

LES PRATIQUES DE GESTION OPTIMALES DES EAUX PLUVIALES

CHAPITRE 11

11.1 INTRODUCTION

11.1.1 Généralités

Définir quelles sont les pratiques de gestion optimales (PGO) les plus appropriées pour différentes situations peut devenir dans certains cas difficile puisqu'il existe plusieurs techniques dont il faut pouvoir reconnaître les avantages et désavantages. Les critères à considérer pour faire le choix le mieux adapté pour un site en particulier sont discutés plus en profondeur au chapitre 14 mais on peut ici reconnaître que ce choix sera influencé notamment par les différentes contraintes physiques, la source de pollution et le pourcentage d'enlèvement de polluant visé, le type de plan ou de cours d'eau récepteur ainsi que les objectifs en matière de contrôles divers et de protection contre les inondations.

Il existe plusieurs types de classification pour les différentes PGO. Une première classification, probablement celle qui est la plus générale, est de regrouper les techniques selon qu'elles sont non structurales ou structurales. Le premier groupe de techniques inclut les approches qui n'impliquent pas la mise en place d'ouvrages mais plutôt la prise en compte de l'aménagement du territoire, l'utilisation de nouvelles techniques de pratiques de gestion pour l'entretien (ou la modification de certaines pratiques existantes) et la réglementation, de façon à pouvoir effectuer un contrôle préventif. Cet aspect est discuté à la section 11.2 et ces techniques, souvent sous-estimées, pourront avoir un impact non négligeable à l'échelle d'un bassin versant pour différents aspects. Les techniques dites structurales, qui font l'objet des sections 11.3 et suivantes de ce chapitre, sont celles qui nécessitent la construction d'ouvrages de contrôle pour les réseaux de drainage.

Une autre classification regroupe les différentes techniques selon certaines grandes catégories, en fonction des caractéristiques générales de ces techniques. Cette approche est retenue par plusieurs guides nord-américains (EPA, 2004; Maryland, 2000; CWP, 2002; MOE, 2003; Jaska, 2000). Le tableau 11.1 présente cette classification, sous sa forme la plus répandue.

Une autre approche permettant d'évaluer et de qualifier chaque technique consiste à examiner quels sont les processus en jeu (physiques, chimiques et biologiques) par lesquels dans chaque cas s'effectuent le contrôle et le traitement des eaux pluviales. Les connaissances pour cet aspect évoluent encore mais, dans le contexte où on utilise un principe de filière de traitement pour la gestion qualitative, il devient essentiel de mieux connaître comment chaque type de PGO peut contribuer au traitement et selon quels principaux mécanismes. On peut tout d'abord faire une distinction de base entre les particules solides et celles qui sont solubles. La limite se situe quelque part entre le diamètre équivalent de l'ordre de 0,4 micron (pouvant être associé à de l'argile) (UDFCD, 2005). Dans plusieurs cas, divers polluants (comme les métaux) deviennent adsorbés ou attachés aux matières en suspension (MES), ce qui explique pourquoi les MES sont souvent utilisées comme un des indicateurs globaux permettant de qualifier le niveau de traitement des eaux pluviales.

Les principaux mécanismes à l'œuvre dans les PGO classiques sont la décantation (souvent le principal processus pour plusieurs PGO), la filtration, l'infiltration, l'assimilation biologique par les plantes et la rétention à travers la végétation (par exemple par le gazon dans une bande filtrante). Le tableau 11.2 fournit un résumé des

Tableau 11.1
Classification des PGO par groupe (adapté de EPA, 2004 et de CWP, 2002).

Groupe	PGO	Description
Bassins de rétention	Bassin sec	Un bassin sec est conçu pour recevoir en temps de pluie les eaux de ruissellement pour certaines gammes de débits; règle générale, il se vide sur une période relativement courte et demeure sec lorsqu'il n'y a pas de précipitation.
	Bassin sec avec retenue prolongée	La retenue des eaux pour les événements fréquents (contrôle qualitatif) peut être prolongée (entre 24 et 48 heures) puisqu'il a été démontré que le traitement pouvait ainsi être amélioré.
	Bassin avec retenue permanente	Bassin qui maintient une retenue permanente d'eau et qui effectue les différents contrôles avec une augmentation temporaire de la retenue lors de précipitations. Globalement, il a été démontré que ce type de bassin permettait d'avoir un meilleur rendement pour le contrôle qualitatif qu'un bassin sec.
Marais artificiels	Marais peu profond	Marais qui effectue un contrôle qualitatif avec différentes cellules de faibles profondeurs.
	Marais avec retenue prolongée	Marais qui effectue un contrôle qualitatif accentué avec une retenue prolongée des eaux de ruissellement.
	Système hybride bassin/marais	Système où un bassin avec une retenue permanente est implanté en amont du marais artificiel.
Systèmes avec végétation	Fossé engazonné sec	Fossé ou dépression conçu pour retenir temporairement les eaux et promouvoir l'infiltration dans le sol.
	Fossé engazonné avec retenue permanente	Fossé ou dépression avec retenue permanente et végétation spécifique (marais) conçu pour retenir temporairement les eaux et promouvoir l'infiltration dans le sol.
	Fossé engazonné avec biofiltration	Fossé ou dépression conçu pour retenir temporairement les eaux et promouvoir l'infiltration dans le sol, avec la mise en place de matériaux et de végétation favorisant une biofiltration.
	Bande de végétation filtrante (avec ou sans biofiltration)	Surfaces gazonnées avec des pentes et des dimensions appropriées, conçues pour traiter un écoulement de surface en nappe et éliminer certains polluants par filtration et infiltration.
Systèmes avec infiltration	Bassin d'infiltration	Dépression de surface qui permet de stocker le ruissellement pour favoriser par la suite l'infiltration, partielle ou totale, dans le sol.
	Tranchée d'infiltration	Pratique par laquelle les eaux de ruissellement sont traitées dans les vides d'un volume de pierre nette ou à l'intérieur d'une chambre avant d'être infiltrées en tout ou en partie.
	Pavé ou pavage poreux	L'utilisation de pavé en béton poreux ou d'asphalte poreux permet l'infiltration d'une certaine partie du ruissellement.
Systèmes de filtration	Filtre à sable de surface	Pratiques de filtration qui traitent les eaux de ruissellement en décantant les particules de plus grandes dimensions dans une chambre à sédiments, et qui filtrent ensuite à travers un filtre à sable.
	Filtre à sable souterrain	Pratiques de filtration qui traitent en réseaux les eaux de ruissellement en décantant les particules de plus grandes dimensions dans une chambre à sédiments, et qui filtrent ensuite à travers un filtre à sable.
	Filtre à sable en périphérie	Filtre qui comprend une chambre à sédiment peu profonde et un lit de filtre à sable en parallèle. Peut être utilisé en périphérie des stationnements.
Autres techniques	Mécanismes hydrodynamiques à vortex	Différents équipements permettant la séparation des matières en suspension par un processus hydrodynamique qui crée un vortex. Plusieurs modèles commerciaux existent.
	Séparateurs d'huile, graisse et sédiments	Différents équipements permettant l'enlèvement d'un certain pourcentage de polluants par la capture des débris et une décantation par gravité.

