



ASSOCIATION DE
RECHERCHES SUR LES
ROUTES ET LES TRANSPORTS

PISTES D'ACCES EN MILIEU RURAL

Franchissement de cours d'eau et drainage de surface

**Manuel pour la construction
et l'entretien dans les pays en développement**

Édition 2003
Traduction 2012

© 2003/2012 Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V., Köln
Association de recherches sur les routes et les transports (Cologne/Allemagne)

Tous droits réservés. Les droits d'auteur réservés pour une reproduction, traduction, de la lecture, l'enlèvement des figures et des tableaux, le microfilmage ou la reproduction sur d'autres chemins d'accès et stockage des ordinateurs et la diffusion sur Internet demeurent, même avec la reprise de récupération des extraits. Il est nécessaire d'avoir une permission écrite de l'Association de recherches sur les routes et les transports (Cologne/Allemagne).



ASSOCIATION ALLEMANDE
DE RECHERCHES SUR LES
ROUTES ET LES TRANSPORTS

PISTES D'ACCES EN MILIEU RURAL

Franchissement de cours d'eau et drainage de surface

**Manuel pour la construction
et l'entretien dans les pays en développement**

Édition 2003
Traduction 2012

Préface

Le réseau des pistes rurales dans la plupart des pays en développement et des pays en transition est constitué de routes en terre ou en gravier. C'est pourquoi il est très sensible à l'influence de l'érosion provoquée par la circulation, le vent et l'eau. En particulier, les eaux superficielles peuvent causer des dégâts majeurs si l'on y prête pas une attention particulière. Pour cette raison, il est essentiel de concevoir correctement les drainages latéraux et les ouvrages pour les cours d'eau traversants. Afin d'assister l'équipe technique responsable de la construction et de l'entretien des pistes d'accès en milieu rural à effectuer ses tâches quotidiennes, l'Association allemande de recherches sur les routes et les transports (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, FGSV) a développé ce manuel. Il a été conçu pour donner des conseils utiles quant à la sélection des ouvrages appropriés en se focalisant sur les principes de conception et non sur les détails, qui devraient être disponibles dans chaque administration.

Le chapitre traitant de la maintenance est tenu très court, se limitant à des remarques fondamentales pour l'utilisateur. En ce qui concerne les activités de maintenance détaillées, il se réfère au Manuel International pour la Maintenance des Routes («International Road Maintenance Handbook») publié par la PIARC.

En conclusion, ce manuel est vu comme un complément à d'autres publications dans les domaines de la construction et de l'entretien des pistes rurales.

Sommaire

0	Introduction	5
1	Drainage routier	5
1.1	Considérations fondamentales	5
1.2	Drainage de la chaussée	6
1.3	Fossés de drainage	7
1.3.1	Types de fossés	7
1.3.1.1	Fossés latéraux	7
1.3.2	Formes de fossés	8
1.3.3	Revêtements des fossés	9
1.4	Cascades et descentes d'eau	10
1.5	Sections couvertes	11
1.6	Ponts	12
1.7	Drainage en sous-sol	12
1.8	Positionnement dans le terrain et dans le corps de la route	12
1.9	Recommandations	13
2	Critères de sélection pour les ouvrages de franchissement des cours d'eau	16
2.1	Petits ouvrages d'art (ponts)	17
2.2	Sections couvertes	17
2.3	Gués	18
3	Sections couvertes	18
3.1	Busages	18
3.1.1	Considérations fondamentales	18
3.1.2	Buses en béton	20
3.1.2.1	Remarques fondamentales	20
3.1.2.2	Recommandations	21
3.1.3	Buses métalliques	22
3.1.3.1	Remarques fondamentales	22
3.1.3.2	Recommandations	23
3.1.4	Ouvrages d'entrée et busages	24
3.1.4.1	Remarques fondamentales	24
3.1.4.2	Recommandations	25
3.1.5	Ouvrages de sortie pour busages	28
3.1.5.1	Remarques fondamentales	28
3.1.5.2	Recommandations	28
3.2	Les dalots	31
3.2.1	Dalots en béton	31
3.2.1.1	Règles générales de conception	31
3.2.1.2	Recommandations	33
3.2.2	Ouvrages d'entrée et de sortie pour dalots	34
3.2.3	Dalots en maçonnerie	34
3.2.3.1	Sections rectangulaires	34
4	Sections couvertes submergées occasionnellement	36
4.1	Remarques fondamentales	36
4.2	Recommandations	37

5	Passages de type gué / dérives	44
5.1	Remarques fondamentales	44
5.2	Recommandations	44
6	Petits ponts	47
6.1	Remarques fondamentales	47
6.2	Recommandations	47
7	La maintenance des équipements de drainage	54
7.1	Remarque	54
7.2	Remarques fondamentales	54
7.2.1	Maintenance suivant les contrôles de routine	54
7.2.2	Maintenance suivant des inspections périodiques	55
7.3	Recommandations	55
8	Règles pratiques de base	59
8.1	Matériaux de construction	59
8.2	Description du travail	59
8.3	Sécurité	61
	Table des illustrations	62

0 Introduction

Si l'on fait abstraction des charges de trafic, fréquemment trop élevées, c'est l'eau qui cause la plupart des dégâts aux routes et aux chemins. Ceci vaut en particulier pour les pistes d'accès en milieu rural qui, en règle générale, ne sont pas revêtues. Dès lors l'eau peut pénétrer facilement dans le corps routier. Les eaux doivent donc, soit être éloignées du corps routier, soit être évacuées le plus rapidement possible.

Le présent manuel est conçu à fournir de l'aide à la projection, la réalisation et l'entretien des dispositifs de drainage des pistes d'accès en milieu rural. Les recommandations et exemples de projet y figurant, se fondent sur des expériences dans les pays en développement dans des zones climatiques variées. Il a été essayé d'aborder des aspects fondamentaux, mais les exemples cités ne pourront être repris qu'en les adaptant aux circonstances locales. De plus, il est toujours nécessaire d'adhérer à la réglementation et aux normes locales, et particulièrement de prendre en considération l'expérience locale et d'en assurer l'application en conséquence.

Les considérations fondamentales figurant dans les divers chapitres présentent un recueil d'expériences faites avec des dispositifs de drainage pour des pistes rurales dont l'application lors de la planification des routes devra améliorer le fonctionnement de l'ouvrage réalisé et augmenter la durée de vie des pistes rurales. Souvent des erreurs évitables sont commises, qui pourront entraîner le non-fonctionnement du drainage et dans le pire des cas la destruction d'un ouvrage entier. Ceci entraîne souvent l'interruption prolongée du trafic, ce qui peut avoir pour les usagers de la route des conséquences graves du point de vue économique et social étant donné que fréquemment il n'existe aucun trajet alternatif.

1 Drainage routier

1.1 Considérations fondamentales

Le drainage routier commence par la chaussée: l'eau superficielle s'écoule, dû aux pentes transversales de la chaussée, vers les fossés latéraux ou sur les talus dans le terrain. Le drainage routier correct constitue un facteur très important pour la durée de vie de la chaussée, et spécialement pour les pistes rurales qui ne sont généralement pas pavées et n'ont aucun revêtement pour les protéger. Il faut empêcher la formation d'ornières qui en durcissant pendant la saison sèche, gênent la circulation et s'érodent pendant la saison des pluies.

Les dispositifs de drainage doivent assurer les fonctions suivantes:

- Evacuer de la chaussée mais également de la route proprement dite, aussi vite que possible, les eaux de pluie et des inondations,
- capter les eaux ruisselant sur le terrain vers la route, les dévier sans dégâts, et
- réduire localement des niveaux trop élevés de la nappe phréatique, s'ils mettent la capacité porteuse de la route en danger ; au cas où ceci n'est pas possible avec des moyens simples (p.ex. drainages mineurs), il faut choisir un autre tracé pour la route, ce qui constitue souvent la solution la plus économique pour les pistes rurales.

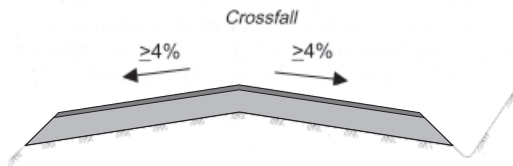
Les mesures suivantes aident à accomplir ces exigences:

L'eau de pluie est évacuée par la pente de la chaussée vers les fossés ou par une zone d'écoulement naturelle. La solution idéale serait de mettre la route en remblai (au moins 30 à 40 cm) et d'éviter, si possible, de longues sections en déblais.

L'eau de pluie descendant du côté amont de la route et ruisselant vers celle-ci doit être captée et recueillie par des fossés ou cuvettes, pour s'écouler le long de la route aux endroits propices d'où elle sera conduite vers un collecteur (p.ex. un ruisseau). Au cas où ceci n'est pas faisable (p.ex. à cause de distances trop grandes), l'eau sera guidée vers des passages d'eau de décharge se trouvant en dessous de la route, construits à des intervalles adaptés, pour s'écouler vers le terrain plus bas où elle s'infiltrerait à nouveau dans le sol sans provoquer de dégâts (c.-à-d. sans érosion) ou dans un collecteur.

En terrain plat et uniforme, il est particulièrement difficile de réaliser un drainage suffisant si les collecteurs naturels manquent. Dans de telles situations, l'eau doit être éloignée, à de courtes distances, latéralement dans le terrain naturel pour s'y infiltrer (conduits à onglet ou conduits de dérivation). Le bon fonctionnement dépend également de la nature du sol naturel. Les sols sablonneux ou graveleux ont la meilleure capacité d'absorption, tandis que les sols argileux ou de glaise ne peuvent absorber que de faibles quantités d'eau – très lentement – jusqu'à saturation. Les distances entre les points de déviation dépendent de la pente des fossés et des qualités d'absorption du terrain naturel et s'élèvent en général de 10 à 100 mètres. L'évacuation latérale des eaux superficielles doit tenir compte de l'utilisation des terrains avoisinants, c.-à-d. les surfaces agricoles ou labourées ne doivent pas être affectées de manière déraisonnable.

1.2 Drainage de la chaussée

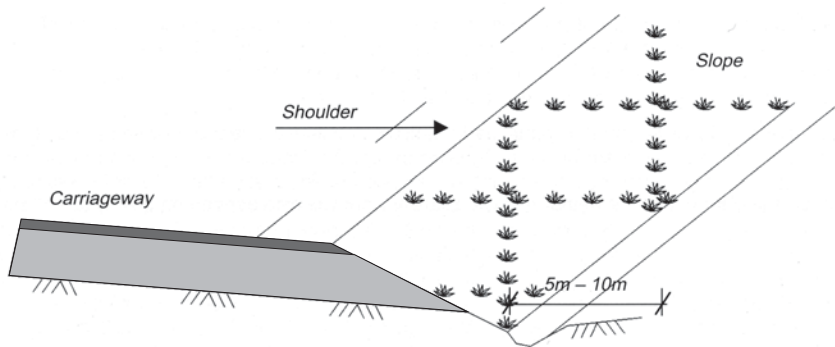


La chaussée est drainée par la pente latérale. Ici, la plupart des erreurs sont commises. Pour les chaussées en terre ou empierrées, cette pente doit être supérieure ou égale à 4%. Ce drainage est le plus facile et le plus efficace, quand les eaux superficielles peuvent s'écouler sans entrave vers le terrain naturel adjacent. La transition du bord de la route vers le terrain naturel doit être aussi douce que possible.

Crossfall = Pente transversale

Image 1: Pente transversale standard

L'eau de pluie tombant sur la surface de la route cherche le chemin de la moindre résistance. L'eau s'écoulant de façon trop concentrée peut provoquer des érosions. Cette eau doit être systématiquement captée et évacuée. Dans ce but, on peut poser des lanières de gazon dont le niveau est légèrement plus élevé que celui de la route, en «arêtes de poisson» ou en diagonales croisées, permettant à l'eau de descendre les talus d'une manière mieux répartie. Ces plaques d'herbes sont à poser en fonction de l'intensité des précipitations, tous les 5 à 10 mètres.



Carriageway = Chaussée / Shoulder = Accotement / Slope = Talus
 Image 2: Protection des talus par gazonnement

1.3 Fossés de drainage

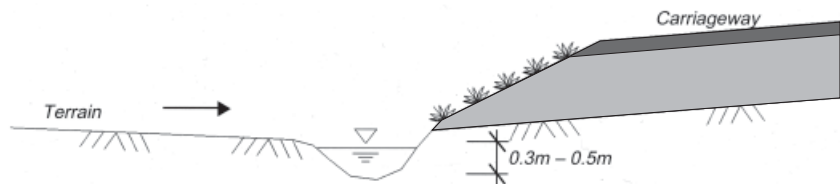
Les fossés transportent les eaux superficielles reçues ou les eaux de percolation des talus vers les sections couvertes, mais peuvent également les laisser s'écouler vers le terrain adjacent. Ces dispositifs de drainages comprennent des fossés (fossés latéraux, fossés de crête et éventuellement des fossés collecteurs au pied de remblais importants), des cuvettes, rigoles, tranchées latérales vers le terrain (conduits à onglet) ainsi des collecteurs qui tous peuvent être revêtus ou non. Ces fossés doivent avoir une pente variant de 0.5 % à 3.0 %.

1.3.1 Types de fossés

1.3.1.1 Fossés latéraux

Pour les routes en déblai il faut prévoir des fossés latéraux pour guider les eaux superficielles vers les avaloirs des passages d'évacuation. Ces fossés sont en général parallèles à l'axe de la route. Quand un remblai routier est construit sur un terrain naturel incliné, il faut prévoir au pied du remblai un fossé pour éviter l'infiltration de l'eau dans le corps du remblai. Plus la hauteur d'un remblai est faible, plus il faut augmenter la largeur et la profondeur des fossés latéraux, pour empêcher l'inondation de la route.

Si possible, des exécutoires sont à aménager à des distances régulières. Ainsi, on peut éviter des sections de fossés importantes et diminuer le danger que les fossés débordent.



Terrain = Terrain nature / Carriageway = Chaussée
 Image 3: Fossé latéral

1.3.1.2 Fossés de crête

Ces fossés se situent au-dessus d'un talus. Ils recueillent les eaux superficielles ruisselant du terrain vers les talus et les évacuent de manière contrôlée. Il faut toujours prévoir des fossés de crête, si en présence de talus importants et de larges zones de concentration de précipitations, des dégâts d'érosion sont à craindre. Dans la plupart des cas, cela entraînerait l'obstruction des fossés latéraux et des points d'évacuation.

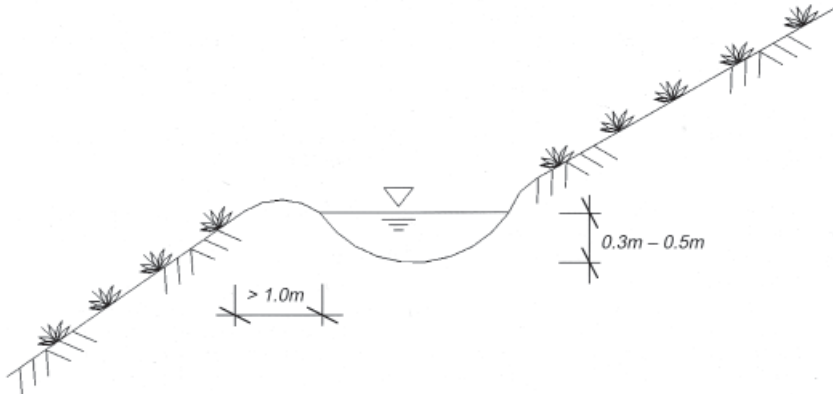


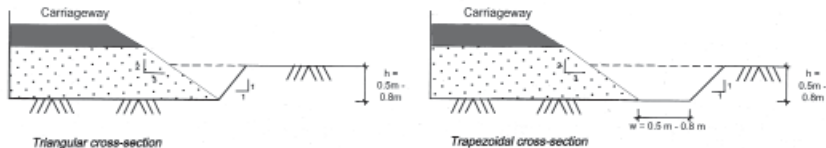
Image 4: Fossé de crête

1.3.2 Formes de fossés

La forme du fossé, soit cuvette, soit rectangulaire ou trapézoïdale dépend de la méthode prévue pour la construction ou l'entretien. Des fossés triangulaires et effilés sont particulièrement appropriés lorsqu'on utilise des machines telles que des niveleuses. Le talus du fossé, côté chaussée, doit avoir une pente plus douce pour des raisons de sécurité du trafic.

Quand on prévoit pour l'entretien futur l'usage d'une niveleuse, l'emploi de cette machine est facilité, si les deux talus du fossé forment un angle droit.

Il est plus difficile de construire des profils trapézoïdaux. On les prévoit souvent pour les pistes d'accès en milieu rural si celles-là sont réalisées manuellement et si l'entretien futur doit être réalisé par l'emploi intensif de main d'œuvre.



Carriageway = Chaussée
 Triangular cross-section = Profil triangulaire

Carriageway = Chaussée
 Trapezoidal cross-section = Profil trapez

Image 5: Formes de fossés

1.3.3 Revêtements des fossés

Si les pentes longitudinales dépassent les 3 %, il existe un risque d'érosion dans les fossés latéraux ; à moins que le terrain ne soit suffisamment compacté ou ferme. On obtient la meilleure protection contre l'érosion en diminuant la quantité et la vitesse de l'eau. La quantité d'eau peut être réduite en augmentant le nombre de sections couvertes et d'ouvrages d'évacuation d'eau vers le terrain et en interrompant simultanément les fossés longitudinaux.

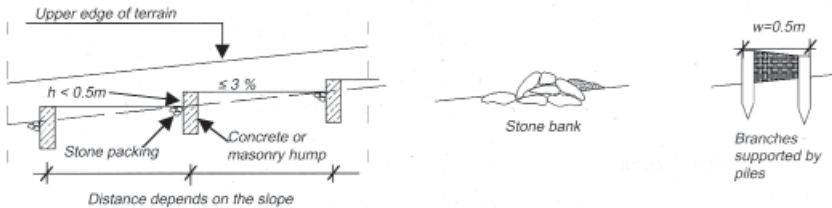
Au cas où ces dispositions ne pourraient être mises en œuvre, une protection des profils du fossé peut être envisagée. Les solutions suivantes se présentent:

- Planter des herbes adaptées (p.ex. chiendent) ou des plantes à racines profondes. Cette végétation doit être coupée régulièrement pour pouvoir développer son efficacité protectrice. Ces plantations demandent une certaine qualité de sol et des précipitations régulières.
- Il est préférable de planter de jeunes plants plutôt que de semer des graines de gazon. Il faut compter 100 jeunes plants ou 20 touffes par mètre carré. Si nécessaire, les accotements aussi peuvent être protégés par des plantations.
- Revêtements à l'aide de moellons rejointoyés. La surface rugueuse de la maçonnerie contribue à la diminution de la vitesse de l'eau.
- Revêtements en béton non armé, coulés sur place ou formés en éléments préfabriqués.
- Aussi bien pour le béton coulé sur place que pour les éléments préfabriqués il faut prévoir suffisamment de joints pour égaliser les tensions dans le béton, dues à la température. Il faut veiller à ce que ces joints restent longtemps étanches sans perdre leur flexibilité. Le rejointoiement peut se faire avec un mélange de bitume-sable qui garantit pendant longtemps cette condition. Pour appliquer ce mélange, les joints doivent avoir une largeur de 1.5 cm.
- En présence de pentes importantes (> 5 %) l'eau peut atteindre une grande vitesse à cause de la faible rugosité des surfaces du béton. Pour empêcher que l'eau ne déborde du fossé sur la chaussée quand le fossé change de direction, il est essentiel de ne pas avoir de courbes abruptes.

Pour que les eaux superficielles puissent s'écouler de la chaussée dans le fossé revêtu, le bord supérieur de ce revêtement doit rester 5 cm en dessous du bord de la chaussée. Autrement, des érosions se forment le long de ce revêtement. En présence de faibles pentes, la couche portante se ramollira à ces endroits et la circulation poussera les plaques de béton ou les pavés dans le fossé.

1.4 Cascades et descentes d'eau

Une autre possibilité de réduire la force de l'érosion de l'eau consiste à la faire descendre en marches.



Upper edge of terrain = Niveau supérieur du terrain / Stone packing = Moellons / Concrete or masonry hump = Seuil en béton ou maçonnerie / Stone bank = Digue en pierres / Branches supported by piles = Fascines entre poteaux / Distance depends on the slope = Distance en fonction de la pente

Image 6: Solutions alternatives pour la construction de seuils.

La distance entre les gradins ressort entre autre du fait que la pente ne dépasse pas 3 %.

