond de coffre est sujet à gonflement et à retrait, des perturbations importantes sont à craindre dans la nouvelle chaussée, même après sa mise en service.

5.3 Renouvellement d'un revêtement sur fondation existante – Inlay

Il importe de prendre des dispositions pour réduire l'infiltration après l'enlèvement du revêtement à remplacer. Ces précautions sont surtout indispensables quand le sol est susceptible de subir des gonflements et des retraits. Si nécessaire, on peut envisager d'imperméabiliser la fondation existante au fur et à mesure de l'enlèvement du revêtement. Ce traitement constituera en même temps une couche d'accrochage pour le nouveau revêtement.

L'inlay est une technique qui consiste à insérer une dalle de béton ou une nouvelle couche bitumineuse dans les couches de revêtement existantes. Cette technique est utilisée lorsque l'on ne peut remonter le niveau de la voirie (réfection d'une seule partie de la chaussée, présence d'habitations, etc.).

Il faut éviter que l'inlay ne pénètre la fondation, ce qui perturbe l'écoulement d'eau et le drainage de la structure routière. On veillera en particulier à un scellement soigné des joints transversaux et longitudinaux afin d'éviter toute infiltration d'eau dans la structure.

L'inlay en béton de ciment est particulièrement adapté pour les voies lentes de routes et autoroutes soumises à un trafic lourd, et donc plus sujettes aux déformations que les voies de dépassement utilisées principalement par les véhicules légers et dont l'action sur les structures est considérablement plus faible (figure 5.1).

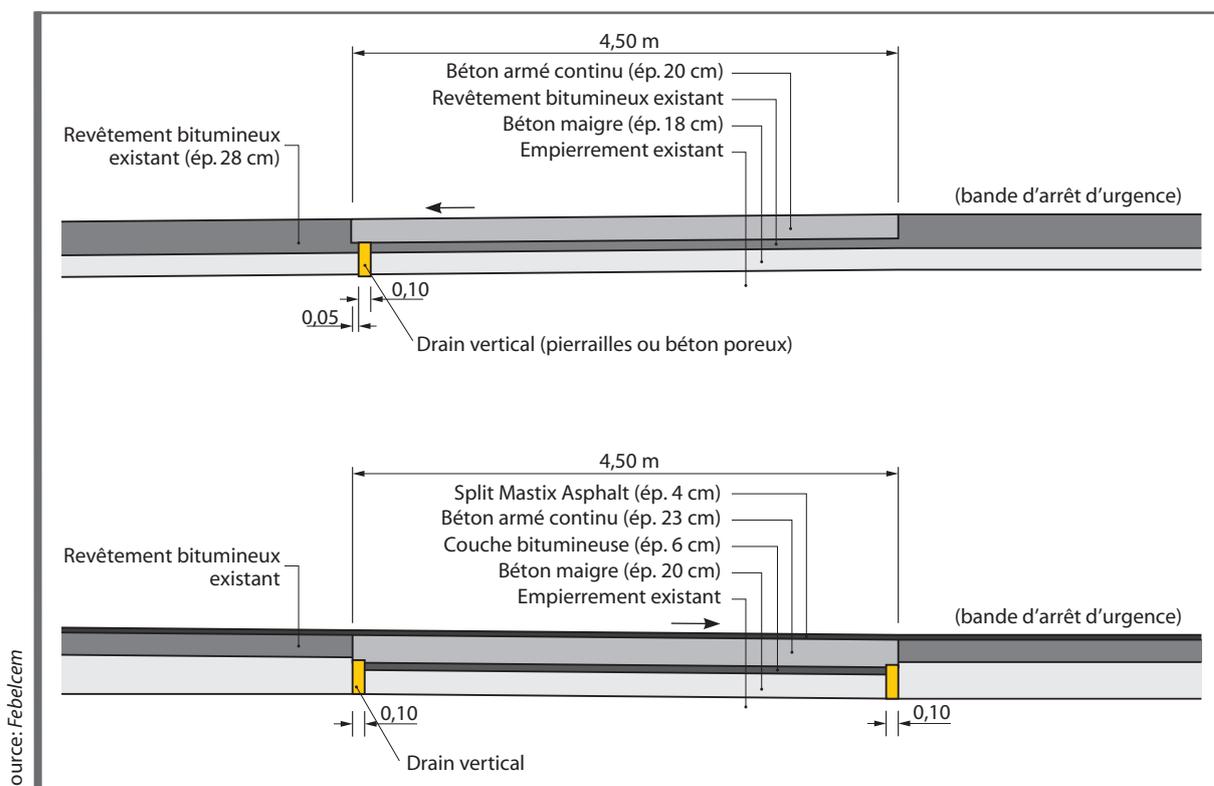


Figure 5.1 Exemples d'inlay en béton de ciment

Après le sciage des bords du revêtement et rabotage des couches orniérées, une **tranchée drainante longitudinale avec exutoires transversaux** est établie au point bas de la fouille afin d'éviter la stagnation d'eau dans le coffre durant l'exécution des travaux et ensuite sous le futur revêtement.