Tableau 11.2
Processus de traitement pour différentes techniques (adapté de Minton, 2005).

Pratiques de gestion	Processus impliqués		
	Physique	Chimique	Biologique
Bassin sec	Décantation		
Bassin avec retenue permanente	Décantation Flottation	Sorption au sol Précipitation dans l'eau	Assimilation biologique et sorption par des algues
Marais artificiel	Décantation Flottation	Sorption au sol Précipitation dans l'eau	Transformation par les bactéries Assimilation par les plantes
Fossé engazonné et bande filtrante	Décantation Filtration	Sorption au sol	Assimilation par la végétation
Systèmes avec infiltration (bassin, tranchée, pavé poreux)	Décantation Filtration	Sorption au sol Précipitation	Transformation ou enlèvement par les bactéries
Mécanismes hydrodynamiques à vortex	Décantation Flottation		
Séparateurs d'huile, graisse et sédiments	Flottation Décantation		

Note : Les processus en italique représentent les processus majeurs dans chaque cas.

Tableau 11.3
Processus de traitement pour différents types de polluants (adapté de EPA, 2004).

Catégories de polluants	Pratiques de gestion et mécanismes d'enlèvement des polluants				
	Bassin	Marais	Biofiltre	Infiltration	Filtre à sable
Métaux lourds	Sorption Décantation	Sorption Décantation Phytoremediation	Sorption Filtration	Sorption Filtration Phytoremediation Décantation	Sorption Filtration
Polluants organiques toxiques	Sorption Bio-dégradation Décantation Phytovolatilisation	Sorption Bio-dégradation Décantation Phytovolatilisation	Sorption Filtration	Sorption Filtration Décantation Phytovolatilisation	Sorption Filtration
Nutriments	Bio-assimilation	Bioassimilation Phytoremediation	Sorption	Sorption Bioassimilation Phytoremediation	Sorption
Matières en suspension	Décantation Filtration	Sorption Décantation	Sorption Filtration	Sorption Filtration Décantation	Filtration
Huile et graisse	Sorption Décantation	Sorption Décantation	Sorption	Sorption Décantation	Sorption
Éléments pathogènes	Décantation UV irradiation	UV irradiation (soleil) Sédimentation Coagulation Oxydation	Filtration	Filtration Décantation	Filtration Prédation

principaux mécanismes et décrit comment ils s'appliquent aux PGO classiques; le tableau 11.3 donne quant à lui une liste des différentes catégories de polluants et les processus dans les différentes techniques qui permettent le traitement de chaque catégorie.

Les différents objectifs de gestion des eaux pluviales peuvent également être utilisés pour classer et évaluer les mécanismes de contrôle. Ces objectifs comprennent la réduction du volume de ruissellement, la réduction des débits de pointe ainsi que le contrôle de la qualité des eaux rejetées. La réduction du volume de ruissellement, qui historiquement ne faisait pas partie des préoccupations pour la gestion des eaux pluviales, est maintenant reconnue comme un élément très important pour atteindre les différents objectifs. Les données compilées par Schueler (2008) et qui étaient résumées au tableau 8.19 du chapitre 8 peuvent servir de guide pour quantifier l'ampleur de la réduction de volume que peuvent apporter différentes techniques.

Finalement, une autre approche qui peut être utilisée pour catégoriser les PGO consiste à les classer en s'appuyant sur un concept de la chaîne ou de filière pour les mécanismes de contrôle, ce qui sera décrit à la prochaine section.