On obtient ainsi les distances suivantes:

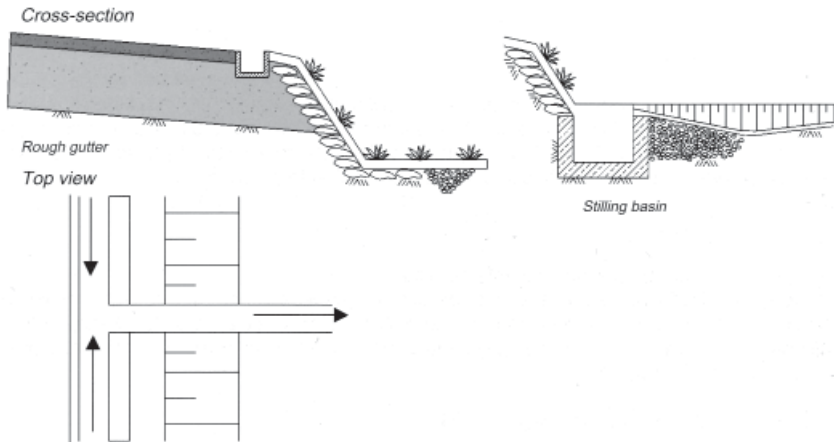
Pente du terrain > 10 %	tous les 5 m,
Pente du terrain 5 – 10 %	tous les 10 m,
Pente du terrain 3 – 5 %	tous les 20 m.

La hauteur des gradins ne doit pas être supérieure à 50 cm pour limiter la profondeur des fossés.

La solution la plus coûteuse consiste à recouvrir les fossés en maçonnerie ou en béton.

Il faut toujours revêtir les descentes d'eau si l'eau captée dans une rigole peut provoquer l'érosion sur un talus en remblai ou sur le terrain adjacent (à forte pente). En général les descentes sont réalisées à section trapézoïdale en maçonnerie de moellon ou en béton.

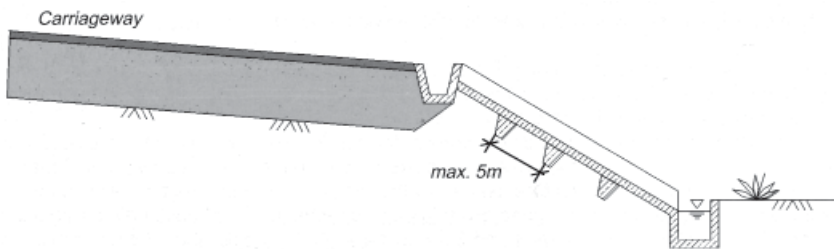
L'inclinaison longitudinale d'une descente est fixée par la pente du talus. La pente, presque toujours importante, conduit à des vitesses d'eau élevées, qui doivent être réduites par des moyens adéquates, soit dans la descente même, soit à l'extrémité inférieure de la construction. Les solutions les plus simples pour réduire l'énergie, sont présentées par des rigoles rugueuses (on pose des moellons irréguliers et émergents) ou par des escaliers. Les bassins à l'extrémité inférieure de la descente sont plus compliqués à réaliser sur le plan hydraulique.



Cross-section = Coupe transversale / Rough gutter = Chaussée / Stilling basin = Bassin de dissipation d'énergie

Image 7: Evacuation des eaux superficielles par le talus dans le terrain adjacent

Pour empêcher que la descente ne se détache du terrain, il faut l'ancrer tous les 5 m à l'aide de «dents». Pour des rigoles longues, des joints sont également utiles afin de permettre à la rigole de suivre les tassements du remblai. Toutefois, ces joints constituent toujours un point faible puisque l'eau peut pénétrer dans le sous-sol si l'entretien n'est pas fait correctement, et provoquer ainsi un affouillement de la rigole.



Carriageway = Chaussée

Image 8: Ancrage d'une descente d'eau

1.5 Sections couvertes

Elles représentent des éléments importants du drainage routier. Elles transportent l'eau des fossés et lui permettent de s'écouler de manière contrôlée sous la route soit vers un terrain adjacent en contrebas soit vers un cours d'eau récepteur. Au chapitre 3 de ce manuel les aspects les plus importants de la conception et de la construction de ces ouvrages sont traités en détail.

1.6 Ponts

Les ponts ne font pas partie des dispositions du drainage routier.

Les ponts permettent aux routes et aux chemins de traverser les cours d'eau plus importants, dont la quantité d'eau ne peut être évacuée par des sections couvertes. La décision de construire un pont dépend du niveau d'eau le plus élevé qui peut être prévu (voire à ce sujet chapitre 6: les petits ouvrages d'art)

1.7 Drainage en sous-sol

Ces drainages n'existent pratiquement pas sur les pistes d'accès en milieu rural. Ils sont mentionnés ici pour mémoire mais ne donnent pas lieu à des commentaires. Il s'agit ici en premier lieu de buses circulaires et de drainages pour collecter des eaux souterraines dans le corps de la route ou ces environs.

1.8 Positionnement dans le terrain et dans le corps de la route

Du point de vue du drainage les routes doivent être considérées comme des obstacles dans le terrain naturel ou dans le paysage, constituant une obstruction à l'écoulement naturel des eaux superficielles, ce qui peut entraîner par endroits une concentration ou une accumulation de l'eau.

L'emplacement d'ouvrages (ponts, ouvrages de drainage) doit donc être déduit du positionnement de la route dans le terrain.

Les conditions de l'écoulement proprement dites sont influencées dans une large mesure par la topographie, c.à.d. par le terrain. Aussi, faut-il, déjà lors de l'étude d'une route, tenir compte du futur drainage, pour réduire des terrassements importants. Le principe majeur à respecter est de perturber le moins possible l'évacuation naturelle. De telles interventions ont, suivant l'importance des terrassements, une influence plus ou moins importante sur le coût global d'un projet.

Le choix de l'implantation des sections couvertes est plus facile si le cours d'eau à traverser est clairement défini et s'il présente une direction d'écoulement précise. Ceci est le cas en terrain vallonné ou montagneux.

En terrain plat la détermination de l'emplacement est plus difficile. Dans les régions climatiques tropicales et subtropicales les sols sont en général peu perméables. Ici, l'attention doit être portée sur des dépressions à peine perceptibles. Lors de très fortes précipitations, quand le sol en surface est déjà saturé et n'absorbe plus d'eau, ces dépressions fusionnent pour former des couches d'eau. La direction dans laquelle l'eau s'écoule n'est pas claire et change souvent. Ceci est notamment le cas, si ces surfaces d'eau se joignent aux crues des rivières voisines (systèmes d'exécutoires). Dans la zone d'influence de deux rivières (système d'exécutoire) qui sont en crue à des moments différents, il faut être attentif à la possibilité que le corps de chaussée en remblai non atteint par les crues, peut interrompre les cours d'eau diffus et à peine perceptibles au premier abord. L'eau se dirige alors en coulant le long du pied du talus, à la recherche de la prochaine section couverte, et en chemin, elle érode le pied du talus. Ce dernier représente en effet l'élément le plus faible de la stabilité du remblai.

Il faut donc veiller, surtout en terrain plat, et ici spécialement entre deux rivières, au nombre suffisamment élevé de sections couvertes, qui même à de faibles distances, égaliseront le niveau des eaux de part et autre du remblai.

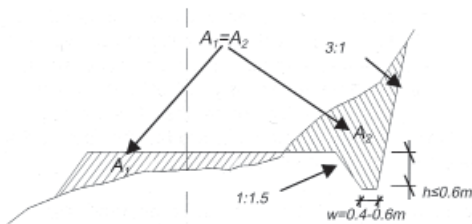
L'emplacement des ponts est, en règle générale, défini d'avance, ces ouvrages devant surtout traverser un cours d'eau. Si les accès sont en déblai, le niveau du pont et le volume des déblais sont à harmoniser pour obtenir la solution la plus économique. Si possible, le pont doit traverser le cours d'eau à angles droits, ayant ainsi la portée ou longueur la plus courte et par conséquent les coûts de construction les plus bas. Des ponts en biais qui sont plus difficiles à exécuter et à un prix plus élevé à cause de la plus grande surface du platelage, deviennent indispensables, si le tracé de la route l'exige (mais ce qui est d'ordre secondaire pour les pistes d'accès en milieu rural), s'il est possible de contenir au minimum les perturbations engendrées pour les conditions hydrauliques du cours d'eau, et dans les cas où la délocalisation / adaptation du cours d'eau est impossible ou démesurément coûteuse.

1.9 Recommandations

En ce qui concerne l'emplacement et la disposition des ouvrages de franchissement et des équipements de drainage, il convient de tenir compte de quelques règles de base, en plus du dimensionnement correct et du choix du profil en travers, pour que les ouvrages puissent fonctionner de manière optimale tout en maintenant les coûts d'entretien à un niveau minimum.

(a) Equilibre des masses en profil en travers.

La construction de pistes d'accès en milieu rural est souvent réalisée en employant beaucoup de main-d'œuvre.



Il est donc d'une plus grande importance de réduire autant que possible le coût des terrassements.

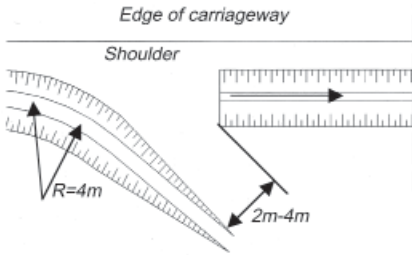
On y arrive en choisissant, pour les sections en déblai l'emplacement du fossé routier de telle manière à équilibrer les masses dans les profils en travers, en réduisant ainsi les transports longitudinaux autant que possible.

Image 9: Equilibre des masses

(b) L'eau des fossés doit être éloignée dans le terrain à des intervalles mesurés.

Pour soulager le fossé, si l'on ne peut pas guider l'eau directement dans un cours d'eau, elle doit être évacuée vers le terrain adjacent (par conduits à onglets ou de dérivation). Les lieux d'évacuation doivent être choisis avec soin, afin que l'eau ne cause aucun dégât. Il faut éviter les changements de direction abrupts pour ne pas offrir à l'eau de surfaces d'attaque. La longueur de ces exutoires doit être de 10 m au minimum.

Les écarts entre les exutoires dépendent de la pente du terrain et de la quantité d'eau à évacuer. Plus les sols sur place sont sujet à l'érosion et plus le terrain est en pente, plus les intervalles entre les ouvrages de sortie doivent être courts. En terrain plat ces distances ne doivent pas dépasser les 100 m; en terrain vallonné (< 5 %) elles sont réduites à 25 – 50 m et aux endroits raides (> 5 %) à 10 m au moins.



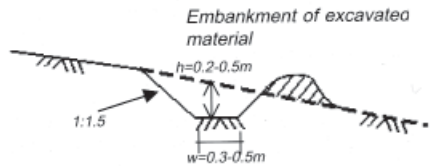
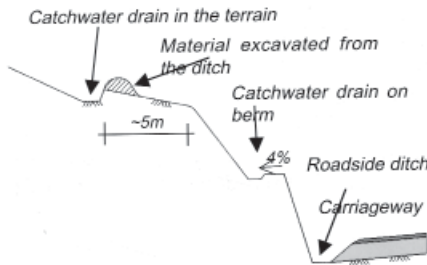
Après chaque exutoire le fossé sur le côté de la route recommence. La largeur entre les deux fossés doit être choisie afin de servir d'accès à des surfaces agricoles. Ainsi on évite de devoir construire des chemins dotés d'ouvrages de franchissement pour traverser les fossés en bord de route, et ce afin d'accéder aux parcelles agricoles.

Edge of carriageway = Bord de la chaussée / Shoulder = Accotement

Image 10: Sortie de fossé vers le terrain adjacent

(c) Les fossés de crête ne doivent pas être installés trop près du bord des talus.

Les fossés de crête collectent l'eau qui s'écoule des terrains plus élevés vers la route ; ils doivent protéger les hauts talus en déblai contre l'érosion et décharger les fossés routiers. Ils sont placés à peu près parallèlement au bord du talus. Entre ce bord et le fossé de crête il faut prévoir un espace de sécurité d'au moins de 3 – 5 m, pour éviter qu'en cas d'érosion du talus en aval, des inondations et ainsi des dégâts plus importants ne se produisent. Mais avant tout, le fossé de crête ne doit pas être menacé par l'érosion régressive du bord du talus. Les terres de déblai peuvent servir utilement à créer un petit remblai de protection au bord, côté aval du fossé, ce qui augmente la fonction de protection du fossé de crête. Mais il faut veiller, à ce que le matériel de déblai, et surtout des pierres isolées ne retombent pas dans le fossé obstruant par conséquent l'écoulement de l'eau.



Catchwater drain in the terrain = Fossé de crête dans le terrain / Material excavated from the ditch = Matériaux excavés du fossé / Catchwater drain on berm = Fossé de crête sur la berme / Roadside latéral = Fossé latéral / Carriageway = Chaussée

Embankment of excavated material = Remblai de matériaux excavés

Image 11: Drainage pour talus important Image

Image 12: Fossé de crête (détail)

Les fossés de crête doivent suivre, plus que les fossés le long des routes, les mouvements du terrain. Il faut donc veiller à ce que les pentes longitudinales maximales admises pour chaque type de sol ne soient pas dépassées. Sinon, des mesures de sécurité sont à prendre (renforcement des fonds de fossés, revêtement, gradins, etc.).

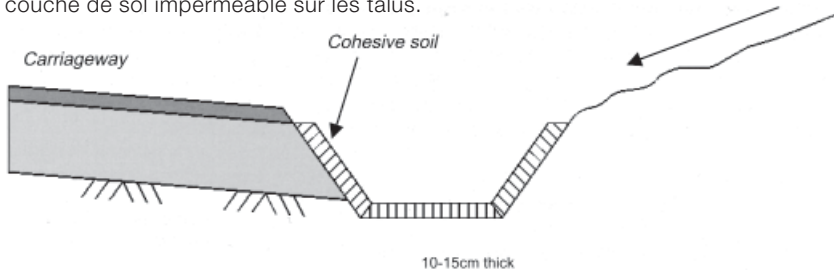
(d) Les conduits de sortie doivent bien s'intégrer dans le paysage

Ces conduits servent à l'évacuation des eaux de la zone routière vers des cours d'eau naturels. C'est pourquoi ils dépendent très fortement de l'inclinaison naturelle de la pente et des contours. D'un point de vue technique, on peut appliquer les mêmes règles que pour les fossés le long des routes. Cependant en fonction des quantités d'eau à évacuer, ils peuvent avoir des dimensions beaucoup plus importantes (par ex. s'ils reçoivent l'eau de plusieurs sources). Des conduits rectilignes paraissent rigides et artificiels. De tels «canaux» sont à éviter.

Des accords doivent être établis avec les propriétaires ou usagers des terrains avoisinants en ce qui concerne la construction et l'usage des conduits de sortie, pour éviter que les propriétaires qui refusent ces travaux n'obstruent ces ouvrages et les rendent ainsi hors d'usage.

e) Des fossés d'évacuation au pied d'un remblai ne doivent pas contribuer à la pénétration de l'humidité dans le remblai.

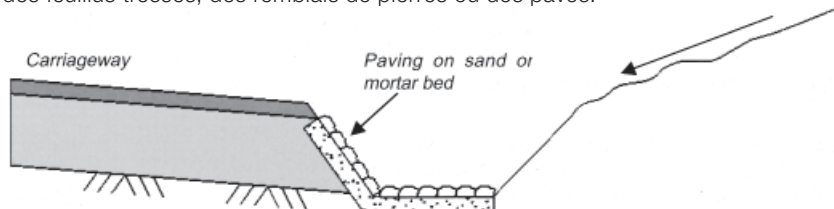
Des fossés d'évacuation au pied des remblais d'une certaine hauteur peuvent être nécessaires si l'eau s'écoule du terrain adjacent vers le remblai. Ceci peut provoquer son ramollissement et des glissements de talus. Il faut y parer en posant par ex. une couche de sol imperméable sur les talus.



Carriageway = Chaussée / Cohesive soil = Sol argileux

Image 13: Scellement d'un fossé avec du sol cohésif

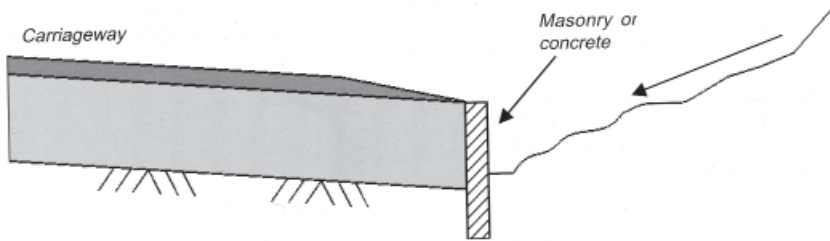
Pour stabiliser le pied du remblai, on peut utiliser des plantes ou des fagots, ou bien des feuillus tressés, des remblais de pierres ou des pavés.



Carriageway = Chaussée / Paving on sand or mortar bed = Pavage sur sable ou lit de mortier

Image 14: Talus pavé, stabilisé avec du mortier

Les réductions de talus par un mur vertical ne sont à conseiller qu'en situation de manque de place puisque le soutènement fourni par de tels murs est souvent surévalué. D'autant plus que cette solution est très coûteuse.



Carriageway = Chaussée / Masonry or concrete = Maçonnerie ou béton

Image 15: Réduction de talus

Pour pouvoir évacuer des quantités importantes, les fossés d'évacuation doivent être rendus imperméables par un revêtement.

2 Critères de sélection pour les ouvrages de franchissement des cours d'eau

Pour réduire le coût de terrassement, les pistes d'accès en milieu rural doivent tenir compte autant que possible de la morphologie du terrain, ce qui peut augmenter fortement la part des coûts liés au drainage. Par un choix judicieux de ces ouvrages, il est possible de contribuer de manière décisive à la rentabilité et à la durabilité d'une piste d'accès. Les ouvrages choisis doivent donc:

- répondre aux exigences hydrauliques
- pouvoir être réalisés avec des moyens simples et disponibles sur place
- être économiques
- laisser entrevoir une longue durée de vie
- pouvoir être entretenus par des moyens simples et à moindres coûts.

Ces conditions doivent être respectées lors du choix de la solution technique. Normalement ces routes de développement rural ne traversent que de petits cours d'eau. Pour traverser ces ruisseaux et rivières, des ponts de faible portée, des sections couvertes ou des gués entrent en ligne de compte. Ci-après on trouvera pour ces différentes solutions des critères généraux utiles pour le choix de l'ouvrage le mieux adapté.

Pour des ruisseaux et petits cours d'eau on ne dispose pas en règle générale d'observations sur leurs débits, qui pourront servir de base au dimensionnement. Le calcul des débits à l'aide du bassin versant peut également poser des difficultés si aucun matériel cartographique actuel et précis n'existe. Dans une telle situation des riverains habitant depuis un certain temps près du cours d'eau pourront fournir des informations précieuses concernant les débits (niveaux des eaux) et la fréquence des débits maximaux. Les informations des riverains peuvent être confirmées en observant les objets flottants restés accrochés dans les buissons ou arbres des rives. Une visite des lieux s'impose.

2.1 Petits ouvrages d'art (ponts)

Pour les pistes d'accès en milieu rural, le choix d'un pont est toujours indiqué quand il s'agit de traverser un cours d'eau très encaissé dont le débit subit de fortes variations saisonnières. Ici la réalisation de sections couvertes conduirait à une diminution très forte de la section du cours d'eau et de ce fait à une massive entrave au régime d'écoulement de l'eau. De fortes érosions sur le site de l'ouvrage pourraient se manifester.

Les culées sont à situer de manière à exclure tout danger d'affouillement. Ceci peut conduire fréquemment à des portées plus grandes que nécessaire du point de vue hydraulique. Des solutions alternatives telles que des fondations sur pieux ou des palplanches sont en général plus coûteuses mais pourront être nécessaires vu la qualité des sols.

D'une manière générale et de toute façon en présence de petites portées, les culées hautes ne constituent pas une bonne solution. Le poids vertical dû à la circulation et au poids propre (petite portée) est bien moins important que la poussée de terre sur les culées, qui de ce fait travaillent comme des murs de soutènement, demandant des mesures particulières.

Ce manuel ne traite pas d'une manière approfondie les petits ouvrages d'art. Néanmoins d'autres courtes remarques se trouvent au chapitre 6.

2.2 Sections couvertes

Comme déjà mentionné, les sections couvertes sont plus adaptées aux les terrains vallonnés ou plats. Le plus souvent elles doivent surtout conduire l'eau des fossés latéraux sous la route vers l'exécutoire le plus proche. Mais des petits ruisseaux peuvent également être traversés à l'aide d'une section couverte, s'ils ne transportent pas des matériaux flottants qui pourraient boucher la section couverte. L'emplacement de la section couverte doit être choisi de manière à maintenir la direction et la pente du ruisseau.

Les sections couvertes peuvent avoir une section circulaire ou rectangulaire. Le choix dépend surtout des matériaux disponibles sur place et ainsi des coûts de réalisation. Des frais de transport élevés et le risque de casse limitent l'emploi des tuyaux. Devant cette éventualité on choisira plutôt une section rectangulaire (dalot): on pourra utiliser des pierres naturelles pour les parois latérales et il faudra seulement s'approvisionner en gravier, sable et ciment pour la dalle supérieure et le mortier. Dans ce cas, les pertes dues au transport sont négligeables.