5.4 Recouvrement d'un revêtement existant – Overlay

Un overlay est la pose d'une ou plusieurs couches sur un revêtement existant. En fonction de l'objectif poursuivi (rendre une route endommagée praticable, diminuer le bruit, renforcer la route), on choisira un overlay en enrobé bitumineux ou en béton de ciment (béton armé continu, dalles goujonnées ou dalles non goujonnées).

Dans le cas d'un overlay en béton, l'élargissement de la dalle au moyen d'un filet d'eau ou d'une bande de contrebutage (coulé(e) en même temps que le revêtement) pour écarter le trafic du bord augmentera sa durée de vie.

L'adaptation ou non des avaloirs et filets d'eau est liée aux spécificités de chaque projet.

5.5 Elargissements des routes

Le dimensionnement d'un élargissement devrait inclure un dimensionnement du système de drainage afin de déterminer si le système existant est suffisant ou s'il est nécessaire de prévoir de nouvelles tranchées drainantes, tranchées de rabattement ou fossés. De même, il est important de s'assurer que les avaloirs, les collecteurs et l'ensemble du système d'évacuation présentent une capacité suffisante et que les différents éléments sont bien en adéquation. Il est important d'éviter toute discontinuité entre le système de drainage existant et le nouveau système de drainage éventuel.

Outre le dimensionnement et le type de sol, l'espace disponible a aussi une influence importante sur le type de système de drainage à prévoir. Dans le cas où l'on doit combler une ancienne tranchée ou un fossé, il est important de le faire avec le même sol environnant compacté (provenant par exemple de l'excavation de nouvelles tranchées) afin d'éviter les tassements différentiels.

Lors de l'élargissement de la plate-forme d'une route drainée par des **fossés à ciel ouvert**, il convient d'examiner si le fait d'accroître l'écartement entre les fossés permet encore un drainage efficace du corps de chaussée. Sinon, il faut intercaler des tranchées drainantes longitudinales et leur assurer des exutoires.

L'élargissement d'une chaussée pourvue de **tranchées drainantes longitudinales** exige une étude soignée du drainage lorsque les tranchées existantes doivent être recouvertes par le nouveau revêtement.

Les **tranchées drainantes relatives au rabattement de la nappe** peuvent parfois rester suffisantes pour la chaussée élargie. Il est en effet possible que leur distance au nouveau bord permette encore de tenir la nappe à une profondeur suffisante au droit de celui-ci, compte tenu de la profondeur de la tranchée et de la forme de la surface libre rabattue. Si tel n'est pas le cas, il faut construire une tranchée de rabattement complémentaire le plus près possible du bord de la chaussée. La tranchée complémentaire pourra être moins profonde que la tranchée existante. Quand, pour une raison quelconque, les tranchées existantes doivent être supprimées, la profondeur des nouvelles tranchées doit être fixée en fonction de leur écartement.

Quant aux **tranchées drainantes relatives au drainage du corps de chaussée**, elles ne suffiront généralement pas pour la chaussée élargie. Il faudra au moins réaliser une tranchée drainante complémentaire. Il faut éviter que les eaux de la nouvelle tranchée ne refluent dans la tranchée conservée. Celle-ci doit être raccordée soit à la nouvelle, soit directement à un exutoire commun.

Chaque fois que la **suppression de tranchées drainantes** s'impose, il faut prendre toutes les précautions requises pour réduire les inconvénients de cette opération tels que tassements du sol remblayé, gonflements différentiels sous le gel causés par l'hétérogénéité du sol d'assiette et disparition de l'écoulement dans les tranchées comblées. Pour éviter l'accumulation d'eau dans ces dernières, il est recommandé de les relier aux nouvelles tranchées.

Les **fossés à combler** posent des problèmes analogues et exigent des précautions similaires.