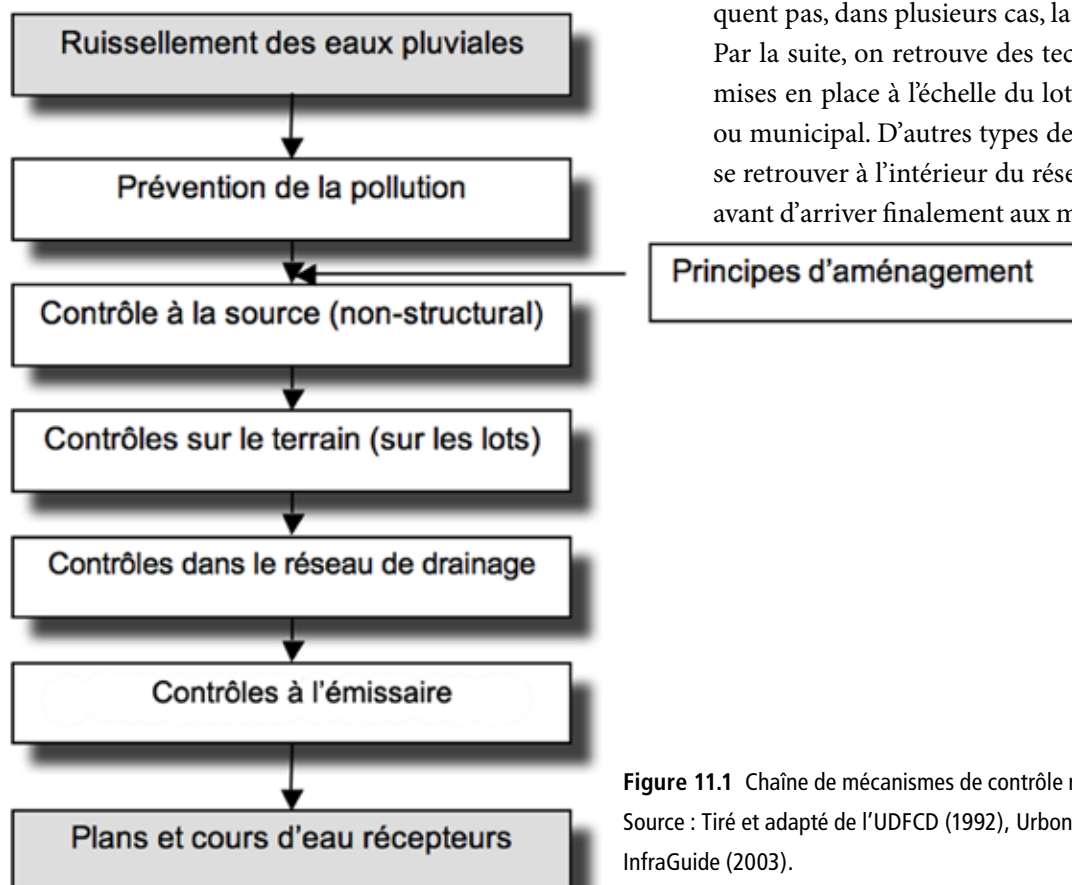


Figure 11.1 Chaîne de mécanismes de contrôle relative au contrôle du ruissellement. Source : Tiré et adapté de l'UDFCD (1992), Urbanas et Roesner (1993), MEO (2003); InfraGuide (2003).

11.1.2 Filière pour les mécanismes de contrôle

Selon cette approche, qui a été celle retenue ici pour la présentation des différentes techniques, les gestions quantitative et qualitative des eaux de ruissellement s'appuient sur un ensemble de pratiques qui peuvent être appliquées l'une à la suite de l'autre, de la façon illustrée aux figures 11.1 et 11.2. Règle générale, plus on éloigne le traitement de la source de pollution, moins les mesures ont un rapport coûts-bénéfices avantageux. Il est donc habituellement plus rentable de prévenir la pollution en adoptant de bonnes pratiques de maintenance, ou en luttant contre la pollution à la source ou à proximité de celle-ci, que de traiter les eaux de ruissellement au moyen de PGO à la sortie de l'émissaire.

Concevoir l'application des différentes PGO selon une approche de filière de traitement favorise globalement un système qui est moins coûteux et qui permet de prendre en compte les effets complémentaires de différentes approches. Après la prévention de la pollution, qui constitue évidemment une mesure efficace pour minimiser les impacts sur la qualité des eaux des milieux récepteurs, la prise en compte des principes d'aménagement judicieux (chapitre 4) et les approches pour le contrôle à la source sont des mesures non structurales qui n'impliquent pas, dans plusieurs cas, la mise en place d'ouvrages. Par la suite, on retrouve des techniques qui peuvent être mises en place à l'échelle du lot, soit sur un terrain privé ou municipal. D'autres types de contrôle peuvent ensuite se retrouver à l'intérieur du réseau de transport des eaux, avant d'arriver finalement aux mécanismes de contrôle si-

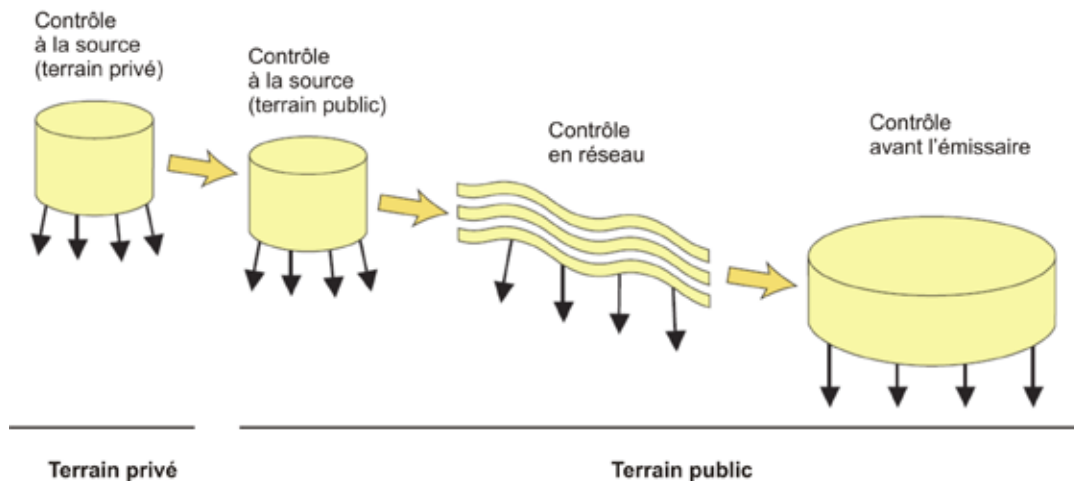


Figure 11.2 Catégorisation des PGO en fonction de leur localisation dans les réseaux de drainage (adapté de Stahre et Geldof, 2003).

tués près de l'émissaire.