Si une seule section couverte ne suffit pas à prendre toute l'eau, plusieurs peuvent être placées les unes à côté des autres pour former une chaîne. En présence de ruisseaux ou de petites rivières dont le flux maximal est de courte durée, le flux normal s'écoulera par la buse ou le dalot tandis que les flux maximaux passeront sur le corps de chaussé. Dans ce cas, il faut revêtir les talus avoisinants (amont, aval) ainsi que la chaussée pour protéger le corps de chaussé des dégâts. Cette solution est toujours recommandée, si les cours d'eau transportent des objets flottants.

D'autres remarques concernant l'étude et la réalisation des sections couvertes se trouvent aux chapitres 3 et 5.

2.3 Gués

Le gué est la solution la plus simple pour traverser les cours d'eau. Dans ce cas, la chaussée est pavée dans le lit de la rivière, de manière à ce que l'eau puisse s'écouler en passant au-dessus de la route. Le niveau de la chaussée doit être légèrement abaissé pour concentrer l'eau sur une partie définie de celle-ci. Ceci peut perturber considérablement le flux du trafic routier car la vitesse des véhicules doit être réduite afin d'éviter qu'ils ne soient endommagés. Pour cette raison l'emploi de gués se limitera aux routes à faible trafic comme c'est en général le cas des pistes d'accès en milieu rural.

On donnera la préférence à un gué même si le cours d'eau transporte de grandes quantités d'objets flottants ou de solides, à condition que les conditions topographiques le permettent et que la construction d'un pont ne peut être envisagée en raison de l'encaissement du lit de la rivière. Les gués sont également inappropriés, si les niveaux d'eau restent en permanence élevés ou sur une longue durée. Les véhicules y circulant pourraient en effet être mis en danger par la pression latérale et la sous-pression de l'eau.

D'autres aspects concernant les gués se trouvent au chapitre 5.

3 Sections couvertes

Les sections couvertes remplissent deux fonctions:

- Les sections couvertes sont utilisées pour qu'une route traverse un cours d'eau. En général, elles sont placées aux endroits naturels les plus bas du terrain, c.à.d. dans les dépressions naturelles et vallées. Les cours d'eau qu'elles traversent servent à absorber l'eau provenant des sections routières voisines des deux côtés.
- Les sections couvertes de décharge évacuent les eaux provenant des fossés routiers en amont par en-dessous de la route vers l'autre côté – du côté de la vallée – quand la limite de capacité du fossé routier est atteinte, et qu'aucune méthode plus simple d'évacuation vers le cours d'eau n'est envisageable en raison de la topographie. Ils sont souvent posés en pente, ce qui nécessite en règle générale des avaloirs spéciaux.

Du point de vue structurel les sections couvertes peuvent être exécutées sous forme de buse (à section circulaire) ou de dalot (à section rectangulaire). Elles sont traitées dans les chapitres suivants.

3.1 Busages

3.1.1 Considérations fondamentales

Les busages sont les ouvrages les plus fréquents et les plus économiques pour conduire les eaux superficielles et tout les petits cours d'eau à travers le corps routier.

Il faut prévoir des busages aux endroits où les cours d'eau naturels croisent le tracé de la route, et aussi, à des intervalles réguliers et toujours aux points les plus bas

de l'inclinaison. Elles permettront d'évacuer les eaux superficielles présentes sur la chaussée et sur les talus (du côté le plus élevé vers le cours d'eau), ou d'égaliser les niveaux d'eau qui pourront être inégaux des deux côtés de la route au cours de certaines saisons.

Quand il est possible que les cours d'eau existants s'écoulent à travers les buses, les ouvrages doivent être posés dans la même direction que le flux naturel afin d'éviter, dans la mesure du possible, l'érosion dans les zones de prise et des exutoires.

En règle générale, des murs de soutènement doivent être prévus aux deux extrémités (ouvrages d'entrée et de sortie).

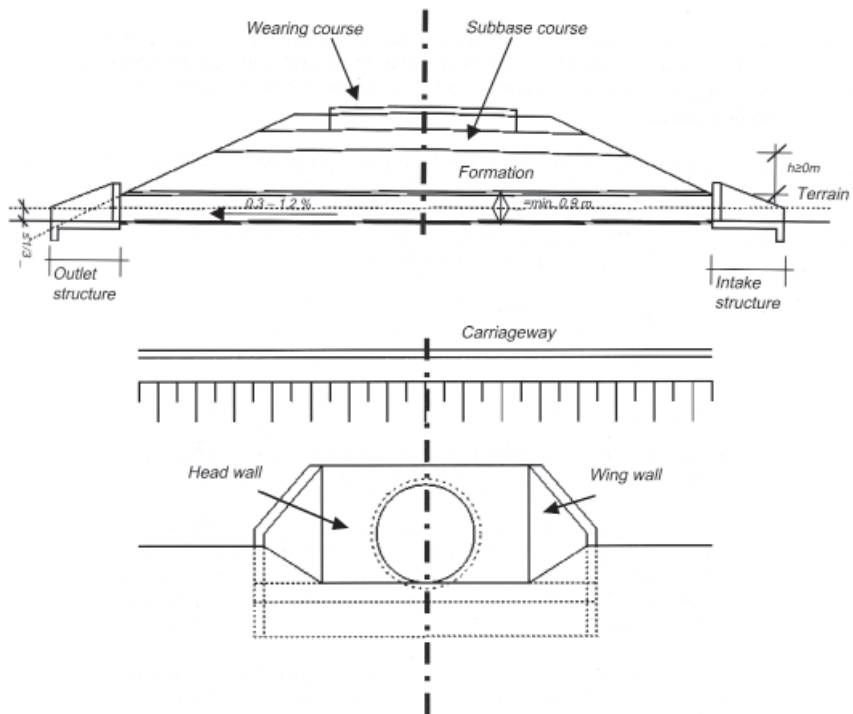
La pente longitudinale des buses doit s'élever à des valeurs variant entre 0.3 à 1.2 %. Les buses servant à l'égalisation des niveaux d'eau de part et d'autre de la route doivent être posés horizontalement.

Le diamètre des buses doit être au moins de 90 cm pour faciliter l'entretien et notamment le nettoyage dont l'absence peut avoir une influence négative sur le corps de chaussée. Seules les buses d'une longueur inférieure à 6 m et placées sous les rampes d'accès des chemins menant à la route pourront avoir des diamètres inférieurs.

Pour des raisons économiques toutes les buses d'un même projet auront le même diamètre. Pour des volumes d'eau plus importants, on peut également poser un ensemble de buses (4 au maximum).

Le radier des buses ne doit en aucun cas être posé plus profond qu'un tiers du diamètre de la buse sous le terrain naturel. Et ce pour éviter l'ensablement du fossé en aval ou l'entrée de terre en amont. Si nécessaire le tracé longitudinal de la chaussée doit être rehaussé.

Le sommet des buses doit rester dans le corps du terrassement et ne pas se trouver dans la couche de base ou de fondation de la chaussée.



Wearing course = Couche d'usure / Subbase course = couche portante inférieure / Formation = Formation / Terrain = Terrain / Outlet structure = Ouvrage de sortie / Intake structure = Ouvrage d'entrée / Carriageway = Chaussée / Head wall = Mur de tête / Wing wall = Mur en aile

Image 16: Eléments-type d'un busage

3.1.2 Buses en béton

3.1.2.1 Remarques fondamentales

On préfère toujours les buses en béton aux buses métalliques quand, dans le cadre d'un projet, un certain nombre d'ouvrages est à réaliser et quand les composantes du béton (sable, granulat, ciment) sont disponibles à des distances raisonnables (grave < env. 50 km, ciment < env. 500 km).

En général, il est plus économique d'employer des tuyaux fabriqués centralement que de réaliser des ouvrages à l'aide de coffrages gonflables ou de coffrages métalliques utilisables plusieurs fois pour des tuyaux simples de même diamètre. Ceci suppose cependant que des engins de pose (camion à grue hydraulique, grue mobile, etc.) soient disponibles.

3.1.2.2 Recommandations

(a) La fabrication des tuyaux en béton demande une grande attention.

La fabrication de tuyaux demande beaucoup de soins. La grave (sables, graviers ou concassées) doit être de très bonne qualité. Pour le ciment on choisira le ciment Portland. L'eau salée ou saumâtre demandera l'emploi de ciment «haut fourneaux».

Le dosage du ciment s'élève en général à 350 kg par mètre cube de béton.

Les tuyaux sont le plus fréquemment fabriqués à l'aide de coffrages en acier d'une longueur standard de 1.00 à 1.50 m.

Néanmoins, à cause du poids le tuyaux d'un mètre de long constitue la règle. Les tuyaux à collet étant difficile à fabriquer on prévoit surtout des joints droits, qui demandent toutefois une technique de pose spéciale.

Si les tuyaux doivent être armés (diamètre > 60 cm en cas de charges de trafic élevées ou d'une couche de revêtement fine), il faut veiller à ce que l'armature soit correctement centrée et que d'enrobage des aciers ait une épaisseur d'au moins 2 cm. Des valeurs plus faibles pourront provoquer la corrosion des aciers et la destruction précoce de la buse.

Pour éviter des nids de gravier dans le béton celui-ci doit, suivant sa consistance être vibré ou subir un piquage.

Les buses en béton doivent être maintenues humides pendant les 5 jours qui suivent le coulage, sinon le béton n'atteindra pas la solidité désirée.

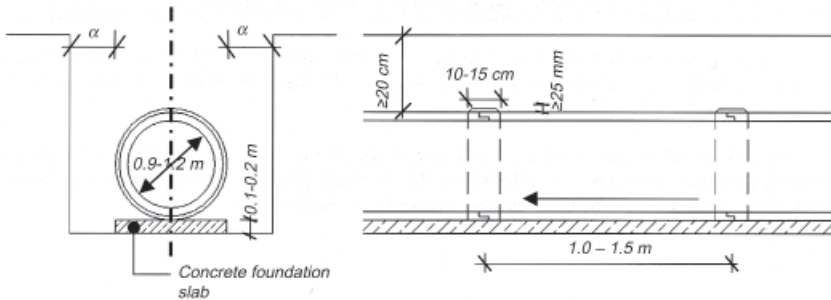
Le transport et la pose des tuyaux ne peuvent être entrepris que 14 jours après leur coulage.

En effet, c'est seulement ce délai passé que le béton acquerra la solidité et la résistance nécessaires.

(b) Seules les buses correctement mises en place garantissent le bon fonctionnement des sections couvertes.

Lors de la construction de nouvelles routes, il est recommandé d'ouvrir les tranchées pour poser les buses après l'achèvement du corps de chaussée ou dans le cas de remblais élevés, dont la hauteur dépasse d'au moins 20 cm le sommet de la future buse.

Après l'ouverture de la tranchée il faut poser sur le fond de cette tranchée un lit de sable uniforme et compacté sur lequel les buses en béton sont posées. Si une charge de trafic élevée est prévue (camions), on doit poser les tuyaux sur une couche de fondation en béton maigre. Cette couche, aura suivant la nature du sol naturel, une épaisseur variant de 10 à 20 cm ; elle sera légèrement armée sur des sols très compressibles.



α_{\min} = width of the envisaged compacting machine + 0.1 m

Concrete foundation slab = Dalle de fondation en béton

Image 17: La pose de tuyaux en béton

Les tuyaux doivent être alignés de manière à ce que les radiers intérieurs soient droits et sur le même trait de niveau. Les joints de contact entre les tuyaux doivent être comblés à l'intérieur avec du mortier de ciment et lissés. A l'extérieur, les joints sont couverts d'une manchette en mortier d'une épaisseur de + / - 25 cm. Cette manchette est à protéger contre un séchage rapide. Des restes de mortier se trouvant à l'intérieur doivent être enlevés avant qu'ils ne durcissent. Des tuyaux endommagés ne peuvent pas être posés dans le corps de chaussée puisqu'ils n'ont pas la force suffisante pour supporter la charge de trafic. Cela se traduirait par un ramollissement prématuré du remblai.

(c) Le remblaiement des tranchés doit être régulier.

Le remblaiement des tranchés doit se faire avec du matériau adéquat, et en aucun cas à l'aide de pierrailles et de gravier de grosse granulométrie. Les matériaux ne doivent pas être plus perméables que le terrain naturel, pour éviter de noyer l'ouvrage et de mettre en péril sa stabilité. Le compactage doit correspondre à celui des terrassements environnants, sinon des tassements dans la zone de l'ouvrage sont à craindre. Pour atteindre cet objectif, les matériaux utilisés doivent avoir une certaine humidité et être mis en place en couches de 20 cm maximum. Exceptionnellement, quand l'espace latéral ne permet pas l'usage d'une plaque vibrante ou d'une dame-jeanne mécanique on peut choisir des matériaux stabilisés au ciment d'un degré d'humidité adéquat, et les compacter manuellement. Le remblaiement et le compactage doivent se faire simultanément des deux côtés. Sinon, les tuyaux risquent de se déplacer.

3.1.3 Buses métalliques

3.1.3.1 Remarques fondamentales

L'emploi de buses métalliques doit toujours être envisagé, si

- Seulement un petit nombre de buses doit être utilisé au cours du projet,
- les tuyaux dont il est question sont fabriqués dans le pays même ou les devises nécessaires pour leur importation sont disponibles,
- les agrégats et / ou le ciment ne sont pas disponibles ou seulement à des prix exagérément élevés.

Cependant en présence d'eaux corrosives, il faut renoncer à l'usage de tuyaux métalliques. Si des tuyaux posés antérieurement le long de la route ou aux alentours ont rapidement rouillé (+/- 5 ans), cela peut fournir des indications quant à la corrosivité des eaux.

3.1.3.2 Recommandations

(a) Le même type de tuyau doit être utilisé pour tout le projet.

Dans le cadre d'un même projet, la règle est d'utiliser des tuyaux ayant le moins possible de diamètres et d'épaisseurs métalliques différents. Pour des raisons d'entretien, le plus petit diamètre doit être de 90 cm.

En présence de sols agressifs ou d'eau saumâtre, les tuyaux doivent recevoir un double zingage, ou les divers éléments des tuyaux doivent recevoir à l'intérieur ainsi qu'à l'extérieur un enduit de protection bitumineux.

(b) Poser uniquement des tuyaux qui ne sont pas endommagés.

Avant de poser les tuyaux leurs couches de protection doivent être examinées. Les endroits où ces couches sont abîmées doivent être nettoyés à la brosse avant d'appliquer de nouveaux enduits. Les déformations survenues lors du transport sont à corriger avant la pose.

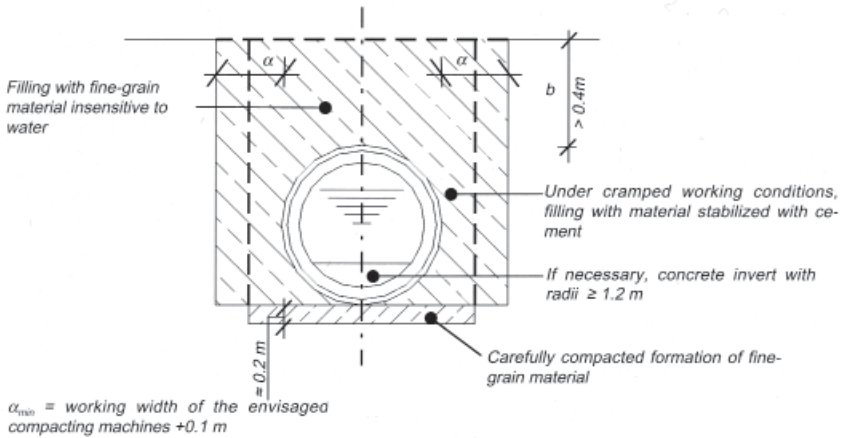
Les tuyaux métalliques doivent être posés comme ceux en béton. Mais en plus il faut tenir compte des prescriptions du fabricant. Le remblaiement depuis le niveau de pose devrait dépasser le sommet du tuyau d'environ 40 cm. Le matériau d'assise ne doit pas contenir de pierres pointues afin de ne pas abîmer la couche de protection. La fondation pour les tuyaux métalliques doit être aussi bien compactée que celle des tuyaux en béton.

Pour des diamètres plus importants (> 1.20 m), il est recommandé de doubler le radier avec du béton. Ceci facilitera ainsi le nettoyage des sections couvertes.

(c) La qualité du remblaiement a une influence importante sur la longévité des sections couvertes.

Le remplissage de ces fossés est à exécuter avec des matériaux adéquats, non cohérents.

Le compactage doit être au moins égal à celui du corps de chaussée. Pour le reste les éléments mentionnés au point 3.1.2.2 (c) s'appliquent également ici.



Filling with fine-grain material insensitive to water = Remblaiement avec des matériaux à granulométrie fine et insensibles à l'eau / Under cramped working conditions filling with material stabilized with cement = Sous conditions de travail exigües, remblaiement avec des matériaux stabilisés par du ciment / If necessary, concrete invert with radii ≥ 1.2 m = si nécessaire, radier en béton d'un rayon ≥ 1.2 m / Carefully compacted formation of fine-grain material = Semelle en matériaux à granulométrie fine bien compactée / working width of the envisaged compacting machines = Largeur de travail des machines de compactage prévues

Image 18: Remblaiement des busages

Si le corps routier est constitué de matériaux cohérents, il est essentiel d'éviter que les buses évacuent en pression c.à.d. que le niveau d'eau atteigne le sommet intérieur du tuyau. Puisque les tuyaux métalliques ne sont pas étanches, les sols voisins sensibles à l'eau seront trempés, ce qui entraînera des déformations du corps de chaussée sous la pression du trafic aux environs des sections couvertes. On peut y remédier avec un remblaiement en utilisant des matériaux stabilisés avec ciment. (Dosage: 2 sacs de ciment pour un mètre cube de remblai.)

Ici également, le remblaiement est à réaliser simultanément des deux cotés pour éviter le déplacement des tuyaux de leur alignement.

3.1.4 Ouvrages d'entrée et busages

3.1.4.1 Remarques fondamentales

Les ouvrages d'entrée des dispositifs de drainage constituent des éléments particulièrement vulnérables d'une route, car c'est ici que se concentrent les eaux superficielles et les cours d'eau qui doivent être évacués sous la route. Ils doivent dès lors être conçus et construits de telle façon que les quantités d'eau attendues n'endommageront pas la substance du corps de chaussée.

Les ouvrages d'entrée et de sortie, en amont et en aval doivent remplir des fonctions différentes et les concevoir et les construire de manière identique serait une erreur du point de vue technique.

Dans la zone d'entrée de l'ouvrage la liaison avec les fossés longitudinaux ou les petits cours d'eau ne doit pas présenter de brusques changements de direction de l'écoulement. Aux endroits où ceci n'est pas possible, il faut prévoir une protection adéquate contre l'érosion. L'étendue de telles protections dépend de la quantité et de la vitesse de l'écoulement des eaux, de la résistance du sol (de sa résistance à l'érosion) ainsi que de la géométrie de la zone d'entrée.

La forme de l'ouvrage d'entrée ne doit pas entraîner un changement du type d'écoulement, ni une diminution de la vitesse d'écoulement par une diminution de la pente ou un agrandissement de la section hydraulique, car tout ceci provoquerait la sédimentation dans la zone d'entrée.

3.1.4.2 Recommandations

(a) La conception d'un ouvrage d'entrée doit assurer que l'eau affluant emporte avec elle ses matériaux en suspension lorsqu'elle entre dans la section couverte.

En règle générale, les ouvrages d'entrée se composent d'un mur de tête résistant à l'eau. Il est bien relié à la buse afin d'empêcher que l'eau ne passe le long et en dessous de celle-ci et protège ainsi le corps de chaussée contre les eaux s'écoulant à cet endroit de manière concentrée.

Ces murs sont reliés à des murs en aile protégeant les talus et, suivant la nature du sol, à un radier, muni ou non, d'une parafouille pour protéger l'ouvrage contre l'affouillement.

L'ouvrage d'entrée collecte l'eau y compris les matériaux transportés et en suspension et la conduit dans la buse. Il doit donc être conçu de manière à évacuer l'eau rapidement et uniformément vers la buse sans tourbillon ni de changement brusque de pente.

Suivant la géométrie du cours d'eau par rapport à la route les murs en aile peuvent être symétriques ou non. Ils sont à aligner avec le talus de la route.

Pour éviter des affouillements derrière les murs de tête ou en aile par les eaux ruisselantes de la chaussée ou des talus on peut, en cas de besoin, protéger les bords des talus par des mesures complémentaires (avec des plantes ou revêtements, en fonction de la quantité d'eau).

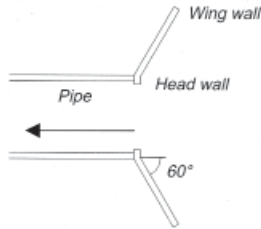
La largeur du mur d'extrémité doit être limitée puisque les murs en aile ont tendance à acheminer tout le flux directement dans la buse. Si les ouvrages d'entrée sont trop larges, cela favorisera la sédimentation dans la zone d'entrée.