L'élargissement des chaussées pose un problème d'évacuation des eaux superficielles pendant l'exécution des travaux. Si on ne prend pas toutes les précautions nécessaires (mise en place de fossés provisoires, drains, etc.), le fond de coffre de l'élargissement recevra toute l'eau provenant de la chaussée existante. Si le sol est très sensible à l'eau, il sera impossible de lui donner une portance suffisante. Si, en outre, ce sol est sujet à gonflement et à retrait, des mouvements importants pourront se produire dans la partie élargie, même après sa mise en service.

De plus, le déversement des eaux de précipitation par-dessus le bord du revêtement existant peut en déchausser la fondation.

Il arrive que, pour élargir la plate-forme sans devoir augmenter l'emprise ou pour quelque autre raison, on remplace des fossés par des drains. Or, ceux-ci ne présentent pas les capacités de drainage des fossés qu'ils remplacent. Le relèvement hivernal de la nappe peut alors compromettre le drainage de la route, et des dégradations sérieuses peuvent en résulter. Dans de tels cas, il ne suffira donc pas de capter et d'évacuer les eaux superficielles. Ces travaux doivent être complétés par un drainage longitudinal, à établir aussi près que possible du bord de la chaussée, et le plus profondément possible.

5.6 Mise en place d'éléments linéaires



Figure 5.2 Exemple de dégradations liées à la mise en place d'un élément linéaire en béton bloquant l'eau

Il arrive que l'on souhaite placer un filet d'eau ou une piste cyclable le long d'une chaussée existante. Du point de vue du drainage, il faut éviter de réaliser les fondations de ces éléments en béton maigre. Ce type de fondation non drainante a pour effet de bloquer les eaux issues de la sous-fondation, entraînant une chute de portance de la sous-fondation et des couches sous-jacentes. A terme, des dégradations de la structure routière sont à prévoir. Une fondation en empierrement est à préconiser.

5.7 Exemples de structures à problèmes

5.7.1 Cas d'une route nationale

Depuis quelques années, une remontée d'eau est observée au point bas de la route (en profil en long) au droit de la voie de dépassement. Aucune dégradation n'a été constatée mais cette remontée d'eau produit en surface une flaque d'eau et une plaque de verglas en hiver rendant la route particulièrement dangereuse.

Une étude complète de la route a montré que l'eau drainée par la structure routière était ramenée vers le point bas de la route et s'y accumulait sans possibilité d'en sortir.

Les faiblesses mécaniques constatées sur le béton armé ont dirigé cette eau vers la surface de la route.

Il a été préconisé de réaliser au point bas au niveau de la sous-fondation une tranchée drainante transversale dirigée vers l'extérieur et de réaliser des descentes de talus dans le prolongement des exutoires, la route étant en remblai.

5.7.2 Cas d'une autoroute

Deux voies d'une autoroute présentaient des dégradations profondes. Avant de réaliser les réparations, quelques investigations ont été menées afin de mieux cerner l'origine des dégradations.

La structure d'origine est constituée:

- d'une sous-fondation de schiste rouge, d'une épaisseur de 44 cm;
- d'une fondation en empierrement, d'une épaisseur de 22 cm;
- d'un revêtement bitumineux, d'une épaisseur approximative de 20 cm.

Des essais à la sonde de battage légère réalisés au niveau du fond de coffre ont montré une portance satisfaisante de la structure routière.

Les analyses granulométriques ont montré que la sous-fondation n'était pas drainante. Le matériau de sous-fondation contient 40 % de fines. Ceci est la cause des dégradations formées.

Il a été décidé de réhabiliter la structure routière, de remplacer le revêtement, la fondation et la sous-fondation et de prévoir un système de drainage périphérique.