La figure 11.2 fait par ailleurs ressortir un élément très important à considérer pour la planification des mécanismes de contrôle, soit le fait que les différentes PGO peuvent être aménagées sur des terrains privés ou des terrains publics. À moyen et long terme, cet élément peut avoir un impact significatif sur la maintenance et l'entretien qui pourront être adéquatement assurés et, conséquemment, sur la capacité des différentes PGO à remplir efficacement leur rôle. Si la mise en place de PGO et leur efficacité sont critiques pour le fonctionnement des réseaux en aval, il va sans dire que des mécanismes permettant d'assurer à long terme un entretien approprié devraient idéalement être institués. Ce point devient particulièrement important à considérer pour des éléments de gestion qui sont mis en place sur des terrains privés.

Avant d'aborder de façon plus détaillée les différentes techniques, les 2 sections qui suivent traiteront tout d'abord des aspects généraux de conception à considérer et qui peuvent s'appliquer à plusieurs techniques (section 11.2) et des critères de conception qui devraient être retenus (section 11.3).

11.2 ASPECTS GÉNÉRAUX POUR LA CONCEPTION

Certains éléments peuvent de façon générale s'appliquer à plusieurs PGO et ils sont donc regroupés ici au lieu de les traiter à chacune des sections ultérieures. Ainsi, les discussions de la présente section porteront sur l'importance du prétraitement, l'importance de l'entretien, des adaptations à prévoir pour les conditions climatiques froides ainsi que les aspects de sécurité.

11.2.1 Importance du prétraitement

La mise en place de mesures de prétraitement en amont des PGO est souvent négligée ou carrément omise, même si elle offre de nombreux avantages. L'utilisation d'un prétraitement permettra souvent de réduire les besoins et activités de maintenance et d'entretien, ce qui pourra contribuer à augmenter la longévité des différents ouvrages. L'objectif de base visé par le prétraitement est l'enlèvement d'une partie importante des sédiments et débris en amont des PGO qui doivent effectuer un traitement ou un contrôle spécifique. Plusieurs types d'ouvrages de prétraitement sont envisageables (tableau 11.4) et peuvent être utilisés seuls ou en combinaison. Une certaine **redondance** pour les mécanismes de prétraitement constitue une bonne pratique pour minimiser les possibilités d'un mauvais fonctionnement de certains éléments.



Figure 11.3 Accumulation de sédiments à l'intérieur d'un bassin sec sans prétraitement.

Tableau 11.4

Composantes pouvant servir de prétraitement (adapté de CIRIA, 2007).

Composante pour prétraitement	Description
Bandes filtrantes	Bandes de gazon ou de végétation sur lesquelles le ruissellement peut s'écouler lentement avant d'atteindre la PGO. L'écoulement doit dans ce cas atteindre la bande en nappe (et non pas être concentré à un endroit); des répartiteurs de débit pourront être utilisés pour maintenir ce type d'écoulement.
Fossé engazonné	Canaux engazonnés où les débits peuvent être traités avec de faibles vitesses; l'efficacité peut être accentuée en utilisant de petits seuils.
Bassin de rétention (cellule de prétraitement)	Dans certains cas, par exemple, pour des bassins ou des marais artificiels, le prétraitement peut s'effectuer à l'intérieur d'une cellule spécifique située en amont, ce qui permet de réduire les vitesses d'apport à l'ouvrage principal et de concentrer les sédiments à un endroit pour faciliter l'entretien.
Trappe à sédiments	Ce type de structure maintient une retenue permanente d'eau, réduit les vitesses et vise spécifiquement à faire décanter les particules de plus grandes dimensions.
Séparateurs à vortex	Ces structures favorisent la décantation ainsi que la collecte des sédiments et de certains polluants. L'entretien est très important à maintenir sur une base régulière pour assurer un fonctionnement adéquat.
Systèmes de filtration commerciaux	Ces systèmes filtrent les eaux de ruissellement à travers divers matériaux. L'entretien est très important à maintenir sur une base régulière pour assurer un fonctionnement adéquat.
Systèmes de captation dans les puisards	Ces systèmes peuvent être insérés dans les puisards et peuvent contribuer à un pourcentage d'enlèvement limité des sédiments, des débris et des huiles et graisses provenant du ruissellement des rues.
Séparateurs d'huile et de sédiments	Ces systèmes sont applicables pour les zones où des produits associés aux hydrocarbures sont présents (zones d'entreposage, stations-services, garages municipaux, aires de stationnement, aéroports, etc.).

En particulier pour des PGO dont un des mécanismes essentiels est l'infiltration, il **deviendra obligatoire de toujours prévoir dans ces cas des ouvrages de prétraitement**. Ces ouvrages permettront de limiter la possibilité de colmatage et concentreront l'accumulation de sédiments et débris à un endroit qui sera facile d'accès pour l'entretien et non pas dans le bassin (figure 11.3).

11.2.2 Importance de l'entretien

L'entretien est un élément nécessaire et très important à prendre en compte lors de la planification et de la conception des différentes PGO. La mauvaise performance des ouvrages est souvent causée par un entretien inadéquat. **Les concepteurs devraient donc accorder une attention particulière à l'entretien à long terme lors de la conception des ouvrages puisque dans plusieurs cas, une mauvaise planification rend plus difficiles les activités de maintenance.**

Il est de bonne pratique de préparer et de maintenir à jour des rapports annuels d'entretien, particulièrement pour les ouvrages d'envergure dont le mauvais fonctionnement peut engendrer des impacts majeurs. Le chapitre 12 traite de façon plus approfondie les aspects d'entretien et de maintenance pour les différents types de PGO.