Le radier et le fond de la buse doivent avoir le même niveau et la même pente. La construction de bassin de décantation en sable est inutile ;

a.) en effet, ces bassins se remplissent très rapidement après peu de précipitations intenses

b.) ils ne sont nettoyés que rarement et une végétation peut s'y installer.

Il est préférable de concevoir les ouvrages d'entrée de telle manière à ce qu'ils permettent aux sédiments transportés par l'eau d'être évacués à travers la buse et peuvent être déposés en aval sans nuire au corps de chaussée.

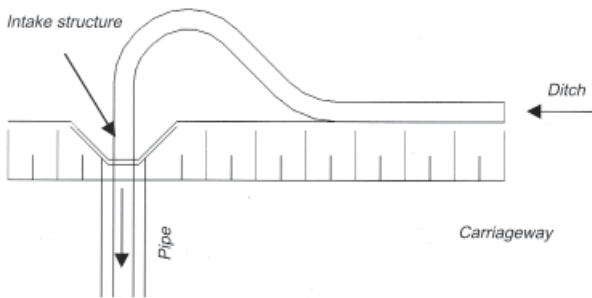


Wing wall = Mur en aile / Head wall = Mur de tête / Pipe = Tuyau

Image 19: Ouvrage d'entrée à mur de tête normal

(b) Entre les fossés longitudinaux et l'ouvrage d'entrée, il ne doit pas y avoir de changement abrupt de la direction de l'écoulement de l'eau.

Les fossés longitudinaux doivent, pour éviter des changements abrupts de la direction de l'écoulement ou de la pente, être courbés à l'approche de l'ouvrage. Si le terrain naturel rend impossible la réalisation de transitions progressives des protections antiérosives sont à prévoir, tel que revêtements, guidages et avaloirs.



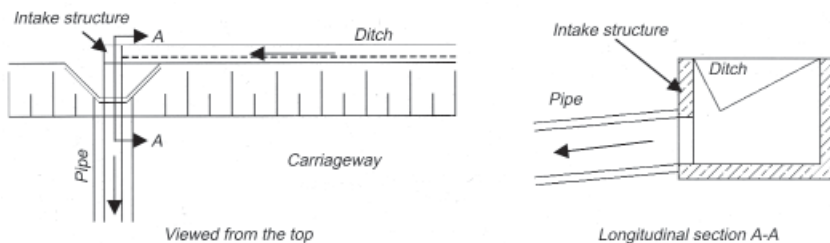
Intake structure = Ouvrage d'entrée / Ditch = fossé / Carriageway = Chaussée / Pipe = Tuyau

Image 20: Forme du fossé

(c) Des modifications de direction de l'écoulement sont à soutenir par des guidages.

Les guidages contrôlent le sens du flux d'eau. Leur construction permet des changements graduels et l'entrée de l'eau affluant sans endommager l'ouvrage. En présence de grandes quantités et de fortes vitesses d'écoulement, des modifications de 90 degrés de la direction sont à éviter.

Suivant le volume et la vitesse de l'eau, les guidages peuvent prendre la forme d'un remblai en terre, avec ou sans végétation protectrice, avec une couche en pierres meubles ou jointes ou la forme d'un mur de béton.



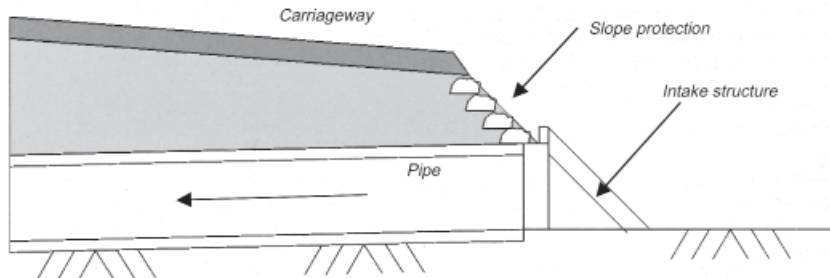
Intake structure = Ouvrage d'entrée / Ditch = fossé / Intake structure = Ouvrage d'entrée / Ditch = Fossé / Pipe = Tuyau / Carriageway = Chaussée / Viewed from the top = Vue de dessus / Longitudinal section A-A = Section longitudinale A-A

Image 21: Ouvrage d'entrée avec avaloir

(d) Les talus à proximité d'un ouvrage d'entrée sont à protéger avec précaution.

A l'intérieur de l'ouvrage d'entrée lui-même, la protection des talus est assurée par les murs en aile. Face à l'écoulement vers la chaussée, le remblai de la route doit être protégé de manière supplémentaire au-dessus des murs d'entrée ou seulement dans la zone où les murs d'entrée sont connectés en fournissant une protection au talus ou en plantant de la végétation.

Contre l'eau ruisselant de la chaussée le talus routier est protégé au-dessus du mur d'entrée et des deux cotés par de l'engazonnement ou de la maçonnerie, comme illustré à l'image 21.



Carriageway = Chaussée / Slope protection = Protection des talus / Intake structure = Ouvrage d'entrée / Pipe = Tuyau

Image 22: Protection de talus

(e) Les chaînes de buses partageront le même ouvrage d'entrée.

Plusieurs buses juxtaposées sont reliées par un seul ouvrage d'entrée. Les recommandations susmentionnées s'appliquent aussi aux chaînes de buses.

3.1.5 Ouvrages de sortie pour busages

3.1.5.1 Remarques fondamentales

Les ouvrages de sortie doivent évacuer en permanence les eaux superficielles après leur passage à travers le corps de chaussée via la buse. L'eau ne doit pas stagner aux pieds du remblai.

Dès lors ils doivent être conçus de telle manière que l'eau, y compris les sédiments qu'elle transporte, est éloignée de la zone de la route. Des changements de direction d'écoulement ne sont admis qu'à l'extérieur de cette zone. Si cela s'avère impossible, des mesures de protection de l'ouvrage sont nécessaires.

3.1.5.2 Recommandations

(a) La conception des ouvrages de sortie doit garantir que l'eau ne provoque aucun dégât quand elle s'écoule de la section couverte vers le terrain.

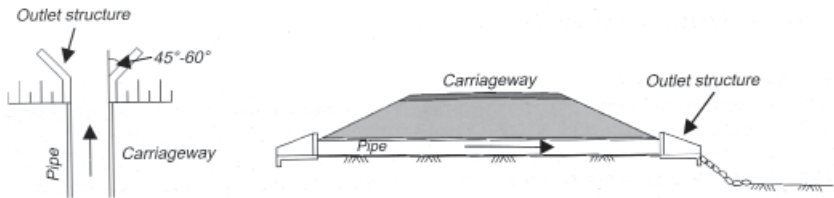
L'ouvrage de sortie pour une buse simple ou une chaîne de buses se compose, en règle générale, du mur de tête, du radier et des murs en aile.

De même que pour les ouvrages d'entrée, le mur de tête de l'ouvrage de sortie est relié à la buse pour éviter des ruissellements et affouillements parallèles au tuyau. La hauteur du mur de tête résulte du point d'intersection avec le talus. Les recommandations données au point 3.1.4.1 valent également pour les ouvrages de sortie.

Les murs en aile devront être parallèles à l'axe de la buse, une telle disposition permettant d'avoir un volume de murs minimum. De cette sorte, une modification au niveau du type d'écoulement de la décharge a lieu uniquement à l'extérieur du corps routier.

Si une diminution de la vitesse de l'écoulement à la sortie de la buse est souhaitable pour réduire le potentiel de l'érosion et s'il n'existe pas de danger de sédimentation, les murs en aile doivent être disposés de manière à former un angle avec l'axe, dans la plupart des cas compris entre 45 à 60 degrés.

La solution la plus économique pour les busages consiste à prolonger les buses à travers le talus sans ouvrage de sortie mais avec une simple protection du talus. Outre une comparaison des coûts avec ou sans ouvrage de sortie pour les buses qui auront alors des longueurs différentes, il faut veiller à assurer une liaison solide entre les tuyaux de la dernière section avec ceux de l'avant dernière. Ceci ne pose pas de difficulté pour les tuyaux métalliques ARMCO – qui peuvent être posés à toute longueur souhaité. Cette solution est toutefois à exclure pour des tuyaux en béton à juxtaposer quand les talus sont peu inclinés. En effet, les derniers joints ne sont plus protégés par le corps routier.



Outlet structure = Ouvrage de sortie / Carriageway = Chaussée / Pipe = Tuyau
Image 23: Ouvrages de sortie

(b) Le terrain en dessous de l'ouvrage de sortie doit être protégé contre l'érosion régressive.

La zone de sortie doit être résistante à l'érosion afin que l'ouvrage et le corps routier ne soient pas menacés par l'érosion régressive.

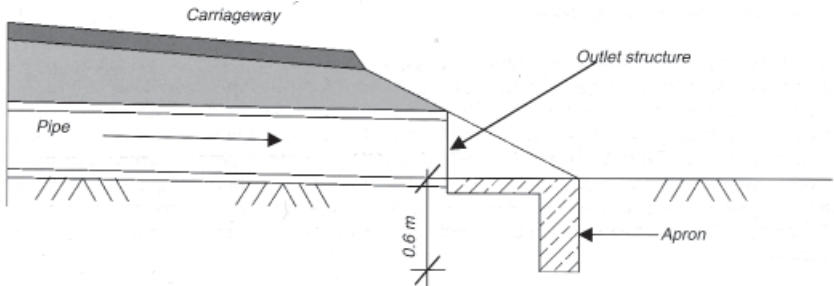
Des mesures de précaution sont à mettre en place jusqu'à un endroit aussi éloigné que possible de la route où ce risque n'existe plus, même pour le futur. En fonction de la nature du terrain, de la pente du terrain, de la quantité et de la vitesse du ruissellement, des travaux substantiels peuvent s'avérer nécessaires qui dans les cas extrêmes, peuvent requérir la protection d'une pente montagnaise jusqu'à l'évacuation dans un petit cours d'eau stable.

Des mesures appropriées comprennent:

- Un radier avec parafouille:

C'est le type d'aménagement le plus utilisé pour un ouvrage de sortie.

Les parafouilles prolongent le chemin de l'infiltration de l'eau au delà de la buse et doivent être suffisamment profonds pour rendre impossible toute érosion régressive. En règle générale elles descendent à 60 cm de profondeur. Si cette profondeur n'est pas suffisante, d'autres mesures doivent être prises telles que la pose de gabions, l'enrochement ou la plantation de végétaux protecteurs.



Carriageway = Chaussée / Outlet structure = Ouvrage de sortie / Pipe = Tuyau / Apron = Parafouille

Image 24: Ouvrage de sortie avec parafouille

- Empierrement:

Si l'on dispose sur place de moellons ou de débris rocheux, la méthode d'empierrement est économique. Les dimensions des moellons dépendent de la vitesse de l'eau quand elle passe l'ouvrage de sortie. Normalement les arrêtes doivent avoir une

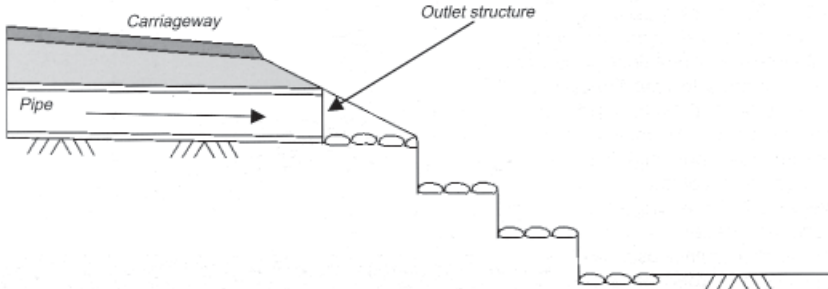
longueur supérieure à 15 cm. Un prérequis pour cette mesure est que les matériaux d'assise ne doivent pas être affouillés. Par ancrage à l'aide de piquets au terrain de fondation on peut accroître la durabilité.

- Couche de finition au mortier:

Si l'assise n'est pas stable, il doit y avoir un enrobage au mortier. Dans ce cas, on peut utiliser des pierres plus petites et plus légères. Par le jointoiment les moellons résisteront au ruissellement.

- Gradins:

Il s'agit de descentes d'eau artificielles où naturelles en matériaux non érodables pour la transformation d'énergie (réduction de la vitesse d'écoulement) en terrain raide.

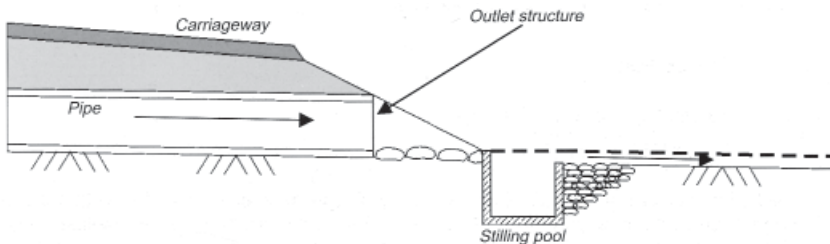


Carriageway = Chaussée / Outlet structure = Ouvrage de sortie / Pipe = Tuyau

Image 25: Ouvrage de sortie à gradins

- Plan incliné et bassin de dissipation d'énergie:

Dispositif servant à l'évacuation rapide des volumes d'eau de la zone immédiate du corps routier suivie par la transformation d'énergie. (Un tel ouvrage peut être exposé à des forces considérables et nécessite l'élaboration par un ingénieur spécialisé).



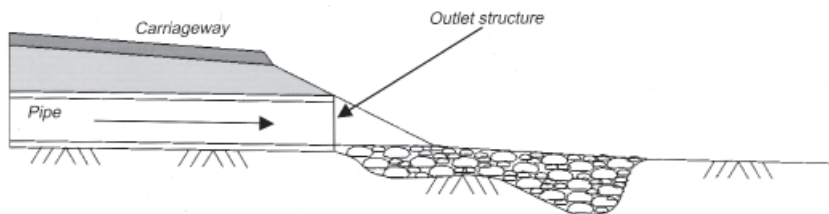
Carriageway = Chaussée / Outlet structure = Ouvrage de sortie / Stilling pool = Bassin de dissipation

Image 26: Sortie avec bassin de dissipation

- Gabions semelles et gabion cage:

Ils permettent également l'emploi de pierraille de moindre dimension qui, retenue dans des cages peuvent résister à des forces importantes. Fabriqués sur place, ils peuvent s'adapter à toutes les formes de terrain. La durée de vie résulte de leur fondation sur un terrain solide en dessous du niveau d'érosion.

En cas d'affouillement, le gabion semelle s'adapte au nouveau profil tandis que les gabions cage, formant un mur, risque de s'écrouler et constitue dès lors un risque d'endommagement ou de destruction pour l'ouvrage de drainage / le corps routier.



Carriageway = Chaussée / Outlet structure = Ouvrage de sortie / Pipe = Tuyau

Image 27: Exutoire avec gabions semelles

(c) Une vitesse de ruissellement suffisante empêche la sédimentation en aval.

L'ouvrage de sortie est à concevoir de telle façon que les dépôts de sédiments transportés par l'eau ne se font qu'à l'extérieur de la zone routière et que la buse ne s'ensable pas, même à long terme. Par conséquent, tous les obstacles perturbant l'écoulement libre doivent être éliminés.

Un ouvrage conçu de manière inadéquate provoque une sédimentation dans la zone de la section couverte ce qui augmente le coût de l'entretien.

3.2 Les dalots

3.2.1 Dalots en béton

3.2.1.1 Règles générales de conception

En général les dalots sont construits en béton. Le coffrage, facile à monter, peut être utilisé même sur les chantiers de construction encore inaccessibles aux poids lourds. Les matériaux nécessaires (gravions, sable, ciment, acier et bois) sont alors transportés par des animaux de trait si nécessaire, à moins que de grandes quantités ne soient requises.

A la différence des petits ponts, les dalots disposent d'un radier lié statiquement aux piédroits et à la dalle. Cela a l'avantage d'être facile à construire notamment quand la zone d'écoulement est large:

- La préparation de l'assise est facile.
- Le coffrage est simple et réutilisable.
- Souvent il est possible d'exécuter le dalot à l'aide d'éléments préfabriqués.
- Plusieurs dalots peuvent être reliés entre eux.
- Si nécessaire, le trafic peut passer sur la dalle, sans la recouvrir.
- Les remblais de butée sont, grâce à leurs surfaces planes plus simples à construire que pour les buses
- La construction des murs en aile à l'entrée et à la sortie est facile
- La pression des terres est absorbée dans la zone du plafond et de la fondation par le renfort mutuel des murs latéraux.

Pour les pistes d'accès en milieu rural, la largeur intérieure des dalots ne doit pas être supérieure à 3 m. Des portées plus grandes demandent le renforcement par des poutres. En tout cas, le projet d'un dalot doit se baser sur une analyse de la structure puisque les forces qui se produisent peuvent considérablement varier (en fonction de la largeur, du sol de fondation, de la charge de trafic, du revêtement, etc.).

Les dalots de grande longueur (> 5 m) doivent être munis de joints pour éviter des fissures dans le béton.

Ces joints sont à jointoyer pour empêcher l'infiltration d'eau dans le corps de chaussée. La réalisation de joints est facile quand le béton est coulé sur place. Par contre, il est difficile de maintenir l'imperméabilité des joints si l'on emploie des éléments préfabriqués. Dans ce cas, il sera nécessaire d'entretenir régulièrement ces joints.

Si le sol de fondation est sujet à tassement, il faut préparer l'assise en remplaçant le sol sur place par un sol pouvant être compacté. La profondeur à substituer est égale à la largeur multipliée par 0.25 mais ne dépassera pas 1 mètre. Pour des raisons économiques, des examens géotechniques doivent être faits quand des chaînes de dalots doivent être construites.

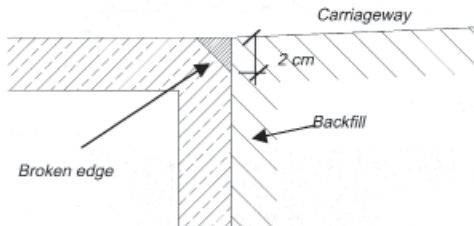
Quant aux dalots multiples, il y a deux possibilités:

- 1 Le dalot multiple a un radier et une dalle unique pour la section couverte entière. Les parois de séparation portent également la dalle. La largeur des portées sera inférieure à 3 mètres.
- 2 Chaque élément de la chaîne de dalots est réalisé séparément et posé côte à côte. Les parois peuvent être juxtaposées où garder une distance. En tenant compte des contraintes de remblaiement, la distance entre les parois est fixée comme suit: largeur du dalot multipliée par 0.5, soit hauteur multipliée par 1. Elle doit être au moins d'un mètre.

La pente longitudinale devrait être adaptée au terrain naturel, mais doit présenter au moins 0.3 %. Elle ne doit pas dépasser 1.2 %.

Pour pouvoir entretenir ces ouvrages de manière régulière, les valeurs minimales de largeur et d'hauteur sont au moins de 90 cm.

La dalle des dalots peut immédiatement supporter le trafic. A la suite du tassement définitif du corps de chaussée et du terrain d'assise, le bord supérieur du dalot peut former un seuil très dur à un niveau légèrement supérieur à celui de la chaussée. Ce bord doit être chanfreiné à moins de 45°.



Carriageway = Chaussée / Backfill = Remblai / Broken edge = Bord chanfreiné

Image 28: Façonnage des arrêtes de dalots sur lesquels la circulation roule directement

3.2.1.2 Recommandations

(a) La qualité du béton et la manière dont il est traité ont une influence déterminante sur la longévité d'un dalot.

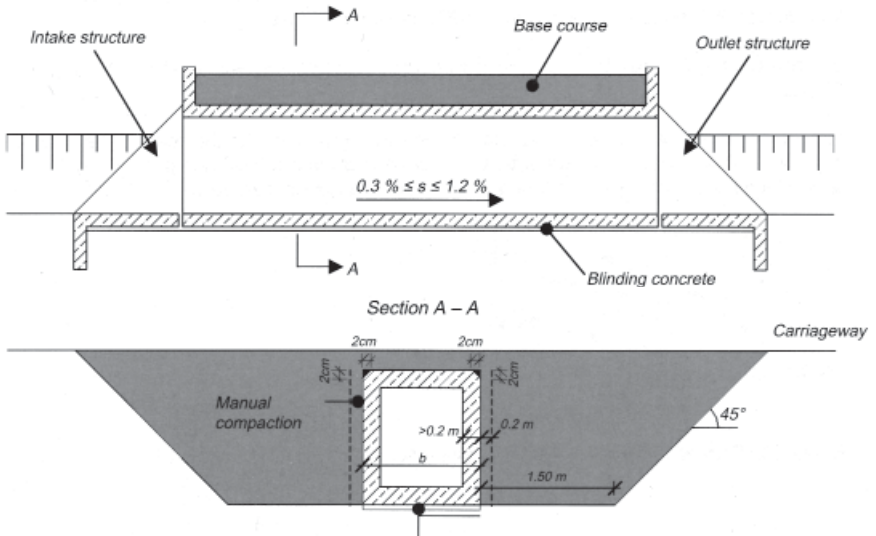
En raison de leur structure continue les dalots sont plus rigides que les buses. Néanmoins le sol d'assise doit être compacté correctement avant de poser le radier. Autrement, des fissures de tassement peuvent se former ce qui peut entraîner des effets négatifs pour la stabilité de l'ouvrage.