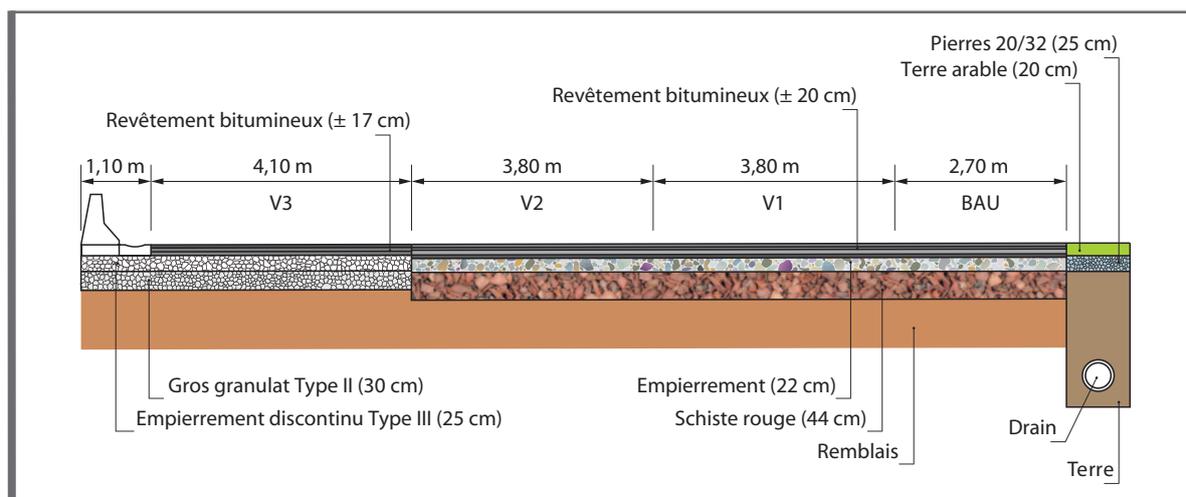


Figure 5.3 Exemple d'une autoroute avec problèmes de drainage



Figure 5.4 Exemples de dégradations de surface liées au mauvais drainage

5.7.3 Exemples divers

Un premier exemple concerne une route en béton pour laquelle des filets d'eau et une piste cyclable ont été construits ultérieurement. La fondation de la piste cyclable et du filet d'eau étant en béton maigre, l'eau issue de la sous-fondation existante a été bloquée. La route, jusqu'alors en bon état, s'est dégradée très rapidement. Une fondation du filet d'eau et de la piste cyclable en empierrement aurait permis le passage de l'eau se trouvant dans la sous-fondation vers le bord de la route.

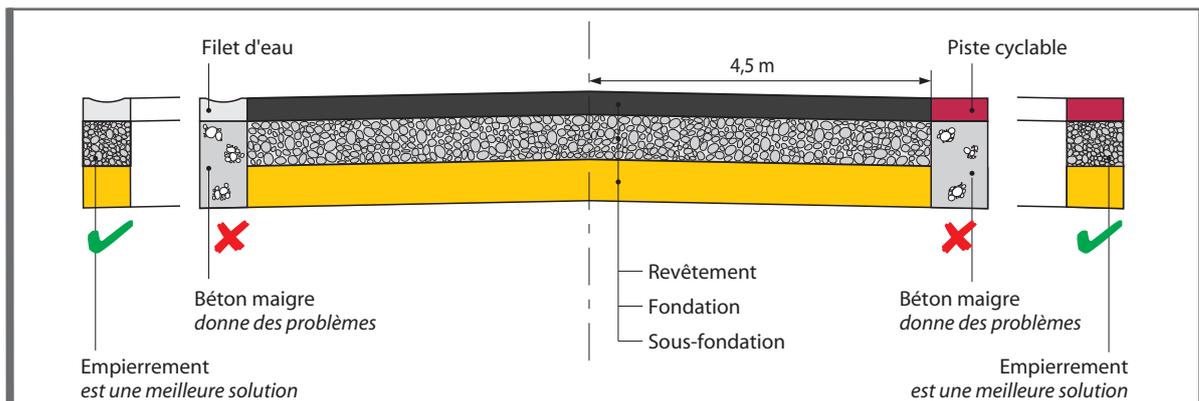


Figure 5.5 Exemple de structure routière avec placement ultérieur fautif de filets d'eau et d'une piste cyclable sur une fondation en béton maigre



Figure 5.6 Autre exemple de dégradations de surface liées au mauvais drainage

Un deuxième exemple concerne une chaussée dont le revêtement est constitué de dalles de béton, posées sur le sol naturel (sol sableux). Certaines dalles ont été remplacées sur une nouvelle fondation en béton maigre. Durant l'hiver, des tassements différentiels se sont produits, ce qui a causé l'apparition de fissures dans les dalles. Cet exemple montre qu'il est important de réaliser les réparations en modifiant le moins possible la situation initiale et en conservant une certaine continuité dans les matériaux mis en place.

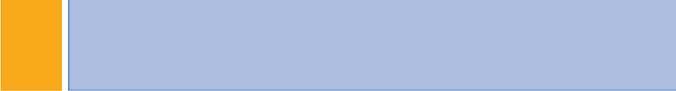
Un troisième exemple concerne le cas d'une route en béton au bord de laquelle se sont accumulés des débris empêchant l'eau de s'écouler. L'eau s'est infiltrée via les joints mal entretenus dans la structure routière. Cet exemple montre l'importance de l'entretien des joints! En conséquence, un affaissement de l'accotement s'est produit.