11.2.3 Importance de l'entrée et de la sortie

Les zones où les eaux de ruissellement entrent aux ouvrages de PGO et celles où elles sortent pour rejoindre les réseaux municipaux ou les milieux récepteurs doivent faire l'objet d'une attention particulière de la part du concepteur. Toutes les PGO ont une structure d'entrée et une structure de sortie, à laquelle on ajoute souvent une structure de contrôle permettant spécifiquement de limiter les débits de rejet.

Les **conditions à l'entrée** varieront selon le type de PGO mais, de façon générale, une des principales préoccupations sera de minimiser le potentiel d'érosion en limitant avec différents mécanismes les vitesses d'arrivée et d'admission à la PGO et en répartissant au besoin les débits (limiter la possibilité d'un écoulement trop concentré). Une autre préoccupation pour l'entrée et aussi à l'intérieur de l'ouvrage concerne la répartition et le cheminement des débits à l'intérieur de l'ouvrage : on devra en général maximiser la longueur d'écoulement et minimiser la possibilité de court-circuitage pour permettre un traitement optimal (Minton, 2005; MOE, 2003).

De façon générale, on devra viser d'avoir une entrée non submergée. Si ce n'est pas possible, on doit garder à l'esprit les principaux désavantages qui peuvent être associés à une entrée submergée qui risque d'être moins visible ou facile d'accès (CIRIA, 2007; MOE, 2003) :

- Surcharge ou effet de courbe de remous sur les réseaux existants qui entrent au bassin; on doit bien considérer dans ce cas l'impact que les niveaux d'eau maximaux dans le bassin pourront avoir sur les réseaux en amont;
- Affouillement ou remise en suspension des sédiments près de la zone d'entrée;
- Colmatage de l'entrée avec des débris ou sédiments;
- Déposition de sédiments dans le réseau en amont;
- Idéalement, la conduite devrait être positionnée en tenant compte des niveaux d'eau pendant l'hiver et de l'épaisseur de glace pour ne pas qu'elle soit endommagée pendant les mois hivernaux.

Les **structures à la sortie** contrôlent généralement les débits sortant de l'ouvrage et déterminent donc la capacité du système à gérer efficacement les débits. Le contrôle des aspects qualitatifs s'effectue normalement avec des mécanismes de dimensions plus petites et qui doivent généralement être adéquatement protégés contre un colmatage possible (orifices, petites conduites ou déversoirs en v). Les débits plus importants sont généralement contrôlés avec différents orifices et des déversoirs à l'intérieur d'une chambre ou par des déversoirs d'urgence à plus grande capacité par-dessus la chambre de contrôle ou la digue. Il est une bonne pratique de faciliter les activités d'entretien en installant les ouvrages de contrôle dans une chambre ou un regard et en prévoyant un chemin d'accès par où de la machinerie appropriée pourra atteindre facilement les ouvrages. On devra également prévoir à la sortie une protection adéquate contre l'affouillement, avec au besoin de l'enrochement ou des ouvrages pour dissiper l'énergie.

Un autre élément important à considérer, autant pour l'entrée que pour la sortie, est la prise en compte des débris et du colmatage possible des ouvrages. Des grilles peuvent être utilisées mais elles nécessitent un suivi adéquat et un nettoyage régulier sans quoi elles peuvent devenir elles-mêmes la cause de problèmes importants. Les principales raisons pour utiliser une grille sont :

- À l'entrée, pour limiter l'arrivée de débris qui devraient alors être récupérés dans le bassin;
- À la sortie, pour empêcher que des débris viennent bloquer la conduite de sortie;
- Pour prévenir un accès non autorisé et potentiellement dangereux aux conduites d'entrée et de sortie.

Règle générale, il est recommandé d'éviter le recours à des grilles. Si une grille doit être installée, il faut choisir de façon appropriée les dimensions des ouvertures. La figure 11.4 illustre l'aire effective qui devrait être respectée pour une grille. Idéalement, la grille devrait avoir des barres verticales avec des espacements de 100 mm à 125 mm (UDFCD, 2001) et être inclinée avec une pente de 3H :1V ou plus douce. Les barres transversales devraient être minimisées mais elles sont essentielles pour le support structural avec les charges hydrauliques et pour permettre à une personne de monter sur la grille pour des activités d'entretien (UDFCD, 2001). Il est par ailleurs une bonne pratique de prévoir lors de la conception que la grille pourra se colmater en partie et qu'une évacuation de l'eau puisse quand même se faire de façon adéquate. Des pertes de charge accentuées avec une grille colmatée en partie devraient également être prises en compte pour l'établissement des profils hydrauliques.

Finalement, il est important de souligner que certains bassins de rétention recevront soit les eaux de ruissellement provenant du réseau majeur (ce qui permet-