Du béton d'une qualité appropriée est une condition indispensable pour assurer la solidité du dalot. Dans ce contexte, il est particulièrement important qu'aucun nid de gravier ne se forme dans le béton (cela se produit si les agrégats ne sont pas correctement mélangés au béton). Le recouvrement des armatures doit être assez épais, et le béton posé ne doit pas s'assécher trop rapidement. D'autres recommandations concernant le béton sont données dans la partie 8.2.

Normalement les dalots ne sont pas enduits. Dans des situations rares, en contact avec des sols ou de l'eau corrosive, les surfaces en contact avec le sol recevront une seule couche de bitume.

(b) Pour éviter des charges supplémentaires, le remblaiement de l'ouvrage doit être réparti de manière uniforme

Les règles émises pour les buses s'appliquent également ici. Le remblaiement et le compactage sont exécutés simultanément des deux côtés du dalot. En cas d'impossibilité, la différence de niveau doit rester inférieure à 1 mètre. Toute excavation nécessaire ultérieurement, sera réalisée des deux cotés en même temps, la différence de niveau doit rester inférieure à 1 mètre.



Intake structure = Ouvrage d'entrée / Base course = soubassement / Outlet structure = Ouvrage de sortie / Binding concrete = Béton de propreté

Image 29: Eléments-type d'un dalot

3.2.2 Ouvrages d'entrée et de sortie pour dalots

Les précisions données aux sections 3.1.4 et 3.1.5 pour le busage sont également valables pour les dalots en béton ou maçonnerie.

En raison de volumes d'eau plus importants circulant dans ces ouvrages (souvent à plus grandes vitesses), les mesures de protection dans les zones d'entrée et de sortie doivent être plus résistantes.

3.2.3 Dalots en maçonnerie

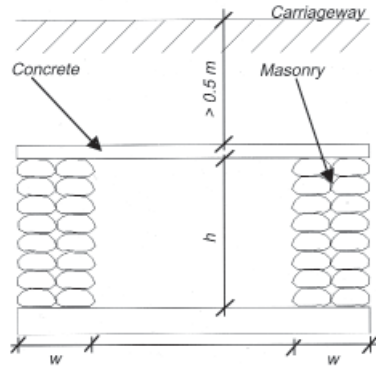
3.2.3.1 Sections rectangulaires

Les piédroits peuvent être, si nécessaire, maçonnés en employant des briques ou des morceaux de roche équarris. Les radiers aussi peuvent être en moellons rocheux. Dans ce cas, les dalots ne peuvent convenir que pour des vitesses d'écoulement faibles ou moyennes. En effet, des moellons risquent d'être arrachés des surfaces irrégulières et rugueuses en présence de grandes vitesses d'écoulement.

L'épaisseur (e) des piédroits dépend des spécifications statiques et augmente avec la hauteur (h) du dalot. Pour des cas simples, on peut se servir de la formule $e \sim h / 2$. En cas de murs en aile hauts, il faut assurer l'absorption de la pression latérale du sol.

Habituellement les briques sont lisses et il est donc simple de construire des murs de brique lisses. Les briques ne doivent ni être poreuses ni absorber de l'eau.

Les moellons utilisés pour la construction de murs ne doivent pas être poreux ou altérables non plus. La dalle des dalots maçonnés est en règle générale en béton. La dalle peut être coulée sur place ou composée d'éléments préfabriqués. En présence de faibles portées ces éléments peuvent être posés manuellement. Normalement, ces dalles ne sont pas ancrées dans des piédroits. Un recouvrement d'au moins 50 cm est conseillé pour éviter que les dalles ne se déplacent sous la charge de trafic.



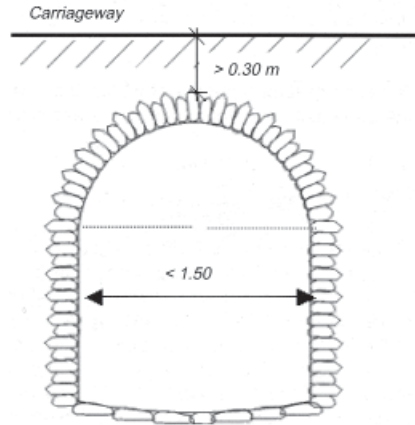
Carriageway = Chaussée / Concrete = Béton / Masonry = Maçonnerie

Image 30: Dalot maçonné

3.2.3.2 Voûtes

Il est possible de construire des ouvrages de franchissement ayant la forme d'une voûte simple, avec des murs latéraux ainsi que d'une voûte même faite en pierres naturelles, en briques ou en béton.

La seule difficulté est posée par le montage du coffrage qui doit former un arc de cercle parfait pour assurer la distribution des charges. Pour des raisons pratiques, il est conseillé de limiter le diamètre de la voûte à 1.50 m et par conséquent la largeur de l'ouvrage. Si cette largeur n'est pas suffisante pour évacuer les eaux, on peut réaliser une série de voûtes. On peut seulement réutiliser le coffrage si toutes les sections couvertes d'une route ont toutes la même largeur.



Carriageway = Chaussée

Image 31: Dalot en forme de voûte

4 Sections couvertes submergées occasionnellement

4.1 Remarques fondamentales

Les routes et les chemins sont destinés à assurer une liaison entre les centres de production et les marchés ou entre les zones résidentielles et les services qui est praticable toute l'année. Cependant le fait qu'ils assurent une liaison pouvant être utilisée tout l'année ne signifie pas qu'ils doivent être ouverts en permanence: pendant la saison des pluies, par exemple, les routes peuvent être fermées pendant une heure au moment où le cours d'eau atteint son niveau d'écoulement maximal sans qu'elles ne perdent pour autant leur fonction. Ceci est d'autant plus valable que l'intensité du trafic est faible.

En ce qui concerne les petites pistes rurales et les sentiers, les structures de drainage représentent une part importante des coûts de construction. En diminuant la largeur de la chaussée de ces routes, on peut réduire presque sans problème les travaux de terrassement et ainsi les coûts de cette composante. Pour les ouvrages de drainage, ceci ne s'applique cependant pas si l'on veut les concevoir pour toutes les éventualités d'écoulement susceptibles de survenir. L'ouvrage est conçu pour faire face aux écoulements maximaux, bien qu'ils soient pour la plupart brefs, ce qui contribue à l'augmentation des coûts. En gardant à l'esprit ce qui a été expliqué ci-dessus, il est par conséquent raisonnable de dimensionner et de concevoir les ouvrages des sections couvertes pour les petites pistes rurales et les sentiers de telle manière que les écoulements maximaux puissent couler sur l'ouvrage sans l'endommager. Il est laissé à la discrétion de l'ingénieur en charge de la conception de déterminer à quelle fréquence et pour quelle durée une interruption est permise. Les critères les plus importants pour prendre une telle décision sont le volume du trafic escompté ou réel et le temps que l'on peut ou veut raisonnablement demander aux usagers de la route d'attendre. Dans le cas de chemins ruraux dont le trafic est faible, le temps d'attente acceptable pourra être plus long que pour les routes principales. Mais des crues peuvent également être acceptables pour les routes principales si, en règle générale, les interruptions n'excèdent pas une heure.

Les sections couvertes occasionnellement submergées et les ponts ont fait leurs preuves dans de nombreux pays. Avec ces ouvrages, l'écoulement normal d'un ruisseau ou d'une petite rivière pourra avoir lieu par les ouvertures. De brefs écoulements maximaux peuvent inonder la chaussée sans entraver l'écoulement par les ouvertures. En fonction de la hauteur de l'eau sur la chaussée, il peut être nécessaire de restreindre seulement brièvement le trafic ou de l'interrompre pour un certain temps.

Les sections couvertes peuvent prendre la forme de buses, dalots ou vouîtes. Il peut s'agir de sections couvertes simples dans le cas de petits cours d'eau fortement encaissés ou d'une chaîne de sections couvertes posées côte à côte dans le cas de cours d'eau larges qui serpentent souvent à l'intérieur d'un lit de rivière défini. Les distances entre les sections couvertes dépendront de l'écoulement normal et de la largeur du ruisseau ou de la longueur de l'ouvrage en direction de l'axe routier. Afin d'éviter les dégâts causés à la chaussée par l'eau s'écoulant sur elle, celle-ci doit être protégée de manière adéquate, normalement avec du béton.

Les sections couvertes submersibles devraient toujours être droites et traverser le ruisseau à angle droit. D'une part cela permet de rendre la traversée la plus courte possible, d'autre part en cas d'inondation il est plus facile pour l'automobiliste de deviner où est la chaussée. Il est normalement impossible de mettre en place des équipements pour guider le trafic à l'intérieur de la zone inondée puisque de tels équipements pourraient être démolis par les débris flottant dans l'eau.

4.2 Recommandations

Les recommandations suivantes reflètent les expériences accumulées au sujet des sections couvertes submersibles. Si elles sont prises en considération lors de la conception de l'ouvrage, le fonctionnement efficace de l'ouvrage achevé sera amélioré. Des erreurs évitables se produisent fréquemment ce qui a pour conséquence une défaillance de la section couverte et, dans le pire des cas, peut également causer la destruction de l'ouvrage tout entier. Cela entraîne la plupart du temps des interruptions longues du trafic routier, qui peuvent avoir de sérieuses conséquences économiques et sociales pour les usagers, puisque, fréquemment, il n'existe aucun trajet alternatif.

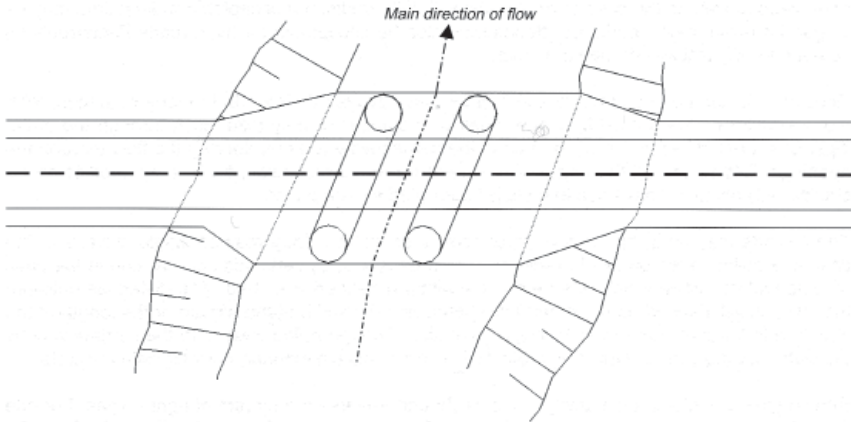
(a) Le diamètre ou la largeur intérieure ne doit pas être inférieure à 0,9 m.

Même si l'écoulement est normal, la quantité d'objets flottants transportés en aval par les petites rivières et les petits cours d'eau dans les zones rurales ne devrait pas être sous-estimée. Il s'agit principalement de brindilles et petites branches qui peuvent se prendre dans les sections couvertes et les obstruer en s'accumulant. Avec une largeur intérieure de 0,9 m (c. 36"), le risque d'obstruction est comparativement bas. Lorsque les écoulements atteignent leur niveau maximal, les objets sont normalement rejetés à travers la structure de sorte qu'ils ne constituent plus de danger.

Durant les écoulements maximaux, les sections couvertes sont bouchées par des pierres et des gravats qui sont transportés le long de la vallée par la force de l'eau. L'expérience montre que normalement les gravats sont transportés à travers une section couverte de cette taille.

(b) Les sections couvertes doivent être alignées sur le cours d'eau.

Les sections couvertes perturbent toujours l'écoulement d'un cours d'eau. L'interférence peut être minimisée en alignant la section couverte sur le cours d'eau. L'inclinaison des tuyaux doit être adaptée à la vitesse de l'écoulement dans le cours d'eau de manière qu'aucune érosion ou sédimentation ne puissent se produire dans les tuyaux des sections couvertes. Puisque les parois du tuyau ne sont pas aussi accidentées que le lit naturel de la rivière, la pente du tuyau peut être moins raide que celle du cours d'eau.



Main direction of flow = Direction principale de l'écoulement

Image 32: Aménagement des sections couvertes dans la direction du courant

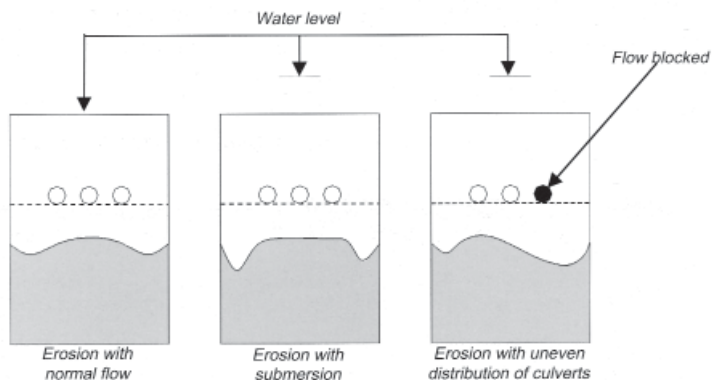
(c) Construction d'ouvrages plats.

Les sections couvertes submersibles fonctionnent comme de petits barrages quand l'eau atteint un niveau élevé. Il est par conséquent important de minimiser cet impact en déterminant la pente de la route aussi faible que possible. D'un autre côté, la pente ne doit pas être trop faible, auquel cas les sections couvertes n'auraient pas le diamètre minimal requis et cela conduirait à un engorgement. Puisqu'il n'est pas possible d'assurer que les travaux de maintenance requis seront réalisés en temps voulu, on ne peut pas exclure que l'ouvrage commencera à fonctionner assez tôt comme un gué, c.-à-d. que l'eau déferlera uniquement sur lui. En conséquence, ce qui constituait un investissement plutôt onéreux, se révélera être inutile en pratique.

S'il n'est pas possible d'établir une pente faible, parce que le cours d'eau se situe dans une tranchée profonde, il sera nécessaire de se contenter d'une structure haute. Dans ce cas, la structure devra être conçue de telle manière qu'elle ne basculera pas, et cela signifie fréquemment qu'une couche de fondation profonde sera requise.

(d) Répartition des sections couvertes sur toute la largeur du cours d'eau.

Si la profondeur de l'eau courante est basse, la manière dont les sections couvertes sont réparties importe peu. La répartition devient importante dès que l'eau coule pardessus la structure. La pression de l'écoulement dans les sections couvertes fonctionne alors comme un coussin qui empêche l'affouillement en aval. Si cela n'est pas déjà requis par le rejet normal, il est conseillé de placer plusieurs sections couvertes sur toute la largeur. Les diagrammes suivants montrent l'érosion qui se produit si les sections couvertes sont réparties de manière irrégulière. Des sections couvertes bouchées ont le même impact.



Water level = Niveau d'eau / Flow blocked = Ecoulement bloqué / Erosion with normal flow = Erosion avec un écoulement normal / Erosion with submersion = Erosion avec submersion / Erosion with uneven distribution of culverts = Erosion avec une répartition irrégulière des sections couvertes

Image 33: Erosion quand le rejet est irrégulier

La concentration des sections couvertes au milieu ou sur les côtés de la structure exerce également un effet négatif sur la manière dont l'eau est déchargée. Cela provoque des tourbillons horizontaux (voir image 34) qui augmentent l'affouillement dans les sections ne comportant aucune section couverte et, dans les cas extrêmes, peut également provoquer des dommages sur les berges. L'érosion régressive peut même endommager la rampe d'accès.

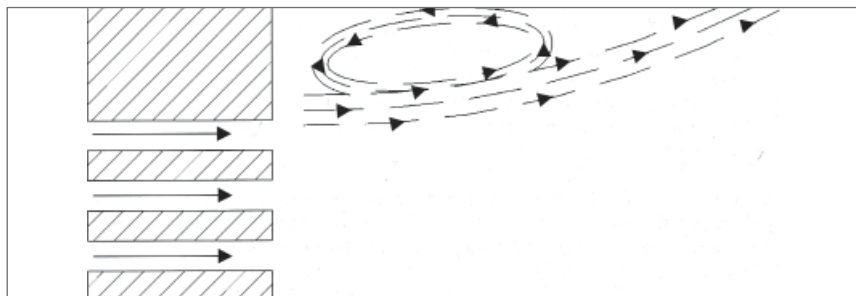
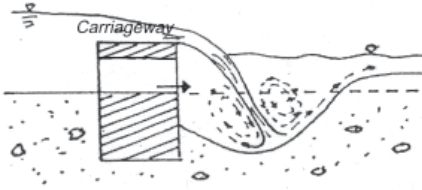


Image 34: Aménagement concentrant les sections couvertes sur un côté

Si la topographie le permet, la sortie en aval de l'ouvrage devrait avoir une forme trapézoïdale. Cela limitera la formation des tourbillons.

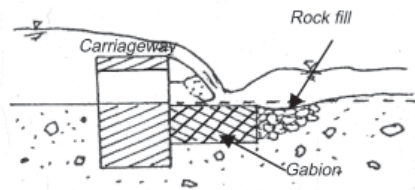
(e) Placement d'une protection contre l'érosion en aval.

Dès que le niveau de l'eau au-dessus de l'ouvrage a atteint le niveau critique – en général à 20 cm env. – une lame déversante se détache en chute libre. Deux vortex tournant dans des directions opposées sont créés et ceux-ci peuvent provoquer de l'affouillement si aucune mesure de protection n'est mise en place.



Carriageway = Chaussée

Image 35: Sans protection contre l'affouillement



Carriageway = Chaussée / Rock fill = Remblai de pierres / Gabion = Gabion

Image 36: Avec protection contre l'affouillement

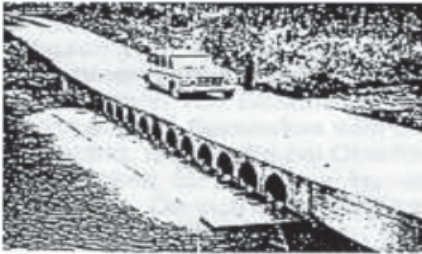


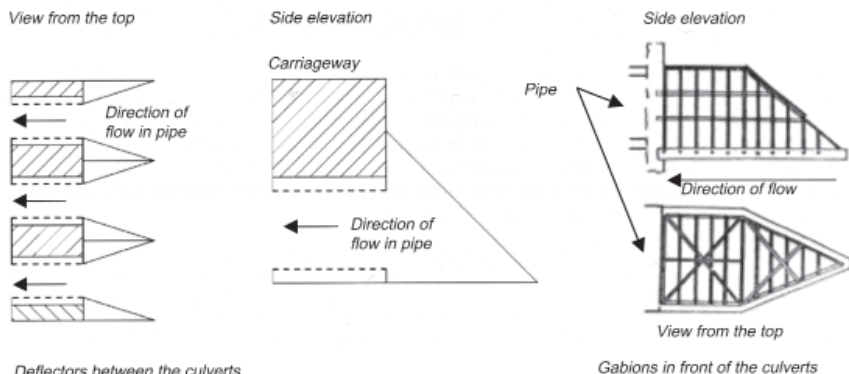
Image 37: Ouvrage avec une dalle de protection contre l'affouillement

Une protection contre l'affouillement en aval peut être apportée soit par une dalle en béton soit par des paniers en grillage métallique contenant des pierres (gabions). Pour une protection additionnelle, il est conseillé de fabriquer un remblai de pierres d'un diamètre > 50 cm.

(f) Placement de déflecteurs entre les sections couvertes.

Quand de lourdes chutes de pluie se produisent, le niveau de l'eau s'élève de manière constante. Au moment où la capacité de transport de l'eau augmente, de plus en plus de brindilles et de branches sont transportées à partir des berges qui n'étaient pas atteintes quand le niveau de l'eau était normal. Avec un écoulement à vitesse moyenne, l'eau s'écoule à travers les sections couvertes jusqu'à ce que leur capacité soit atteinte et qu'elles commencent à déborder. A partir de ce moment, l'écoulement à travers les sections couvertes risque d'être bloqué par des branches et brindilles flottant de travers. L'engorgement peut alors se produire très facilement, avec pour conséquence, si l'eau est haute, que l'effet de coussin de l'eau courante à travers la section couverte (cf. Principe d)) est perdu et un affouillement majeur se produit en aval.