Références

- 1 **Centre de recherches routières**
Code de bonne pratique pour la protection des travaux routiers contre les effets de l'eau
Recommandations CRR R 28/65, 1965
- 2 **Centre de recherches routières**
Code de bonne pratique pour la conception et l'exécution de revêtements en pavés de béton
Recommandations CRR R 80/09, 2009
- 3 **Centre de recherches routières**
Revêtements drainants en pavés de béton
Dossier 5 en annexe au Bulletin CRR 77
Bulletin CRR 77, octobre-novembre-décembre 2008
- 4 **Centre de recherches routières**
Code de bonne pratique pour le traitement de sols à la chaux et/ou aux liants hydrauliques
Recommandations CRR R 81/10 + guides pratiques associés:
 - Amélioration des sols pour le remblayage des tranchées d'égouts et l'enrobage des tuyaux
 - Stabilisation des sols pour couches de sous-fondation
 - Amélioration des sols pour terrassements et fond de coffre
 - Plates-formes industrielles - Fondations par traitement de sol
- 5 **Ministère de la Région wallonne**
Le retraitement en place des chaussées au moyen de ciment
Code de bonne pratique, 1995
- 6 **Centre de recherches routières**
Code de bonne pratique pour le choix du revêtement bitumineux lors de la conception ou de l'entretien des chaussées
Recommandations CRR R 78/06, 2006
- 7 **Centre de recherches routières**
Code de bonne pratique pour l'exécution des revêtements en béton
Recommandations CRR R 75/05, 2005
- 8 *Loi du 26 mars 1971 sur la protection des eaux de surface contre la pollution*
Moniteur belge du 1^{er} mai 1971
- 9 *Arrêté royal du 3 août 1976 portant règlement général relatif aux déversements des eaux usées dans les eaux de surface ordinaires, dans les égouts publics et dans les voies artificielles d'écoulement des eaux pluviales*
Moniteur belge du 29 septembre 1976
- 10 *Directive 2000/60/CE du Parlement européen et du Conseil européen du 23 octobre 2000 fixant le cadre de mesures communautaires concernant la politique de l'eau et*
Directive 2008/32/CE du Parlement européen et du Conseil du 11 mars 2008 modifiant la directive 2000/60/CE établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau, qui concerne les compétences exécutives accordées à la Commission
Journal officiel de l'Union européenne du 20 mars 2008
- 11 *Décret du Gouvernement flamand du 18 juillet 2003 concernant l'Integraal Waterbeleid*
Moniteur belge du 14 novembre 2003
- 12 *Décret du Gouvernement wallon du 27 mai 2004 relatif au Livre II du Code de l'Environnement constituant le Code de l'Eau*
Moniteur belge du 23 septembre 2004
- 13 *Ordonnance du Gouvernement de la Région de Bruxelles-Capitale du 20 octobre 2006 établissant un cadre pour la politique de l'eau*
Moniteur belge du 3 novembre 2006