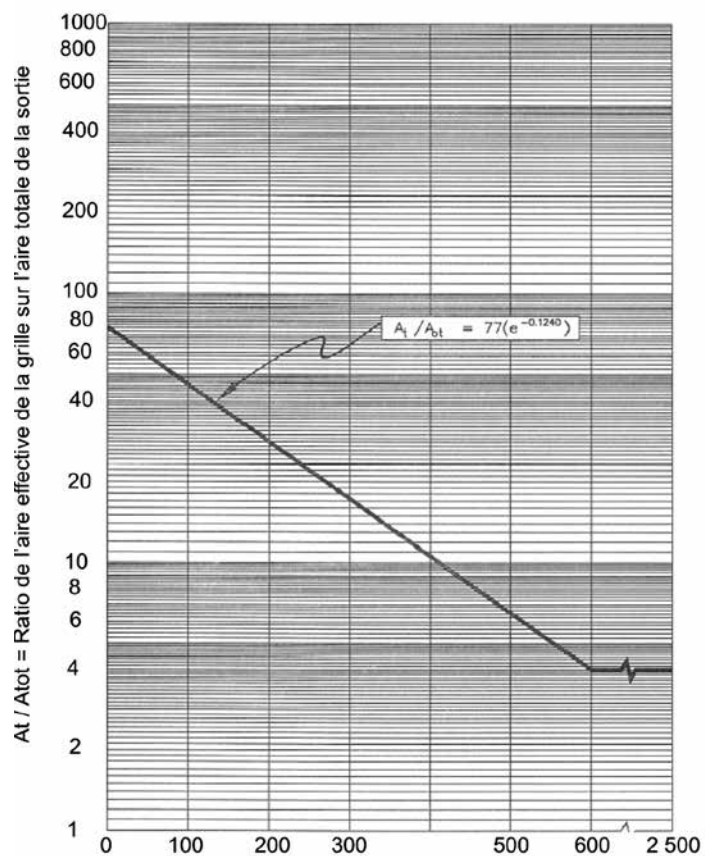


Figure 11.4 Aire effective minimale pour une grille (adapté de UDFCD, 2001).

tra d'avoir des bassins moins profonds), soit les eaux du réseau mineur ou encore les eaux provenant des 2 types de réseaux. Dans ce dernier cas, les entrées au bassin pourront être indépendantes ou combinées, dépendant de la configuration.

11.2.4 Adaptation pour le climat froid

La mise en œuvre des différentes PGO doit se faire en tenant compte du climat froid et des conditions hivernales. Une revue exhaustive (CWP, 1997) a permis de mettre en évidence les éléments présentés au tableau 11.5.

De façon générale, les points suivants doivent faire l'objet d'une attention particulière (CWP, 1997) :

- Augmenter les volumes de stockage pour tenir compte des effets de la glace et d'une fonte des neiges prolongée avec pluie;
- Dimensionner et localiser les ouvrages d'entrée et de sortie pour éviter l'obstruction ou l'endommagement par la glace;
- Ne pas effectuer de vidange complète des bassins tôt au printemps, pour éviter des débits hautement chargés en chlorures et autres contaminants.

L'étude du CWP (1997) suggère d'avoir un volume additionnel pour tenir compte de l'épaisseur de glace et recommande d'avoir un volume minimal durant l'hiver

Tableau 11.5

Défis posés par le froid pour les PGO des eaux pluviales (adapté de CWP, 1997).

Conditions climatiques	Défis sur le plan de la conception
Température froide	<ul style="list-style-type: none"> • Gel des conduites • Gel permanent de l'eau des bassins • Réduction de l'activité biologique • Réduction de la teneur en oxygène en présence du couvert de glace • Réduction de la vitesse de sédimentation
Sols gelés	<ul style="list-style-type: none"> • Soulèvement par le gel • Réduction de l'infiltration dans le sol • Gel des conduites
Saison de croissance	<ul style="list-style-type: none"> • Courte période d'établissement de la végétation • Différentes espèces végétales adaptées aux climats froids
Chute de neige	<ul style="list-style-type: none"> • Volumes élevés des eaux de ruissellement lors de la fonte des neiges et lorsqu'il pleut sur la neige • Charges de polluants élevées durant la fonte printanière • La gestion de la neige peut avoir une incidence sur l'emménagement dans le cadre des PGO

qui correspondre à 25 % du volume total (retenue permanente et active). Toutefois, dans la plupart des cas où des volumes de contrôle sont disponibles pour l'érosion et le contrôle de la qualité, ce volume minimal sera rencontré sans avoir besoin de volume additionnel.

L'épaisseur de glace peut se calculer à partir de l'équation de Stefan (Ashton, 1986; *US Corps of Engineers*, 2002):

$$h = \alpha (D_g)^{0,5}$$

où h est l'épaisseur de glace (mm), D_g est la somme des degrés-jours de gel pour la région considérée et α est le coefficient de croissance de la glace (tableau 11.6). De l'information sur les degrés-jours pour différentes régions du Québec est disponible dans le devis normalisé BNQ 1809-300 (BNQ, 2004). Des relevés en Ontario (MOE, 2003) pour un bassin de rétention ont par ailleurs permis d'établir une valeur de 15 pour le coefficient α . En général, on peut s'attendre à ce que les bassins soient de dimensions relativement petites avec des apports d'eau suffisants pour qu'ils se comportent davantage comme une rivière que comme un lac en ce qui a trait à la croissance de la glace (MOE, 2003). Les épaisseurs de glace calculées de façon théorique devraient être dans la mesure du possible validées avec des relevés près du site à l'étude.

L'étude du CWP (1997) formule par ailleurs un certain nombre de recommandations pour les entrées et sorties :

- La pente minimale des conduites à l'entrée et à la sortie devrait être de 1 %;
- Le diamètre minimum des conduites d'entrée et de sortie devrait être de 450 mm;
- Les entrées submergées ou partiellement submergées devraient être évitées si possible – si la conduite d'entrée doit être submergée, sa couronne devrait être située au moins 150 mm sous la glace;
- Lorsqu'une berme submergée est utilisée pour séparer

Tableau 11.6

Coefficient de croissance pour la glace (adapté de *US Corps of Engineers*, 2002 et MOE, 2003).