Afin d'empêcher l'engorgement, il sera nécessaire de placer des dispositifs de protection entre les sections couvertes ou des gabions de protection devant celles-ci pour acheminer l'eau. Le choix de la mesure permettant d'obtenir le meilleur résultat dépendra de la végétation en amont. Si l'on s'attend à de grosses branches ou même des arbres entiers, il est recommandé de placer de solides gabions qui laisseront les objets flottants à l'écart des sections couvertes avant que l'eau n'atteigne son niveau le plus élevé. Dès le début de la crue, les objets seront dirigés au-dessus de la structure. Les gabions peuvent être placés soit un à un devant chaque section couverte, soit répartis le long de toute la largeur de l'ouvrage.



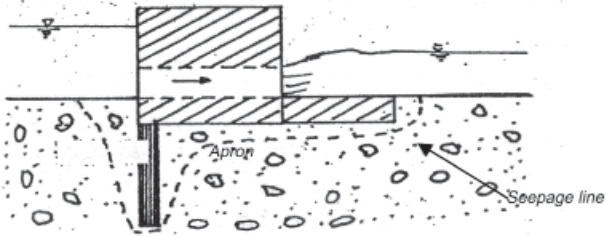
View from the top = Vue du dessus / Side elevation = Vue latérale / Side elevation = Vue latérale / Direction of flow in pipe = Direction de l'écoulement dans le tuyau / Carrigeway = Chaussée / Pipe = Tuyau / Direction of flow in pipe = Direction de l'écoulement dans le tuyau / Direction of flow = Direction de l'écoulement / View from the top = Vue du dessus / Deflectors between the culverts = Déflecteurs les sections couvertes / Gabions in front of the culverts = Gabions devant les sections couvertes

Image 38: Déflecteurs

(g) Placement d'une protection contre l'infiltration.

La plupart des rivières et des petits cours d'eau dont le volume d'eau varie selon les saisons, ont un lit composé de gravats ou de matières très perméables. L'eau par infiltration provoque directement un affouillement sous les structures qui ont une fondation peu profonde, comme c'est le cas avec les sections couvertes submersibles. La retenue provisoire de l'eau au-dessus de la structure augmente encore davantage la pression de l'eau et par conséquent également le flux d'infiltration. Comme pour les eaux superficielles, la force de transport de l'eau augmente avec la vitesse du courant, de sorte que des particules de plus en plus nombreuses sont érodées de la fondation. Puisque les dépressions qui se forment sont remplies à nouveau par des grains grossiers glissant jusqu'à leur emplacement, un tassement (défaillance du terrain hydraulique) qui peut mettre la structure en danger se produit. A moins que des mesures ne soient prises à temps pour empêcher ce phénomène, l'affouillement provoquera la chute de la structure.

Afin d'éviter ceci, la ligne d'infiltration peut être étendue pour réduire la vitesse du courant. Cela peut être réalisé en fabriquant un radier d'un côté de la structure. Dans les cas extrêmes, un radier peut être placé en amont ainsi qu'en aval. Les radiers peuvent prendre la forme de palplanches, de voiles d'étanchéité ou de simples murs en béton. Pour les petits cours d'eau, dans lesquels ne coule peu ou pas d'eau pendant la saison sèche, la préférence devrait être donnée aux murs en béton puisque dans de tels cas le niveau de l'eau dans la construction peut être maintenu à un niveau bas en pompant.



Apron = Radier / Seepage line = Ligne d'infiltration

Image 39: La ligne d'infiltration étendue par un radier

(h) Les sections couvertes submersibles ne devraient pas être placées aux méandres d'une rivière.

Aux courbes d'une rivière, la berge recevant l'impact du courant a normalement tendance à s'affouiller lorsque la sédimentation se produit. Les deux berges de la rivière sont donc instables. Les ouvrages dans cette zone sont par conséquent sujets à de grandes forces. Seules des mesures de protection vastes et coûteuses réduiront ce danger. Il est par conséquent conseillé de franchir les rivières et les ruisseaux le long des sections droites. Le coût de déplacement de la position d'une section routière sera plus faible dans la plupart des cas si les coûts totaux pour la construction et l'entretien pendant toute la durée de vie de la structure sont pris en considération dans le calcul.

(i) L'objectif devrait être un profil aérodynamique optimal.

La mise en place d'une section couverte dans un cours d'eau a toujours des répercussions sur le comportement du courant. Des angles et arêtes tranchants provoquent des turbulences qui entravent l'écoulement. L'ouvrage doit être conçu de manière à réduire les turbulences à un niveau minimum.

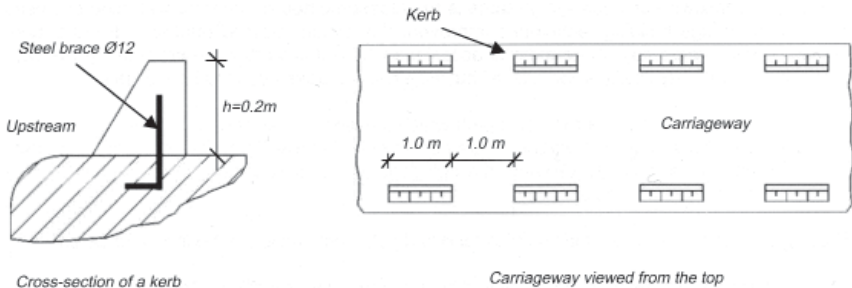
- L'entrée devrait être en forme de trompette:
Normalement les tuyaux utilisés sur toute la longueur de la section couverte auront le même diamètre. Il est conseillé de remplacer le premier tuyau par un entonnoir en maçonnerie fait main. Un tuyau d'un diamètre plus large ne devrait pas être utilisé puisqu'une transmission soudaine à un tuyau plus étroit provoquerait des turbulences dans les lignes d'écoulement qui auraient pour effet de limiter la vitesse du courant.
- L'arête en amont devrait être arrondie:
L'arête en amont provoque également des turbulences. Si cette arête est arrondie, la couche d'eau se colle à la surface de la structure et aucune turbulence ne se produit.
- Le dévers de la chaussée en aval:
La surélévation d'un côté produit une meilleure performance en termes d'écoulement sur la structure. Afin de permettre à la chaussée de sécher rapidement après une baisse des eaux élevées ou un arrêt des pluies, la chaussée devrait avoir une pente d'au moins 0.5 % et un maximum de 1.5 % en aval.

(j) La circulation doit être guidée correctement.

Les conducteurs doivent être avertis à temps qu'ils sont sur le point d'atteindre le passage d'un cours d'eau susceptible d'être submergé. Ceci est particulièrement important si le tracé aux alentours du passage du cours d'eau est plus bas que la route qui mène à celui-ci, et si un virage au sommet de l'approche empêche de voir l'ouvrage. Si la largeur de la chaussée disponible est réduite, cela doit être également indiqué par un panneau de signalisation routière. Si la circulation se fait sur une voie unique, une aire de stationnement sur le bas-côté doit être mise à disposition le long de l'accès pour permettre aux véhicules d'attendre.

Des balises sont nécessaires au moins au début et à la fin pour indiquer aux conducteurs le point de départ du passage, la largeur de la chaussée et la hauteur de l'eau au-dessus de la structure quand il y a une crue. Afin de le faire de manière efficace, les balises doivent avoir une signalisation de couleur facilement reconnaissable et interprétable par les conducteurs. Les balises au milieu du cours d'eau n'ont pas prouvé leur utilité car elles sont la plupart du temps arrachées par les objets dès la première crue importante.

Les bordures, normalement en béton, doivent guider l'usager également quand l'eau est basse. Cela est particulièrement important la nuit. Pour permettre à l'eau de s'écouler, il doit y avoir des espaces entre les bordures. De plus, des chanfreins placés en direction de l'amont ont prouvé leur utilité puisque moins d'objets flottants sont attrapés.



Cross-section of a kerb
Steel brace = Amont / Kerb = bordure / Upstream = Etai en acier / Carriageway = Chaussée / Cross-section of a kerb = Coupe transversale d'une bordure / Carriageway viewed from the top = Chaussée vue du dessus

Image 40: Conception et disposition des bordures

(k) Assurer qu'un entretien régulier est effectué

Seules les sections couvertes qui sont régulièrement entretenues peuvent remplir correctement leur fonction. Après une crue, on devrait toujours vérifier que les objets rejetés à l'entrée ont été évacués. Les gravats qui se sont amassés en amont de l'ouvrage devraient être placés en aval de la section couverte de manière à assurer une protection contre l'affouillement.

A moins que l'ouvrage ne soit correctement intégré aux berges, l'affouillement se produit fréquemment aux extrémités, et à partir de là, les rampes d'accès sont également touchées. Les ornières dans les rampes doivent être remblayées et la surface de la chaussée pavée avec un matériel approprié.

5 Passages de type gué / dérives

5.1 Remarques fondamentales

L'utilisation des bas-fonds – ou gués – est la plus ancienne méthode utilisée par l'homme pour franchir les cours d'eau. Lorsque les techniques de construction de ponts ont été améliorées, cette méthode simple a eu tendance à être oubliée. Néanmoins, même de nos jours, il y a encore des occasions où il est louable d'envisager la construction d'un gué, en particulier, quand le passage d'une rivière (ou d'un ruisseau) à la fois petite et large est nécessaire.

Un gué est la section pavée d'une route ou d'un chemin qui franchit un cours d'eau en étant à niveau avec le lit de la rivière ou du ruisseau. La portion submergée de la chaussée est plus basse que les inclinaisons de la route adjacente. La différence d'altitude entre les inclinaisons adjacentes et le gué dépendra du volume d'eau attendu.

Les passages de type gué ont prouvé leur efficacité pour la construction de routes et de chemins dans les cas suivants:

- où le volume de la circulation est faible et de brèves interruptions de celle-ci sont envisageables,
- sur terrain plat ou légèrement vallonné. Le niveau du lit de la rivière ne doit pas être trop bas, auquel cas d'importants travaux de terrassement seraient nécessaires avant que les rampes d'accès puissent être construites,
- avec les petites rivières qui transportent énormément d'objets et/ou gravats qui rempliraient les tuyaux des sections couvertes ou pourraient détruire les petits ponts pendant la saison des pluies quand le niveau de l'eau augmente.

5.2 Recommandations

Bien que les gués soient des ouvrages simples, des erreurs sont faites à maintes reprises et celles-ci perturbent le bon fonctionnement du gué et peuvent même conduire à sa destruction complète. Les recommandations suivantes résument les expériences qui devront être prises en considération au cours de la planification et de la réalisation.

(a) La longueur du gué doit correspondre à la largeur totale du cours d'eau qu'il franchit (en prenant en considération les saisons des pluies).

Une des erreurs les plus fréquentes consiste à paver le gué uniquement autour du point le plus bas et à ne pas paver les sections extérieures, simplement pour réduire les coûts. Quand le niveau de l'eau augmente, le lit du cours d'eau s'érode dans les sections non pavées. Dans le meilleur des cas, il restera le gué seul, sans rien autour de lui. Dans la plupart des cas, cependant, il s'érode à partir des bords et des morceaux sont arrachés un après l'autre.

L'utilisation de la largeur entière du cours d'eau minimise le niveau de l'eau inondant le gué, et reporte le moment où l'interruption de la circulation devient inévitable en raison de l'inondation. Pour la même raison, le gué doit être construit à l'horizontal dans le sens de la longueur. La circulation peut continuer jusqu'à ce que l'eau atteigne un niveau de 30 cm au-dessus du gué. Les camions et véhicules à quatre roues peuvent franchir le gué même si le niveau de l'eau est plus élevé.

(b) La surélévation d'un côté devrait avoir une inclinaison comprise entre 0,5 % et 1,5 %.

Plus un gué est adapté à la pente du lit du cours d'eau, moins le danger est grand qu'il soit couvert par la sédimentation (quand le niveau de l'eau est bas) et qu'il soit érodé en aval (quand une inondation se produit).

Si l'écart de pente entre le gué et le lit de la rivière est trop important, une petite dénivellation se forme sur le bord aval. Le lit du cours d'eau doit être renforcé à cet endroit par un remblai pierreux, des gabions ou avec des pierres enfoncées dans du mortier en chaux-ciment-sable (béton cyclopéen).

(c) Les gués devraient toujours être droits.

De même que pour les sections couvertes submersibles, l'alignement du gué doit être rectiligne à l'intérieur de la zone environnante et ne doit pas contenir de sinuosités. Si le gué est complètement submergé quand le niveau d'eau est élevé, l'usager ne peut plus voir la direction du gué et des accidents surviennent souvent s'il y a des sinuosités.

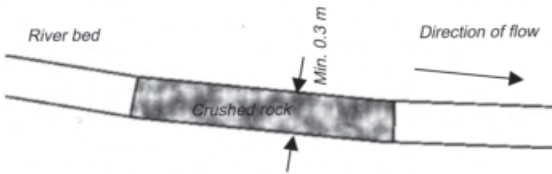
(d) La circulation doit être guidée en toute sécurité.

Ce qui a été dit sur ce point pour les sections couvertes submersibles s'applique également aux gués. Les panneaux de signalisation doivent indiquer à l'avance qu'un gué se trouve sur la route et ils doivent être bien reconnaissables pour les automobilistes.

Des balises au début et à la fin du gué devraient indiquer le niveau de l'eau. Des marquages appropriés et nettement visibles doivent être placés sur celles-ci. L'utilisation de bordures, comme décrit pour les sections couvertes, n'est pas habituelle pour les gués. Le risque existe que des déchets transportés par le cours d'eau, même à des niveaux d'eau moyens, puissent s'amasser derrière les bordures.

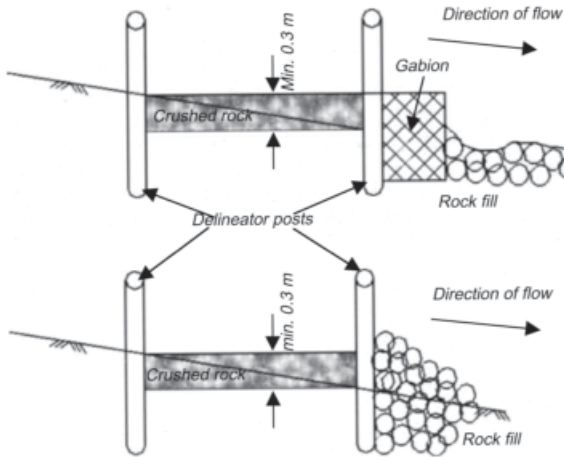
(e) Exemples.

Quelques exemples de conceptions de gués sont présentés ci-dessous. Le choix d'une alternative pour un gué dépendra de la topographie, du matériel disponible localement, des hypothèses en termes de charge de circulation et des niveaux d'eau maximaux attendus.



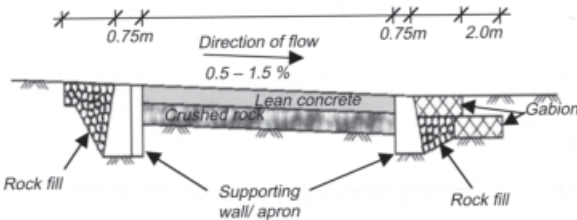
River bed = Lit de rivière / Min 0.3 = Min. 0.3 m /
 Direction of flow = Direction de l'écoulement / Crushed rock = Pierres concassées

Le pavage de la chaussée avec des pierres concassées est approprié seulement si le sol est ferme et le volume de circulation faible. Les pierres doivent être assez grosses pour ne pas être emportées par les inondations les plus fortes. (Acceptable seulement si la vitesse de l'eau est faible).



Le pavage de la chaussée avec des pierres concassées avec une protection en aval.

Direction of flow = Direction de l'écoulement / Gabion = Gabion / Lean concrete = Béton maigre / Crushed rock = Pierres concassées / Rock fill = Remblai de pierres / Supporting wall/apron = Mur de soutènement/radier



Le pavage de la chaussée avec du béton quand le sol n'est pas ferme. Si nécessaire, le béton peut être armé.

Direction of flow = Direction de l'écoulement / Min. 0.3 m = Min. 0.3 m / Gabion = Gabion / Crushed rock = Pierres concassées / Rock fill = Remblai de pierres / Delineator posts = Balises

Image 41: Exemples de conceptions de gués (profil en travers)

6 Petits ponts

6.1 Remarques fondamentales

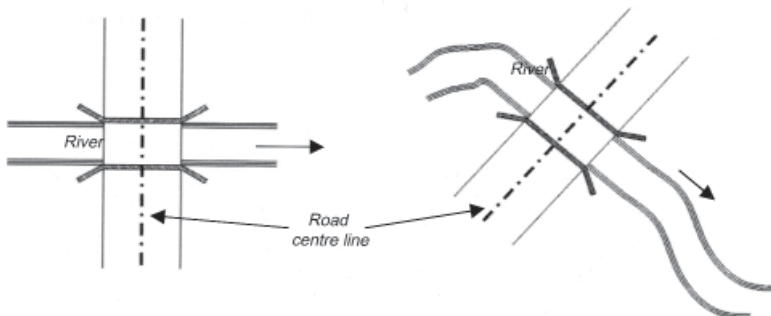
Dans ce manuel, nous ne voulons pas décrire la construction et l'entretien des petits ponts dans le détail puisqu'il existe déjà plusieurs publications disponibles sur ce sujet. Pour mentionner quelques titres: «Overseas Road Note No. 9: A Design Manual for Road Bridges», «Manuel d'Exécution de Petits Ouvrages Routiers en Afrique» ou «Puentes, Manual de Construcción».

Les ponts diffèrent des dalots de part leur statique: alors que les dalots sont en béton et ont la forme d'un cadre où les «culées» et la dalle sont reliées l'une à l'autre pour former une paroi rigide, les ponts sont composés de deux murs de soutènement (culées) sur lesquels est placée une dalle ou une poutre en T. En fonction de la hauteur des murs de soutènement ou (culées), la charge appropriée est soit la poussée des terres derrière le mur (culée haute) soit la charge verticale calculée à partir du poids de la dalle et de la circulation routière. Ces éléments montrent qu'une planification technique avancée est requise pour la construction des ponts. Ces étapes nécessaires sont traitées dans les publications susmentionnées de sorte qu'il n'est pas utile de les répéter ici. Ici, seuls certains aspects essentiels, qui devraient être pris en considération lors de la planification et la construction de petits ponts, sont mentionnés.

6.2 Recommandations

(a) Le pont ne devrait pas modifier les conditions hydrauliques du cours d'eau.

La position du pont est normalement déterminée par l'alignement de la route. Par conséquent, il n'est pas toujours facile de modifier l'endroit où un cours d'eau est franchi. Cependant, il est conseillé de franchir un cours d'eau à l'endroit où la rivière ou le ruisseau a un lit droit. Un lit de rivière sinueux est sujet à l'érosion et demandera par conséquent de nombreuses mesures de protection contre l'érosion autour du pont. Le pont devrait franchir le cours d'eau perpendiculairement, et non en diagonal.



River = Rivière / Road centre line = Route ligne centrale

Image 42: Traversée d'un lit de rivière droit

(b) Les rives hautes sont plus appropriées au franchissement que les rives plates, à basse altitude.

Les ponts sont relativement chers à construire, c'est pourquoi leur longueur doit être réduite au minimum permis par les conditions hydrauliques. Ce critère est plus facilement respecté quand les berges de la rivière sont abruptes. Si elles sont plates, il existe un risque supplémentaire que le cours d'eau modifie sa position quand l'eau est élevée. Le pont ne pourrait plus alors remplir sa fonction, à savoir, de franchir le cours d'eau.

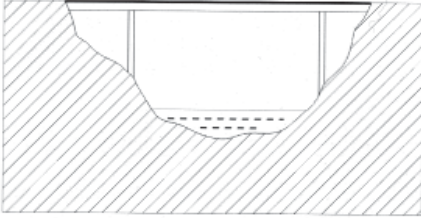


Image 43: Terrain approprié pour un pont

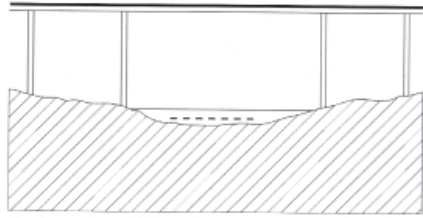
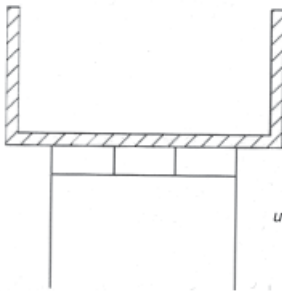


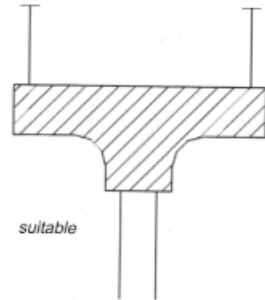
Image 44: Terrain pas entièrement approprié pour un pont

(c) Les ponts en forme d'auge doivent être évités dans la mesure du possible.