- 14 *Arrêté du Gouvernement flamand du 1er octobre 2004 fixant le règlement régional d'urbanisme relatif aux citernes d'eau de pluie, systèmes d'infiltration, dispositifs de stockage et évacuations distinctes des eaux usées et eaux de pluie*
Moniteur belge du 8 novembre 2004
- 15 *Arrêté du Gouvernement flamand du 5 juillet 2013 fixant un règlement urbanistique régional concernant les citernes d'eaux pluviales, les systèmes d'infiltration, systèmes-tampons et l'évacuation séparée des eaux usées et pluviales*
Moniteur belge du 8 octobre 2013
- 16 *Circulaire du 9 janvier 2003 relative à la délivrance de permis (de l'urbanisme) dans les zones exposées à des inondations et à la lutte contre l'imperméabilisation des espaces*
Moniteur belge du 4 mars 2003
- 17 *Arrêté du Gouvernement de la Région de Bruxelles-Capitale du 26 novembre 2006 fixant approbation des Titres I à VIII du Règlement régional d'urbanisme*
Moniteur belge du 19 décembre 2006
- 18 *Décret du Gouvernement flamand concernant l'assainissement et la protection du sol et Arrêté d'exécution VLAREBO – Arrêté du Gouvernement flamand du 14 décembre 2007 fixant le règlement flamand concernant l'assainissement et la protection des sols*
Moniteur belge du 22 janvier 2007 et du 22 avril 2008 (erratum Annexes 2 à 5 au Moniteur belge du 19 mai 2008 et erratum Annexe 1 au Moniteur belge du 11 juin 2008)
- 19 *Arrêté du Gouvernement wallon du 14 juin 2001 favorisant la valorisation de certains déchets*
Moniteur belge du 10 juillet 2001 (erratum du 18 juillet 2001)
- 20 *Arrêté du Gouvernement wallon du 27 mai 2004 fixant les conditions intégrales d'exploitation relatives aux stockages temporaires sur chantier de déchets visés à la rubrique 45.92.01*
Moniteur belge du 25 août 2004
- 21 *Décret du Gouvernement wallon du 5 décembre 2008 relatif à la gestion des sols et Arrêté du Gouvernement wallon du 27 mai 2009 relatif à la gestion des sols*
Moniteur belge du 18 février 2009 (addendum du 6 mars 2009) et du 31 août 2009
- 22 **Sétra**^[3]
Drainage routier
Guide technique, 2006 (version en anglais: août 2007)
- 23 **Vlaams ministerie van Mobiliteit en Openbare werken (MOW) – Agentschap Wegen en Verkeer**
Toegankelijk Publiek Domein
Vademecum, 2010
- 24 **Ministère de la Région de Bruxelles-Capitale**
Personnes à mobilité réduite dans l'espace public
Vademecum, 2008
- 25 **Ministère de la Région wallonne – DG04**
Code wallon de l'aménagement du territoire, de l'urbanisme, du patrimoine et de l'énergie
CWATUPE, 2014
- 26 *RiskYdrogé – Risques hydrogéologiques en montagne: parades et surveillance*
Guide pratique *Investigations, Instrumentation et parades en matière de risques hydrogéologiques: état des connaissances dans l'Arc alpin*
Interreg IIIA Projet n°179, 2006
- 27 **COPRO** asbl
Géotextiles et produits apparentés
PTV 829, 2010
- 28 **Vlaro**
Afkoppelen, bufferen en infiltreren
Katern, 2005
- 29 **Centre Scientifique et Technique de la Construction – CSTC**
Conception et réalisation des rabattements – Directives belges
(en préparation au moment de la mise sous presse du présent code de bonne pratique)

[3] Sétra: Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements (France). Depuis le 1^{er} janvier 2014, réuni avec le CETE, le CERTU et le CETMEF pour former le Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement – CEREMA

- 
- 30 **Centre de recherches routières**
Code de bonne pratique pour les enduits superficiels
Recommandations CRR R 71/01, 2001
- 31 **Vlaams ministerie van Mobiliteit en Openbare werken (MOW) – Agentschap Wegen en Verkeer**
Standaardbestek 250 voor de wegenbouw
- 32 **Bruxelles Mobilité – Service Public Régional de Bruxelles**
Cahier des charges type en matière de travaux de voirie en Région de Bruxelles-Capitale
CCT 2011
- 33 **Service public de Wallonie – SPW – DG01**
Cahier des charges type en matière de travaux de voirie
CCT Qualiroutes
- 34 **TUC RAIL**
Maintenance et pérennité des sites hydrauliques à proximité des infrastructures ferroviaires
Rapport interne, 2012