Condition	(mm °C ^{-0,5} d ^{-0,5})
Maximum théorique	34
Lacs exposés au vent sans neige	27
Lac moyen avec neige	17-24
Rivière moyenne avec neige	14-17
Rivière non exposée au vent avec vitesses rapides	7-14

la cellule de prétraitement du reste du bassin ou du marais, le dessus de la berme devrait être fixé en s'assurant qu'il y ait une capacité adéquate pour passer le débit de conception (en considérant l'épaisseur de glace);

- Les ouvrages de contrôle à la sortie (conduite à pente inverse, chicane) devraient être installés à 150 mm sous le niveau attendu de la glace; le diamètre des conduites à pente inverse devrait être de 150 mm ou plus;
- Lorsque le contrôle pour la qualité nécessite le recours à un orifice de petit diamètre (75-100 mm), la conception devra prévoir un déversement ou un mécanisme si l'orifice de petit diamètre gelait complètement (par exemple avec un deuxième orifice de plus grand diamètre).

11.2.5 Aspects de sécurité

La mise en place de plusieurs types de PGO comme des bassins de rétention peut amener des conditions non sécuritaires qui peuvent entraîner des situations engageant la responsabilité du concepteur et du maître d'œuvre (souvent une municipalité). Ces conditions problématiques peuvent être très apparentes (comme avec des conduites de sortie non protégées par des grilles) ou être moins évidentes en première analyse (comme pour une conduite de contrôle à la sortie qui est soumise à des forces hydrostatiques trop grandes ou des vitesses d'écoulement trop fortes à la sortie, qui peuvent plaquer contre une grille une personne qui serait tombée dans le bassin de rétention). Bien qu'il soit difficile d'anticiper tous les risques possibles, plusieurs scénarios peuvent être prévus et analysés lors d'une conception détaillée.

En particulier pour des ouvrages de rétention, plusieurs aspects devraient être considérés (adapté de Jones *et al.*, 2006 – voir figure 11.5) :

- Conduites de sortie ouvertes et apparentes, sans grilles de protection ou avec des grilles dont les ouvertures sont trop larges (un enfant pouvant y passer) ou avec des vitesses trop fortes pouvant plaquer une personne contre la grille et qui ne pourra pas sortir;
- Les terrains adjacents au bassin de rétention ont une vocation incompatible (par exemple une école), ce qui devrait susciter une analyse plus approfondie pour des mécanismes de protection;
- La présence de personnes près des bassins ou même à l'intérieur lorsqu'ils sont aménagés en parc devrait

inciter les concepteurs à mettre en place des éléments qui informeront les citoyens ou les décourageront de s'approcher des endroits pouvant être plus problématiques comme l'entrée ou la sortie (avec par exemple une végétation appropriée);

- L'éducation pour les usagers et les résidents devra être assurée, avec également des signes avertissant le public qu'il est possible qu'en temps de pluie une arrivée d'eau importante et rapide soit observée dans le bassin;
- Les pentes latérales sont trop fortes sur tous les côtés ou le bassin a des murs verticaux, ce qui diminue la capacité de sortir d'une personne qui serait tombée dans le bassin. Un ou plusieurs des côtés du bassin devraient avoir des pentes à 4H :1V et idéalement plus faibles encore;
- Les conduites de sortie et d'entrée sont directement une en face de l'autre et à proximité l'une de l'autre. On peut dans ce cas imaginer qu'une personne surprise par l'arrivée soudaine d'eau soit jetée par terre et amenée jusqu'à la conduite de sortie, où elle risque d'être plaquée contre la grille. Prévoir une grille avec un angle (voir section 11.2.3 et figure 11.6 pour un exemple d'aménagement) constitue une bonne pratique pour limiter les problèmes potentiels de colmatage;
- Les hauteurs d'eau augmentent très rapidement et les conduites d'entrée et de sortie sont rapidement submergées et non visibles;
- Les structures hydrauliques sont conçues et construites d'une façon qui les rend dangereuses (par exemple avec des barres d'acier pour les grilles avec des arêtes ou qui ne sont pas rondes ou couvertes, avec des bouts pointus pouvant blesser);
- Les évacuateurs de crue ou d'urgence doivent être bien conçus pour pouvoir évacuer adéquatement des crues importantes, en considérant au besoin des scénarios de rupture avec les conséquences en aval. Sous certaines conditions, les digues et déversoirs pourront d'ailleurs être assujettis à la loi sur la sécurité des barrages et on devra voir à vérifier quels sont les paramètres à considérer dans ce cas (Centre d'expertise hydrique du Québec (CEHQ)). Dans d'autres cas, l'évacuation des eaux lors d'un événement exceptionnel se fera vers la rue au pourtour du bassin et on devra dans ces cas évaluer les conséquences d'un tel débordement;
- Il faut tenter d'imaginer que le suivi ou un entretien adéquat ne seront pas maintenus, ce qui pourra en-



a. Aménagement typique d'un bassin sec.



b. Ouvrage de sortie avec une grille.



c. Bassin de rétention avec un ouvrage de sortie sécuritaire, au milieu du bassin, avec des pentes faibles et une bonne visibilité à partir des édifices adjacents.



d. Végétation appropriée pour cacher l'ouvrage de sortie (tout en permettant un certain traitement).



e. Utilisation de murs verticaux à limiter lorsque possible.



f. Une clôture offre des avantages et des désavantages; en général, on ne devrait pas se fier uniquement à cet élément pour la sécurité.

Figure 11.5 Exemples pour les aspects de sécurité des bassins de rétention (adapté de Jones *et al.*, 2006).

traîner un dysfonctionnement des ouvrages. Par exemple, si la grille de sortie est partiellement bloquée par des débris, le risque de débordement de la digue avec une rupture est possible. **Il devient donc essentiel de prévoir différents scénarios dans le cas où l'exutoire normal ne serait plus fonctionnel à cause d'un blocage;**

- Il faut aussi accorder une attention particulière aux ouvrages connexes qui sont adjacents au bassin, comme les canaux, les dissipateurs d'énergie et les ponceaux.