Quand cela est possible, la chaussée du pont doit être placée sur le dessus, comme c'est normalement le cas pour les ouvrages en béton armé. Cela permet aux véhicules ayant des charges extra larges de franchir le pont même avec des constructions à voie unique.



unsuitable



suitable

unsuitable = Inappropriée / suitable = Appropriée

Image 45: Formes de pont

(d) Plus l'ouvrage coûte cher plus la planification détaillée est importante.

En ce qui concerne les pistes d'accès en milieu rural, les ponts représentent un facteur considérable de coûts. Afin d'obtenir le plus grand bénéfice d'un tel investissement à long terme, des études doivent être réalisées avant le démarrage de la construction. Celles-ci se rapportent en particulier aux conditions hydrologiques dans la zone de captage, à la décharge hydraulique, et aux conditions pour la construction de la fondation autour du futur pont. Les résultats de ces études fourniront la base

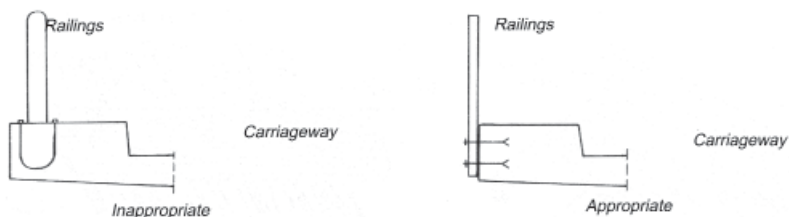
pour la conception de la structure. Si aucun document n'est disponible pour fournir des informations utiles quant à l'emplacement où le pont doit être construit, il peut s'avérer utile d'examiner la localité, et de s'entretenir avec la population locale, en particulier, en ce qui concerne les niveaux d'eau record, les débits normaux, etc. Des objets qui se sont accrochés dans les buissons près des berges donnent une autre bonne indication des débits quand le niveau de l'eau est élevé.

(e) La conception du pont devrait prendre en considération les développements futurs.

Il peut être difficile de prévoir comment la construction d'une piste d'accès en milieu rural influencera le développement de la région, mais les ponts le long de telles routes devraient être construits pour une durée de vie de plus de 30 ans. Dans la plupart des cas, il est conseillé de construire ces ponts à deux voies (une pour chaque direction). Les coûts supplémentaires par rapport à un pont à voie unique sont comparativement bas. Cela serait beaucoup plus onéreux d'élargir le pont plus tard. Puisque par définition, il est question de ponts courts, ils peuvent normalement être réalisés sans voie piétonne. Une voie piétonne devrait être envisagée au moins d'un côté quand le pont est proche d'une communauté ayant un nombre important de piétons ou d'animaux de bât.

(f) Des balustrades devraient être installées sur les côtés.

Des balustrades doivent être installées des deux côtés du pont de manière à ce qu'elles ne réduisent pas sa largeur.

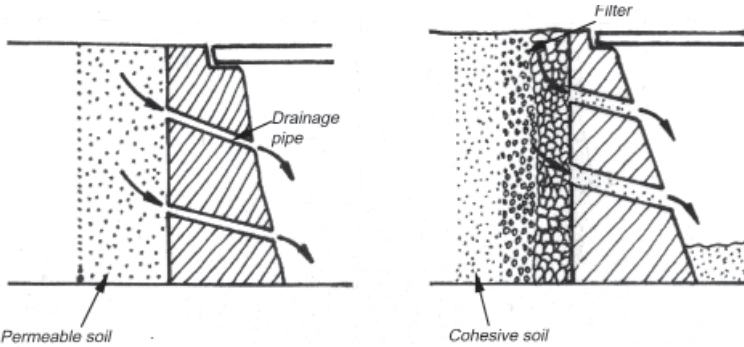


Railings = Balustrades / Carriageway = Chaussée / Inappropriate = Inapproprié / Appropriate = Approprié

Image 46: Balustrades sur ponts

(g) Le drainage doit être prévu pour les culées.

Les culées fonctionnent souvent comme des murs de soutènement, en autres termes, la pression des terres se forme derrière elles ainsi que la pression d'eau. Les culées doivent par conséquent être dimensionnées pour réagir à la poussée des terres. La pression d'eau doit être réduite en installant des équipements de drainage appropriés. Cela sera accompli en remblayant avec des matériaux perméables (système de filtres) et des tuyaux de drainage dans le mur. Les tuyaux devraient avoir un diamètre d'au moins 5 cm et être inclinés en direction de la rivière.

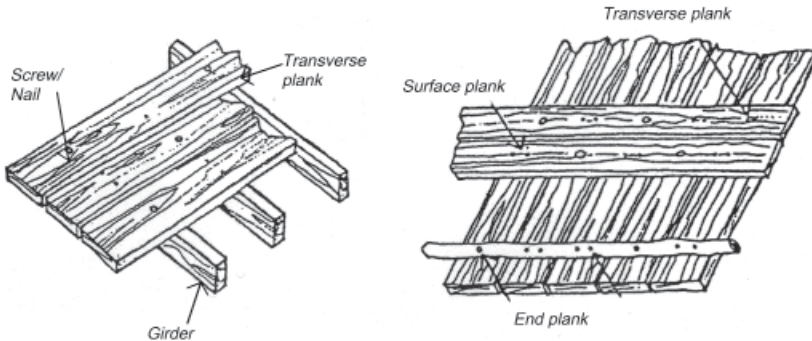


Filter = Filtre / Drainage pipe = Tuyau de drainage / Permeable soil = Sol perméable / Cohesive soil = Sol cohérent

Image 47: Drainage de l'eau dans les culées d'un pont

(h) Les tabliers de pont en bois n'ont pas une longue durée de vie.

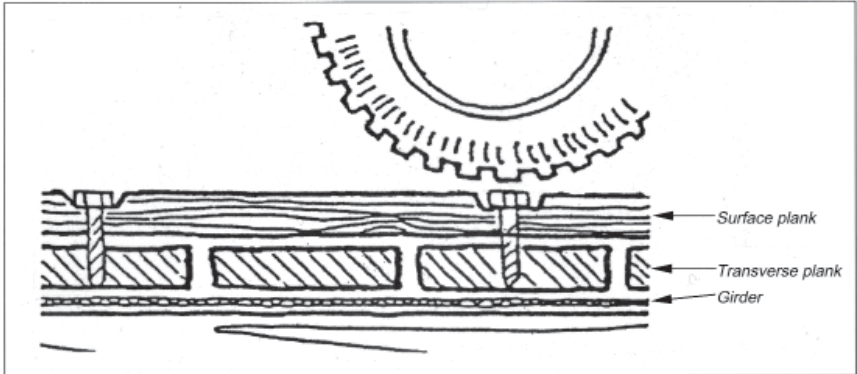
Le type de construction le plus simple pour les ponts se compose de culées en maçonnerie avec des poutrelles en bois ou métal sur lesquels est posé un tablier en bois. Cependant, puisque tous les types de bois ne sont pas appropriés pour la construction de ponts, le bois devrait être uniquement utilisé si les constructeurs ont l'expérience nécessaire. Si l'on décide d'utiliser le bois pour la superstructure, il doit être traité contre la pourriture et les insectes. De manière à éviter d'avoir à faire des réparations fréquentes et coûteuses, il est conseillé de placer des planches fines en surface comme revêtement de la chaussée. Celles-ci peuvent être changées à moindre frais sans avoir à remplacer les parties portantes.



Screw/Nail = Vis/clou / Transverse plank = Planche transversale / Surface plank = Planche en surface / Girder = Poutre / End plank = Planche d'extrémité

Image 48: Composantes d'un tablier de pont en bois

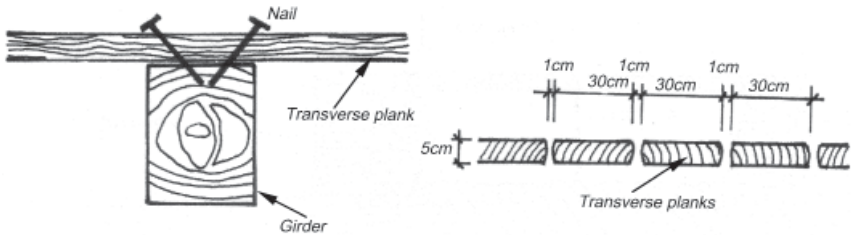
Il est conseillé de ne pas utiliser des vis et des clous sur la voie de circulation parce que le bois y est usé plus rapidement et les pièces en métal qui dépassent endommageraient alors les pneus des véhicules. Si cela ne peut pas être évité, les têtes de vis et clous devraient être fraisés.



Surface plank = Planche en surface / Transverse plank = Planche transversale / Girder = Poutre

Image 49: Fixations fraisées dans une planche en surface

Il est également recommandé de planter les clous en biais car ainsi ils ne sont pas aussi facilement desserrés par les vibrations provoquées par la circulation. Un espace de 1 cm devrait être maintenu entre les planches en bois puisque le bois gonfle quand il est humide et les planches peuvent se déformer.



Nail = Clou / Transverse plank = Planche transversale / Girder = Poutre / Transverse planks = Planches transversales

Image 50: Disposition des planches transversales

(i) Seuls des matériaux de haute qualité devraient être utilisés pour le travail du béton.

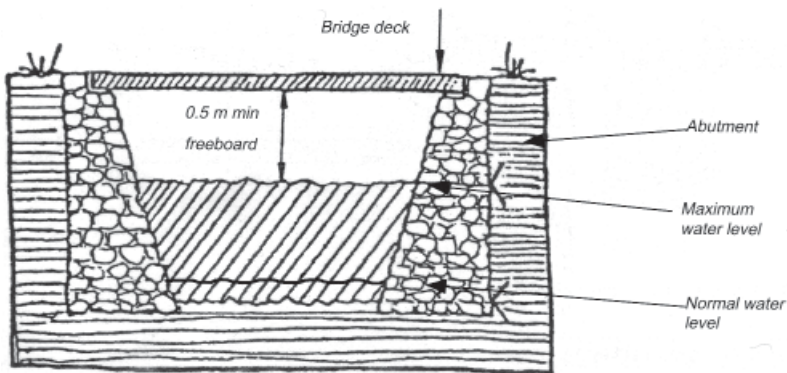
Les ponts sont plus lourdement contraints par la circulation que les sections couvertes car il n'y a pas de dallage pour répartir la charge. L'utilisation de gravats inappropriés ou contaminés pourrait provoquer l'effondrement du pont. Des inspections régulières de la qualité du béton et des méthodes de mise en place sont par conséquent indispensables.

(j) La charge de trafic critique est la plupart du temps celle atteinte pendant la saison des récoltes.

En plus du nombre de véhicules franchissant le pont régulièrement, il est essentiel de définir le niveau maximal que le trafic peut atteindre. Un pont placé sur une piste d'accès en milieu rural connaît sa charge de trafic la plus lourde durant la saison des récoltes puisque c'est à ce moment là que les grossistes viennent dans les villages avec des véhicules lourds pour acheter la production.

(k) Hauteur libre adéquate entre le niveau le plus élevé de l'eau et le dessous du tablier du pont.

En particulier, quand l'eau atteint des niveaux élevés, les rivières transportent des quantités importantes d'objets flottants qui se retrouvent accrochés aux ponts à moins qu'un espace suffisant n'ait été laissé entre la surface de l'eau et le dessous du tablier. En plus des possibles dégâts causés au tablier du pont, il est possible que la rivière soit bloquée, ce qui provoque la formation de la pression d'eau et peut détruire le pont. L'eau peut également inonder les rampes d'accès au pont et éroder la structure routière. La hauteur libre devrait, par conséquent avoir une hauteur minimale de 0,50 m. Si l'on s'attend à ce que les objets contiennent de grands arbres ou buissons, la hauteur libre devrait être plus haute.



Bridge deck = Tablier du pont / Abutment = Culée / 0.5 m min freeboard = 0.5 m min Hauteur libre / Maximum water level = Niveau d'eau maximal / Normal water level = Niveau d'eau normal

Image 51: Hauteur libre pour un petit pont

(l) Culées solides contre l'affouillement.

Les culées et les soutènements sont en particulier menacés par la vitesse de l'écoulement de l'eau. Puisqu'ils sont situés dans le lit de la rivière, la turbulence se produit en aval des culées et des soutènements, et cela peut provoquer l'érosion. En conséquence, cela réduit la stabilité et peut conduire à l'effondrement du pont entier. Le lit de la rivière doit donc être stabilisé. Cela peut être réalisé soit en élargissant la fondation, soit en disposant des remblais pierreux ou gabions (paniers contenant des pierres). En présence de sols sujets à l'érosion, il peut être nécessaire de placer

un pieu de fondation ou une protection au moyen d'un rideau de palplanches. Des calculs hydrauliques minutieux sont donc nécessaires pour éviter que des dégâts supplémentaires dus à l'érosion n'endommagent le pont.

(m) Une analyse structurelle minutieuse est toujours essentielle pour les ponts.

La construction d'un pont devrait toujours être préparée avec une planification minutieuse. La statique est un élément important de la planification ainsi que les études hydrologiques et hydrauliques déjà mentionnées. Si les matériaux de construction, utilisés précédemment tels que les poutrelles en métal ou les poutres en bois, sont réutilisés, ceux-ci doivent être inspectés pour déterminer quels dégâts ou défaillances peuvent avoir été provoqués par une utilisation antérieure. Les éléments défectueux ne doivent pas être utilisés pour le système porteur de l'ouvrage.

(n) Respect de la réglementation locale.

Les suggestions pratiques faites dans ce guide se basent sur de nombreuses années d'expérience. Cependant, leur application ne dégage pas les responsables de la planification de l'obligation de respecter le code de la construction en vigueur. Cette condition s'applique également aux publications citées au début de cette section.

7 La maintenance des équipements de drainage

7.1 Remarque

Cette section traitant de la maintenance des équipements de drainage se restreint à quelques règles générales qui sont résumées dans de brèves «recommandations». Une présentation détaillée des différentes activités de maintenance est faite dans le «International Road Maintenance Handbook, Volume I – Maintenance of Roadside Areas and Drainage» publié par PIARC/AIPCR.

7.2 Remarques fondamentales

L'eau est l'ennemi principal de la route. Ce truisme souligne l'importance d'un bon drainage pour les routes et donc l'importance d'une bonne maintenance. L'objectif d'une bonne maintenance est de conserver toutes les installations dans un bon état de fonctionnement. De plus, cet objectif devrait être atteint de manière aussi économique que possible. Il n'y a pas de recette standard applicable de manière universelle pour cela, mais il existe certaines recommandations qui doivent être observées.

Les systèmes de maintenance des différents pays dépendent de la construction routière et de la politique de maintenance poursuivie ainsi que de la manière dont les services de maintenance chargés de l'exécution sont organisés. Cela peut varier pour les diverses organisations responsables de la construction même à l'intérieur d'un pays (par ex. les administrations nationales, régionales ou collectivités locales responsables des différentes catégories de routes).

La maintenance des équipements de drainage et des ouvrages de franchissement est toujours exécutée dans le cadre de la maintenance générale des routes et ne peut pas être traitée hors de ce contexte. Cependant, elle a intrinsèquement ses propres particularités qui sont décrites de manière détaillée dans ce manuel.

Les activités de maintenance seront mises en place sur la base des constatations faites au cours des contrôles de routine permanents et des inspections planifiées plus approfondies des conditions routières. Cela met en exergue deux types de services de maintenance:

7.2.1 Maintenance suivant les contrôles de routine

Cela comprend les contrôles de routine, c'est-à-dire réguliers, de tous les équipements de drainage et structures par le personnel (par ex. contremaîtres en construction de routes) responsable de la section routière en question pour assurer de bonnes conditions de fonctionnement et rapporter tous les dégâts qui ont pu se produire. Aucune distinction fondamentale n'est faite ici entre les routes pavées et non pavées.

De par sa nature même, la routine, la maintenance régulière n'est pas planifiée longtemps à l'avance mais est exécutée sporadiquement ou selon un processus permanent. Elle doit être effectuée avec une attention particulière après des chutes de pluies. Les réparations mineures doivent être réalisées sans délai par le personnel de maintenance lui-même, les dégâts et défauts majeurs qui ne peuvent pas être réparés immédiatement par le personnel de maintenance doivent être rapportés aux supérieurs sans délai. Cela s'applique en particulier quand des dégâts inhabituels ou catastrophiques sont constatés suite à des tempêtes.

7.2.2 Maintenance suivant des inspections périodiques

A intervalles réguliers (par exemple, deux fois par an, avant et après la saison des pluies), des inspections détaillées de tous les équipements de drainage et structures doivent être entreprises par un personnel spécialement formé (par ex. des inspecteurs des routes). De possibles défauts dissimulés et causes de dégâts doivent être examinés à ce moment là. Les constatations de chaque inspection doivent être rapportées par écrit pour chaque route.

Si des réparations importantes ou autres mesures correctives sont nécessaires et qu'elles dépassent les moyens disponibles au sein de l'organisme de maintenance, des entrepreneurs spécialisés pour de tels travaux doivent être commissionnés en vue de réaliser les réparations. De telles mesures exigent fréquemment une planification particulière à l'avance.

Des fossés de drainage doivent être reprofilés, dégagés et remis en état en même temps que la réalisation des travaux sur la chaussée de la route (en utilisant des niveleuses où cela est nécessaire).

Les travaux périodiques de maintenance sont planifiés à moyen terme (par ex. sur des périodes de 3 à 5 ans) et intégrés à des programmes appropriés.

7.3 Recommandations

Les travaux de maintenance qu'il est nécessaire de réaliser sont généralement de nature simple. La règle la plus importante ici est de les effectuer soigneusement et en temps voulu. Plus les défauts sont détectés tôt, moins la charge de travail nécessaire pour les réparer est importante. Ci-dessous sont présentés un certain nombre de problèmes habituels qui se produisent fréquemment ainsi que les travaux requis pour les traiter.

(a) Des dévers adéquats à partir de la chaussée et des accotements sont les moyens les plus importants pour assurer un bon drainage de surface.

L'exemple suivant montre clairement que la maintenance des équipements de drainage doit faire partie de la maintenance générale des routes et ne peut pas être effectuée séparément.

Les ornières que creusent les roues et les nids-de-poule empêchent l'évacuation correcte de l'eau. L'eau qu'ils stockent pénètre dans le revêtement / couche de base et couche de fondation, et réduit leur capacité porteuse. Remblayer les nids-de-poule et remettre la chaussée à niveau (entre le gravillonnage périodique) est le moyen d'éviter les dégâts supplémentaires. Cependant, l'intention n'est pas ici d'expliquer plus en détail la maintenance de la chaussée.

(b) Le profil en travers d'une tranchée réalisé lors de la construction de la route doit être maintenu.

Le profil en travers de la tranchée d'origine (forme en V, triangulaire ou trapézoïdale) se modifie avec le temps. Plusieurs facteurs contribuent à cela:

- Si sa vitesse est trop élevée, l'eau peut provoquer l'érosion et l'affouillement. Ces dégâts doivent être réparés, en autres termes, les sections endommagées doivent être remblayées à nouveau avec des matériaux appropriés. Aux endroits

où les dégâts empirent et surviennent à maintes reprises, des mesures de protection doivent être prises, par ex. au moyen du pavage, de l'élargissement du profil en travers, de l'insertion de redents, en creusant des fossés de drainage supplémentaires et des caniveaux dans le terrain pour prendre le relais des fossés, et même en modifiant l'alignement où cela est nécessaire. Il sera occasionnellement nécessaire de replanir des pentes de fossés trop raides. Dans les cas les plus graves, des fascines ou gabions devront être utilisés.

- L'écoulement de l'eau est souvent bloqué par la végétation. La seule chose qui aide alors est de couper l'herbe régulièrement. En règle générale, cela peut être fait lors du fauchage sur les accotements et les talus.

Un nettoyage général des fossés et une reconstitution du profil en travers doivent être planifiés tous les 3 à 5 ans.

- Si les fossés au bord de la route sont recouverts par la végétation et conservent leurs profils en travers d'origine, la végétation devrait être coupée mais en aucun cas enlevée puisqu'elle fournit la meilleure protection contre l'érosion.

(c) Les installations dont le but est d'évacuer l'eau vers le terrain doivent être constamment inspectées et entretenues.

Les mêmes recommandations que pour les fossés s'appliquent ici. Les points faibles sont souvent les endroits où, la direction du courant change afin de détourner l'eau vers le terrain. C'est ici qu'il existe un risque important d'érosion. A l'extrémité, c'est-à-dire à l'exutoire des drains de dérivation dans le terrain, celui-ci n'est plus en pente dans beaucoup de cas, et cela conduit à la sédimentation et au reflux de l'eau.

Si des érosions de grandes ampleurs sont découvertes à maintes reprises aux mêmes endroits, il peut être préférable de poser de nouvelles canalisations de diversion au lieu de mal réparer les anciennes. Elles devraient également être secondées par l'installation de tuyaux de décharge supplémentaires. Les anciennes canalisations de dérivation doivent alors être bloquées.

(d) Les fossés de crête ne doivent pas être négligés.