Liste des figures

1.1	Schéma de principe d'une structure de chaussée à revêtement imperméable (pas à l'échelle)	3
1.2	Répartition des charges du trafic vers le bas à un niveau acceptable pour le sol	3
1.3	Perméabilité et sensibilité au gel des matériaux constituant la chaussée et du sol en place	4
1.4	Revêtement drainant constitué de pavés de béton	4
1.5	Situation idéale	10
1.6	Pénétration de l'eau dans la structure routière	10
1.7	Infiltration d'eau par les joints et/ou fissures du revêtement	11
1.8	Infiltration latérale	11
1.9	Remontée capillaire	11
1.10	Remontée de la nappe phréatique	12
1.11	Exemple de sol humide peu portant	12
1.12	Remontée des particules fines	13
1.13	Dégâts provoqués par l'eau et le gel	13
1.14	Aquaplanage	14
1.15	Conditionnement accéléré d'éprouvettes bitumineuses à 40 °C pendant 72 h	14
1.16	Phénomènes de pompage	15
1.17	Phénomènes de punch out	15
1.18	Glissement de terrain	16
1.19	Erosion	16
1.20	Erosion interne	17
2.1	Origines de l'eau dans la route	21
2.2	Ilôt central	23
2.3	Exemples de scellement de joints dans un revêtement en béton. A gauche: avec des produits coulés à chaud; au milieu: avec des produits coulés ou pistolés à froid; à droite: avec des profilés préformés.	24
2.4	Absence de joint	26
2.5	Surlargeur du revêtement en béton	26
2.6	Profilage du revêtement	27
2.7	Recommandation pour la pente transversale des trottoirs pour personnes à mobilité réduite	27
2.8	Berme centrale et accotement	28
2.9	Effet de bord	29
2.10	Solutions pour réduire l'effet de bord	29
2.11	Caniveau de talus à cascades (talus de remblai)	30
2.12	Masque drainant de protection superficielle	30
2.13	Protection de talus	31
2.14	Erosion – Décrochement de terre végétale	31
2.15	Descente d'eau dans un talus de déblai	32
2.16	Filet d'eau en béton préfabriqué avec section circulaire	33
2.17	Filet d'eau en béton mis en œuvre avec la dalle	33
2.18	Filet d'eau et bordure avec section triangulaire en un seul élément	34
2.19	Filet d'eau plat avec caniveau à fente et avaloir adapté	34
2.20	Filet d'eau drainant	34
2.21	A gauche: filet d'eau avec avaloir; au milieu: avaloir avec grille arrondie; à droite: avaloir avec ouverture latérale	35

2.22	Exemple de stagnation d'eau à proximité d'un avaloir inefficace	35
2.23	Fossé de section triangulaire non revêtu	36
2.24	Fossé de section trapézoïdale non revêtu	36
2.25	Fossé de section trapézoïdale en béton préfabriqué	36
2.26	Fossé revêtu	37
2.27	Fossé revêtu perméable	37
2.28	Caniveau (ce type de caniveau est aussi utilisé comme réservoir tampon)	38
2.29	Caniveau à fente	38
2.30	Instabilité due à la nappe affleurante	39
2.31	Masque poids	40
2.32	Eperons drainants	40
2.33	Stabilité des talus: masques poids	41
2.34	Masque poids	41
2.35	Stabilité des talus: éperons drainants	42
2.36	Eperon drainant	42
2.37	Versant instable	43
2.38	Galeries drainantes et drains	43
2.39	Aménagement d'une pente avec techniques de confortement et drainages profonds	44
2.40	Couche drainante	45
2.41	Schéma de couche drainante (cas d'un sol perméable - nappe haute)	45
2.42	Schéma de couche drainante avec eau dirigée vers un fossé par la couche elle-même (surlargeur, sol peu perméable)	45
2.43	Schéma de couche drainante avec drains transversaux	46
2.44	Schéma de couche drainante avec filet d'eau et tranchée drainante	46
2.45	Géotextile anti-contaminant	47
2.46	Géotextile anti-contaminant avec géogrille sus-jacente, placé sur le fond de coffre	48
2.47	Tranchée drainante longitudinale	48
2.48	Tranchée drainante associée à un collecteur	49
2.49	Mise en place de la tranchée drainante – géotextile de filtration. A gauche: matériau drainant – A droite: tuyau rainuré	49
2.50	Tranchée drainante sans (à gauche) et avec tuyau drainant (à droite)	50
2.51	Géocomposite	50
2.52	Tranchée drainante et géocomposite	51
2.53	Tranchée drainante sous remblai	51
2.54	Tranchée drainante transversale en fond de coffre	51
2.55	Bassins d'orage à ciel ouvert	53
2.56	Exemple de bassin d'orage (ligne TGV Liège-Allemagne-viaduc de Battice)	53
2.57	Dessableur	54
2.58	Déshuileur	54
2.59	Dégrilleur	54
2.60	Schéma de principe des bassins à ciel ouvert	55
2.61	Bassin tampon rempli d'argile expansée	57
2.62	Blocs de stockage pour bassin de rétention	57
2.63	Blocs de stockage pour bassin de rétention	57
2.64	Blocs de stockage pour bassin de rétention	57