Les fossés de crête sont souvent situés à une certaine distance de la route, par exemple sur des talus élevés. Il est donc difficile d'en voir l'intérieur directement à partir de la route. Ils sont par conséquent souvent oubliés, ou tout au plus, rarement inspectés. En conséquence, il peut aisément se produire que les dégâts soient découverts alors qu'ils sont déjà à un stade bien avancé ou même trop tardivement. Ces fossés devraient donc être inspectés systématiquement après une chute de pluie importante. On devrait porter une attention particulière à tous les signes indiquant que les fossés de crête débordent à certains endroits et la pente est menacée par l'érosion régressive.

En ce qui concerne le travail de maintenance, les mêmes règles s'appliquent que pour les fossés en bord de route.

(e) Les sections couvertes sont exposées à un risque particulier dû aux concentrations des eaux à évacuer.

Les sections couvertes doivent être régulièrement nettoyées, surtout à l'approche de la saison des pluies, afin d'assurer que toute l'eau est correctement évacuée. Cela inclut le nettoyage des fossés en aval jusqu'au cours d'eau récepteur et en amont sur environ 50 m ainsi que le long du bord de la route et les fossés des champs au pied du talus.

L'entrée et la sortie de chaque section couverte doivent être inspectées régulièrement pour éviter l'érosion et l'affouillement. Ce type de dégâts doit être réparé au premier stade. Les objets flottants retenus à l'entrée doivent être retirés dès que possible.

La section entière doit toujours être disponible pour l'écoulement, ce qui signifie que la sédimentation et les dépôts doivent être retirés régulièrement et à intervalles brefs. Ce sujet revêt une importance particulière juste avant la saison des pluies. Durant la saison des pluies, tout objet qui a été retenu devant l'entrée doit être enlevé dès que possible de manière à empêcher qu'il soit de nouveau emporté dans le système de drainage par la prochaine averse. Il devrait être déposé sur le côté le plus bas de la route.

De plus, il sera nécessaire de vérifier de temps en temps la performance de la structure des sections couvertes. A cette fin, il suffit de regarder à travers la section couverte pour voir si des déformations, des tassements et des éléments cassés sont présents (ex. tuyaux en béton). Tous les dégâts constatés doivent être signalés à l'autorité supérieure puisque les réparations nécessaires dépassent les qualifications d'un contremaître de la construction des routes. De tels dégâts doivent être pris très au sérieux puisque des sections couvertes cassées constituent un danger pour la circulation et peuvent même conduire à des interruptions de la circulation.

(f) L'entretien des gués et des sections couvertes submersibles est soumis à des contraintes saisonnières.

La saisonnalité signifie que les différentes activités d'entretien doivent être entreprises à différentes périodes de l'année.

Pendant la saison sèche, de tels travaux impliquent les activités d'entretien généralement habituelles sur les routes. C'est la période pendant laquelle les dégâts provoqués par les inondations doivent être réparés. Les dégâts sur la chaussée des sections couvertes submersibles ne sont pas visibles par les automobilistes ce qui rend de tels dégâts particulièrement dangereux. Les réparations doivent être par conséquent effectuées avec le plus grand soin et de manière durable. Les jauges indiquant le niveau de l'eau et les dispositifs de guidage doivent être entretenus ou, si nécessaire, remplacés.

Au cours de la saison des pluies, l'inspection de la chaussée pour dégâts et objets entravant la traversée doit être intensifiée. Aux endroits où les dégâts ne peuvent pas être immédiatement réparés, des panneaux avertisseurs doivent être érigés.

Immédiatement après la saison des pluies, la première priorité doit être de réparer les dégâts causés par l'eau. Tous les dépôts de sable ou de gravier sur la chaussée doivent être débarrassés. Le lit du cours d'eau en amont doit être débarrassé des gravats, objets et dépôts de sable, libérant ainsi le diamètre entier de la section couverte disponible pour l'écoulement. L'érosion en aval doit être comblée avec de grosses pierres ou des gabions afin de stabiliser à nouveau le lit du cours d'eau.

(g) Les ponts constituent un cas spécial pour le contremaître chargé des routes – Que peut-il faire?

L'entretien des ponts, en particulier l'inspection de l'état structurel de ses éléments porteurs et toutes les réparations qui peuvent être nécessaires, est généralement exécuté par un bureau spécialisé pour les ponts. Cependant, puisque les contremaîtres sont plus ou moins toujours présents, ils devraient être chargés de garder un œil sur l'état des ponts de la section de route sur laquelle ils travaillent, et signaler tous les changements et dégâts facilement remarquables.

Les tâches simples telles que l'enlèvement de toutes sortes de dépôts y compris les objets afin de maintenir la section libre pour l'écoulement, constituent une exception. C'est un travail qui doit être effectué régulièrement par les techniciens des routes.

(h) Les équipements de drainage souterrains qui ne sont pas visibles – Comment le contremaître chargé des routes peut-il contribuer à leur entretien?

L'emplacement des équipements de drainage souterrains est généralement indiqué sur les dessins techniques. Les vérifications de leur fonctionnement peuvent être effectuées à l'aide des puits d'inspection et aux sorties. Le contremaître chargé des routes doit être formé par l'inspecteur des routes sur la manière de les contrôler.

Dans la pratique, le contremaître chargé des routes ne peut généralement rien faire de plus que de maintenir les sorties libres de toute végétation et dépôts.

8 Règles pratiques de base

La sélection des matériaux de construction et leur utilisation correcte joue un rôle important pour déterminer la résistance des structures ainsi que pour décider du type de drainage nécessaire. Par conséquent, quelques propositions sont faites ci-dessous de manière à éviter les erreurs les plus fréquentes.

8.1 Matériaux de construction

Les agrégats pour béton (sable, graviers, pierres, agrégats concassés) ne doivent pas contenir de matières biologiques (humus, herbe, bois) puisque cela interfère dans le processus de durcissement du béton, réduit sa solidité, et la résistance de la structure requise n'est pas obtenue. Le mélange ne doit pas contenir non plus de morceaux d'argile. Il ne doit pas y avoir d'argile adhérent aux pierres puisque cela réduirait l'adhésion du liant, le ciment. Le diamètre de la particule la plus grosse ne doit pas excéder 20 mm.

Les graviers et le sable ne doivent pas non plus contenir d'argile ou de sel. Cela signifie que la teneur en sel des sources situées à côté de la mer doit être vérifiée.

Le ciment ne doit pas déjà avoir durci, puisqu'il n'est plus possible de mélanger du ciment durci pour fabriquer du béton ou du mortier. Le ciment doit se présenter sous forme de poudre. Les grumeaux dans le ciment sont insignifiants s'ils peuvent être réduits en poudre à la main.

L'eau doit également être propre, c'est-à-dire dans la mesure du possible sans matières en suspension. L'eau salée ou saumâtre ne doit jamais être utilisée, elle détruit le ciment.

Les moellons utilisés pour la maçonnerie doivent être compacts et non poreux. Les moellons poreux absorbent l'eau du mortier trop rapidement, de sorte que l'eau nécessaire au processus de prise est insuffisante.

Le coffrage doit être propre et avoir une surface lisse (aucun résidu de ciment). Afin de faciliter le décoffrage subséquent et d'obtenir une surface de béton propre, il est utile de huiler le coffrage au préalable. Si aucune huile spécifique pour le coffrage n'est disponible, une huile à moteur peut être utilisée à la place.

L'acier à béton devrait avoir une surface lisse. La rouille, des entailles et une déformation prononcée (présents principalement dans l'acier réutilisé) réduisent la capacité porteuse de l'acier et par conséquent du béton.

La rouille sur les tuyaux en acier et en métal doit être enlevée (avec une brosse en acier) avant qu'ils soient installés. Avec des tuyaux métalliques, la zone nettoyée doit être protégée par une couche bitumineuse.

8.2 Description du travail

Lorsque le béton sera mélangé sur de petits chantiers de construction, les matériaux seront normalement dosés par unité de volume. Les ratios des matériaux mélangés dépendent de l'utilisation envisagée pour le béton. S'il est utilisé pour des structures de drainage qui ne seront pas soumises à des tensions de flexion, les matériaux peuvent être mélangés dans les proportions suivantes:

3 unités par volume de mélange sable-gravier (caillou)
1 unité par volume de ciment
2 unités par volume d'eau

La proportion approximative d'agrégats devrait être: sable / caillou = 5 / 1 – 1.5 en fonction de la taille des grains entrant dans la composition des cailloux. La taille de la moitié à deux tiers des agrégats devrait être comprise entre 2 et 20 mm. Il faut faire attention à ne pas utiliser trop d'eau avec les agrégats humides puisque ceci réduirait la qualité du béton.

Les agrégats et le ciment doivent être complètement mélangés (par ex. pelletés aller-retour trois fois) avant l'ajout de l'eau. Le mélange est fait sur une surface dure et propre afin de garantir que la mixture n'est pas contaminée.

Le béton doit être posé uniformément de manière à ce qu'aucune ségrégation ne se produise. La hauteur de chute du béton quand il est posé ne doit pas excéder un mètre, ou sinon les éléments grossiers s'enfonceront vers le bas. Cela réduit la capacité porteuse du béton.

En ce qui concerne le béton armé, il doit y avoir un enrobage minimum de 3 cm entre la surface de l'acier et l'intérieur du coffrage. En aucun cas l'acier à béton ne doit entrer en contact avec le coffrage. La distance peut être maintenue par des masses dures de mortier que l'on a versées sur un morceau de fil et liées à l'extérieur de l'acier à béton.

Afin d'enlever les bulles d'air du béton, on doit le faire vibrer dans le coffrage. Pour des murs minces (< 30 cm), cela peut être effectué par vibration externe, sinon un vibrage interne peut être utilisé. Si aucun vibreur n'est disponible, pour les petites quantités de béton, il est possible de faire monter les bulles d'air en tapant légèrement sur le coffrage extérieur avec un marteau. Le même effet peut être obtenu en remuant le béton à l'aide d'une mince tige en fer, mais ici une attention importante doit être portée pour garantir que les particules grossières ne s'enfonceront pas vers le bas et que le matériel fin dont la capacité porteuse est faible ne s'amasse pas à la surface.

Afin que le béton durcisse sous la forme voulue, il est nécessaire de le mettre dans un coffrage. Le béton est lourd, c'est pourquoi les panneaux du coffrage doivent être renforcés par des poutres ou du bois équarri pour empêcher qu'ils ne se tordent vers l'extérieur sous le poids du béton. Les soutiens et étalements doivent être sécurisés de manière à assurer qu'ils ne s'affaissent pas sous le poids du béton coulé. Etant donné que le coffrage doit être entièrement retiré plus tard, il faut faire attention à ce que toutes les planches et poutres soient facilement accessibles. Il s'est également révélé utile de ne pas enfoncer les clous dans le bois jusqu'à la tête, mais de leur permettre de dépasser d'environ 1 cm pour un retrait plus facile.

Le béton frais ne doit pas être exposé à la lumière directe du soleil. Il doit être conservé humide et à l'ombre (couvert par de l'herbe ou du sable, nattes en paille). Il peut, cependant, être arrosé avec de l'eau seulement après un jour. Le traitement ultérieur du béton devrait être effectué au moins pendant cinq jours. Un bon traitement ultérieur peut considérablement améliorer la qualité du béton. Cela s'applique également aux buses en béton fabriquées sur le chantier.

Le coffrage peut généralement être retiré du béton après deux jours à moins que le béton ne soit autoporteur. Sous les poutres et plafonds, le coffrage doit rester

en place avec les autres supports pendant environ trois semaines. Une charge de trafic ne peut être autorisée, en vue de circuler dessus, qu'après quatre semaines seulement. Les cavités perceptibles une fois que le coffrage a été retiré doivent être remplies avec un mélange de mortier et la surface doit être lissée. Les creux visibles doivent être complètement colmatés avec du mortier.

En maçonnerie faite de pierres naturelles ou de briques, les joints sont souvent le point faible si le mortier n'a pas été préparé correctement. Par conséquent sur ce point:

Comme pour le béton, les matériaux utilisés pour le mortier doivent être propres. Il ne doit pas y avoir de limon, de matières végétales ou autre impureté dans le sable ou l'eau.

La granulométrie du sable devrait être $< 2\text{mm}$ (Tamis n° 10). Les petites pierres dans le mortier l'empêchent d'être posé en couches régulières, et quand il est utilisé pour les murs en brique, il en résulte un jointement irrégulier, c'est-à-dire que les pierres empêchent l'adhésion solide entre le mortier et les briques.

Les proportions du mélange sable / ciment est d'environ 4-6 / 1 (unités par volume). Si le sable a un grain fin, une plus grande quantité de ciment sera nécessaire, c'est-à-dire $S/C=4/1$. Grâce à l'ajout de chaux, (env. 2/3 de la quantité de ciment), la maniabilité du mortier peut être améliorée.

En particulier pour les murs en brique, les joints du mortier ne devraient pas être plus épais que 1.0 à 1.2 cm. Des joints plus épais ne sont pas aussi durables et sont également trop coûteux. Si des pierres naturelles ou des moellons sont utilisés, il ne doit y avoir aucun contact direct entre eux mais ils doivent toujours être séparés par une couche de mortier.

Avant leur pose, les pierres devraient être humidifiées, pour éviter qu'elles n'absorbent l'eau du mortier qui manquera lors du processus de prise de celui-ci.

8.3 Sécurité

Des accidents peuvent également se produire sur de petits chantiers de construction si une attention insuffisante est portée aux questions de sécurité. La vie humaine et la sécurité sont plus importantes que les progrès faits en matière de construction. Par conséquent, aucun risque ne doit être pris au travail pour gagner du temps ou de l'argent.

Des panneaux de signalisation routière devraient indiquer suffisamment tôt aux conducteurs qu'ils s'approchent d'un chantier de construction. Puisque des goulots d'étranglement surviennent souvent sur les chantiers où sont réalisés des travaux sur les installations de drainage, il doit être possible pour les conducteurs d'avoir une vue d'ensemble claire du chantier, afin qu'ils puissent adapter leur façon de conduire au changement de situation. Si la longueur du chantier de construction ou des virages empêchent une bonne visibilité, la circulation doit être régulée par des contrôleurs de la circulation postés à chaque extrémité de la section du chantier.

La zone de chantier elle-même doit être sécurisée par des barrières. Entre les tranchées et les excavations, une attention particulière doit être portée pour assurer qu'un espace suffisant est laissé entre la bordure et la voie pour les véhicules. En règle générale, cet espace devrait avoir une largeur minimum d'au moins un mètre.

Table des illustrations

Image 1:	Pente transversale standard	6
Image 2:	Protection des talus par gazonnement	7
Image 3:	Fossé latéral	7
Image 4:	Fossé de crête	8
Image 5:	Formes de fossé	8
Image 6:	Solutions alternatives pour la construction de seuils.	10
Image 7:	Evacuation des eaux superficielles par le talus dans le terrain adjacent	11
Image 8:	Ancrage d'une descente d'eau	11
Image 9:	Equilibre des masses	13
Image 10:	Sortie de fossé vers le terrain adjacent	14
Image 11:	Drainage pour talus important Image	14
Image 12:	Fossé de crête (détail)	14
Image 13:	Scellement d'un fossé avec du sol cohésif	15
Image 14:	Talus pavé, stabilisé avec du mortier	15
Image 15:	Réduction de talus	16
Image 16:	Éléments-type d'un busage	20
Image 17:	La pose de tuyaux en béton	22
Image 18:	Remblaiement des busages	24
Image 19:	Ouvrage d'entrée à mur de tête normal	26
Image 20:	Forme du fossé	26
Image 21:	Ouvrage d'entrée avec avaloir	27
Image 22:	Protection de talus	27
Image 23:	Ouvrages de sortie	29
Image 24:	Ouvrage de sortie avec parafouille	29
Image 25:	Ouvrage de sortie à gradins	30
Image 26:	Sortie avec bassin de dissipation	30
Image 27:	Exutoire avec gabions semelles	31
Image 28:	Façonnage des arrêtes de dalots sur lesquels la circulation roule directement	32
Image 29:	Éléments-type d'un dalot	33
Image 30:	Dalot maçonné	34
Image 31:	Dalot en forme de voûte	35
Image 32:	Aménagement des sections couvertes dans la direction du courant	38
Image 33:	Erosion quand le rejet est irrégulier	39
Image 34:	Aménagement concentrant les sections couvertes sur un côté	39
Image 35:	Sans protection contre l'affouillement	40
Image 36:	Avec protection contre l'affouillement	40
Image 37:	Ouvrage avec une dalle de protection contre l'affouillement	40
Image 38:	Défecteurs	41
Image 39:	La ligne d'infiltration étendue par un radier	42
Image 40:	Conception et disposition des bordures	43
Image 41:	Exemples de conceptions de gués (profil en travers)	46
Image 42:	Traversée d'un lit de rivière droit	47
Image 43:	Terrain approprié pour un pont	48
Image 44:	Terrain pas entièrement approprié pour un pont	48
Image 45:	Formes de pont	48
Image 46:	Balustrades sur ponts	49
Image 47:	Drainage de l'eau dans les culées d'un pont	50
Image 48:	Composantes d'un tablier de pont en bois	50
Image 49:	Fixations fraisées dans une planche en surface	51
Image 50:	Disposition des planches transversales	51
Image 51:	Hauteur libre pour un petit pont	52



ASSOCIATION DE RECHERCHES SUR LES ROUTES ET LES TRANSPORTS

Organisation

L'Association de recherches sur les routes et les transports (FGSV) est une association à but non lucratif consacrée à la recherche dans le domaine technique avec 2.500 membres. Elle est la plate-forme de connaissances essentielle dans le domaine des routes et de la circulation routière. L'objectif principal de la FGSV est de perfectionner les connaissances techniques dans l'ensemble du domaine des routes et de la circulation routière. Elles envoient plus de 2.100 collaborateurs dans ces nombreux organes spécifiques:

- Planification du transport
- Projet routier
- Gestion du trafic
- Gestion de l'infrastructure
- Terrassements et fondations
- Granulats, Chaussées souples
- Chaussées bitumées
- Chaussées en béton.

Réglementation technique

La réglementation technique avec quatre niveaux d'engagement est établie et mise à jour au sein des comités de la FGSV. Les tous nouveaux résultats obtenus dans la recherche, la pratique et l'administration y sont pris en compte. Les réglementations techniques élaborées par la FGSV et autres publications relatives aux domaines de la planification de la circulation, la conception des routes, la gestion de la circulation, la gestion de l'infrastructure, les matériaux routiers et les techniques de construction sont diffusées par les éditions FGSV (FGSV Verlag).

Recherche

Il est nécessaire de disposer à certaines étapes de résultats de recherche s'il l'on veut mettre la réglementation technique à jour. Dans le cadre du Programme de recherche commun du Ministère Fédéral des Transports, de la Construction et des Affaires Urbaines (BMVBS) / de la FGSV, le rôle de la FGSV est d'initier, de se charger de cette recherche et de la transposer dans les comités. Autres programmes principaux de recherches sont:

- Programme de Recherche Transport Urbain (FoPS)

- Programme de Recherche du Union des Associations de Recherches industrielles (AIF).

Transfert de connaissances

Outre l'édition de réglementations et de publications, la FGSV organise également tous les deux ans un congrès au cours de laquelle elle présente la gamme complète de ses missions. Elle organise également à intervalles irréguliers de nombreux congrès spécialisés et colloques.

Les résultats obtenus par les comités sont également diffusés dans les deux publications de la FGSV:

Straße und Autobahn (Route et Autoroute) et *Straßenverkehrstechnik* (Technique de la circulation routière).

Activités internationales

Une autre mission importante de la FGSV est de promouvoir la collaboration internationale dans le domaine des routes et de la circulation routière. Elle a été nommée Comité national de l'Association mondiale de la route (AIPCR/PIARC) par le ministère fédéral des Transports, de la Construction et de l'Urbanisme. La FGSV travaille en étroite collaboration avec les associations correspondantes des pays voisins: Pays-Bas, Autriche et Suisse.

Mais elle entretient également des rapports constants avec d'autres institutions internationales.

Information et documentation

La FGSV dispose d'un centre d'information et de documentation (IuD) très utile. Il rassemble et documente les ouvrages et documents spécialisés nationaux et internationaux. Ce centre dispose d'une vaste bibliothèque spécialisée qui peut être consultée sur place ou en ligne.

Le IuD-Bureau édite le service d'exposé *Dokumentation Straße (Documentation Routes)* avec des articles de la littérature spéciale internationale et de l'Allemagne. En collaboration de l'Institut Fédéral de Routes le IuD-Bureau est responsable des rapports allemands pour la *Documentation Internationale des Recherches sur les Routes* (IRRD) de l'OECD.



L'édition publiée de

FGSV Verlag GmbH

D-50999 Cologne/Allemagne · Wesselinger Str. 17

Fon: +49 / 22 36 / 38 46 30 · Fax: +49 / 22 36 / 38 46 40

Émail: info@fgsv-verlag.de · Internet: www.fgsv-verlag.de

August 2012