3.1	Fond de coffre non protégé et non drainé	59
3.2	Fond de coffre non protégé et non drainé durant un arrêt des travaux	59
3.3	Erosion de talus (décrochage de terre végétale)	60
3.4	Travaux en zone humide – Fossé provisoire	60
3.5	Erosion dans un talus de remblai sableux	60
3.6	Sols sensibles à l'eau – Pas de drainage	61
3.7	Piste de chantier	61
3.8	Fossés longitudinaux et descentes d'eau provisoires	62
3.9	Masques drainants	62
3.10	Rabattement de la nappe phréatique – Schéma de principe	63
3.11	Mise en œuvre de l'empierrement sur un géotextile	64
3.12	Renforcement du fond de coffre par un géotextile et une géogrille. Réalisation par phases: d'abord mise en œuvre sur largeur limitée et en épaisseur plus importante.	65
4.1	Fossé partiellement comblé	69
4.2	Avaloir (à gauche) et joint (à droite) mal entretenus	70
4.3	Filets d'eau mal entretenus	70
5.1	Exemples d'inlay en béton de ciment	74
5.2	Exemple de dégradations liées à la mise en place d'un élément linéaire en béton bloquant l'eau	76
5.3	Exemple d'une autoroute avec problèmes de drainage	77
5.4	Exemples de dégradations de surface liées au mauvais drainage	78
5.5	Exemple de structure routière avec placement ultérieur fautif de filets d'eau et d'une piste cyclable sur une fondation en béton maigre	78
5.6	Autre exemple de dégradations de surface liées au mauvais drainage	78

Sources des illustrations

Argex
Centre de recherches routières (CRR)
COPRO
FEBELCEM
Fondatel
Fränkische Rohrwerke Gebr. Kirchner GmbH & Co KG
Rehau
Robuco
Service public de Wallonie (SPW)
Texion
TUC RAIL
Wavin

Code de bonne pratique pour la protection des routes contre les effets de l'eau / Centre de recherches routières

- Bruxelles : CRR, 2014.

- 92 pages.

- (Recommandations, ISSN 1376-9340; 88).

Ce document est une révision du *Code de bonne pratique pour la protection des travaux routiers contre les effets de l'eau* (R28/65), publié en 1965. Bien que les principes de base du drainage routier n'aient pas fondamentalement changé, une révision de ce code de bonne pratique était nécessaire pour tenir compte des nouvelles techniques utilisées et de l'évolution des matériaux.

Ce code de bonne pratique décrit les dispositions nécessaires pour l'évacuation des eaux de surface et du corps de chaussée lors des phases de conception, d'exécution et d'entretien afin d'assurer la sécurité des usagers et la durabilité de la structure routière. Ce code de bonne pratique décrit aussi les mesures à prendre pour éviter que l'eau ne pénètre dans la structure routière pendant sa durée de vie.

Le code de bonne pratique est constitué de cinq chapitres.

Le premier chapitre décrit les différentes couches de la structure routière et leur fonction. Les risques liés à la présence d'eau sont détaillés. Le deuxième chapitre présente les recommandations nécessaires à la collecte et l'évacuation des eaux en surface (surfaces revêtues, accotements et talus), à l'évacuation des venues d'eau dans les talus (masques et éperons drainants), et les dispositifs nécessaires au drainage du corps de chaussée. Les bassins de stockage d'eau, prévenant les risques d'inondation et permettant le traitement des eaux polluées, sont décrits. Le troisième chapitre décrit les mesures à prendre durant les travaux de terrassement. Le chapitre suivant est consacré à l'entretien. Il fait le point sur les dispositions à prendre pour l'entretien des différents types de joints et la réparation des fissures, ainsi que les dispositions pour entretenir les fossés, avaloirs, canalisations, accotements, tranchées et bassins d'orage. Le dernier chapitre traite des recommandations pour les reconstructions et améliorations telles que la mise en place d'un inlay ou overlay, l'élargissement de la route ou la mise en place d'éléments linéaires en insistant sur les erreurs à ne pas commettre liées à l'eau. Quelques exemples de structures à problèmes sont décrits.

Classification ITRD

26 – EVACUATION DES SOLS – GEL/DÉGEL

Mots-clés ITRD

0177 – RECOMMANDATION ; 2569 – INONDATION ; 2937 – EVACUATION DES EAUX ; 2952 – COUCHE ; 2955 – CHAUSSÉE (CORPS DE) ; 3377 – FONDATION ; 3655 – CONSTRUCTION (EXÉCUTION) ; 3847 – ENTRETIEN ; 4355 – EAU ; 5255 – ALTÉRATION (GÉN)

Commande

Réf.: R 88/14

Prix: 18,00 € (excl. 6 % TVA)

Fax: +32 2 772 33 74

publication@brrc.be



Centre de recherches routières

Votre partenaire pour des routes durables

Etablissement reconnu par application de l'Arrêté-loi du 30 janvier 1947
boulevard de la Woluwe 42
1200 Bruxelles
Tél. : 02 775 82 20 - fax : 02 772 33 74
www.crr.be