Différents principes de base peuvent permettre de réduire les risques lors de la conception (adapté de Jones *et al.*, 2006) :

1. Informer l'équipe de conception que la protection et la sécurité du public sont des objectifs essentiels à garder à l'esprit;
 2. La conception doit faire l'objet de revue à différentes étapes, afin de s'assurer que l'aspect sécuritaire, particulièrement pour des enfants, a été bien couvert. La participation d'un architecte paysager à la conception pourra permettre d'intégrer différents éléments pour promouvoir la sécurité (en plus de rehausser l'aspect visuel);
 3. Les sorties doivent faire l'objet d'une attention particulière. Il est recommandé de ne pas utiliser de conduites non protégées par des grilles et très apparentes mais plutôt d'intégrer la conduite dans une structure de sortie ou d'utiliser une grille avec une pente à l'entrée de la conduite (voir figure 11.6);
 4. Lorsque possible, éloigner la sortie des zones avec achalandage et la cacher avec une végétation appropriée. Prévoir des pentes latérales égales ou inférieures à 4H:1V pour les talus, en minimisant ou éliminant les murs verticaux avec des profondeurs importantes. Dans le cas où des murs verticaux devaient être utilisés, au moins deux des côtés du bassin devraient avoir des pentes plus faibles (4H :1V ou inférieures). La profondeur du bassin (et conséquemment la distance à parcourir pour en sortir) pourra également avoir une influence sur les pentes latérales à retenir. Des talus avec paliers intermédiaires à très faibles pentes pourront également être envisagés;
 5. Intégrer une berme de sécurité ou des paliers en périphérie du bassin. Cette berme pourra également être aménagée avec une végétation appropriée qui décou-
6. Des affiches devraient être mises en vue autour du bassin, avertissant des dangers potentiels d'un remplissage rapide. Des brochures et des séances d'information pour les citoyens vivant aux environs du bassin peuvent également être utiles;
 7. Séparer l'entrée et la sortie de façon à ne pas créer des zones de courant important. Si ce n'est pas possible, mettre en place des dissipateurs d'énergie à l'entrée;
 8. Prévoir des visites et des inspections régulières en tentant d'anticiper les problèmes potentiels;
 9. La question de clôture autour du bassin est compliquée, avec des arguments pour cette pratique et d'autres contre. Ultimement, la décision devrait être adaptée à chaque site et à ses particularités. Une clôture peut certainement décourager certaines personnes d'accéder au bassin et elle peut également être utilisée pour l'installation de signaux et d'affiches (figures 11.7 et 11.8). Avec des matériaux appropriés et un bon entretien, une clôture peut également être esthétique. Par contre, la même clôture pourra être vue comme un défi intéressant pour des enfants ou des adolescents et n'être pas très agréable à regarder après quelques années de mauvais entretien;
 10. On devrait par ailleurs viser à réduire le nombre de petits bassins de rétention répartis sur le territoire avec une planification à plus grande échelle, en minimisant les surfaces imperméables directement raccordées aux réseaux, en utilisant des techniques de contrôle plus près de la source et des bassins de rétention de plus grande envergure, qui pourront bé-



Figure 11.6 Exemple de grille de protection pour la sortie d'un bassin de rétention.

néficer d'un aménagement plus élaboré.

11.3 CRITÈRES DE CONCEPTION ET PRÉSENTATION GÉNÉRALE DES PRATIQUES

11.3.1 Critères de conception

La planification et la conception des pratiques de gestion optimales (PGO) pour un site en particulier devaient se faire en gardant à l'esprit les principes suivants (EPA, 2004) :

- Reproduire, de la meilleure façon possible, les conditions hydrologiques naturelles qui prévalaient avant le développement;
- Fournir un contrôle qualitatif en maximisant l'enlèvement des polluants associés à l'urbanisation;
- Les techniques doivent être appropriées pour le site en fonction des contraintes physiques;
- Les techniques doivent offrir un bon ratio coûts/bénéfices;
- L'entretien doit représenter un fardeau acceptable à long terme et il doit être considéré lors du choix des techniques et de leur conception;
- Les techniques doivent avoir dans la mesure du possible un impact neutre ou positif sur l'environnement naturel et humain.

Les critères de conception associés aux PGO relatives aux eaux pluviales, comme le décrivait le chapitre 3, peuvent comprendre quatre groupes généraux :

cycle hydrologique – alimentation de la nappe souterraine, maintien du débit d'entrée de base ou minimal, modèles d'écoulement en surface et sous la surface;

qualité de l'eau – habitat aquatique, charge de polluants, température, activités de loisirs et de sports, contamination des eaux souterraines;

potentiel d'érosion – topographie et sensibilité à l'érosion;

Débits de pointe – conception des réseaux mineur et majeur / gestion pour les inondations.

Le tableau 11.7 fournit un résumé des différents critères qui sont recommandés. Pour la qualité de l'eau, on retrouve dans différents guides nord-américains deux approches qui sont utilisées pour l'évaluation de la performance : le pourcentage d'enlèvement et un objectif de qualité à atteindre (par exemple 30 mg/L pour les MES). Un objectif basé sur un pourcentage d'enlèvement est proposé ici pour des questions de facilité d'évaluation et



Figure 11.7 Exemples d'affiches pour des bassins de rétention (Ville de Saint-Constant).



Figure 11.8 Exemple de bassin avec clôture. Le bassin inclut des aires de promenade mais l'accès y est interdit en cas de pluie (cadenas à la clôture).

de suivi. Des documents récents, dont notamment ceux pour appuyer la base de données maintenue par l'ASCE (*American Society of Civil Engineering*), n'encouragent toutefois pas l'utilisation du pourcentage d'enlèvement

Tableau 11.7

Objectifs et critères de contrôle recommandés.

Critère	Description
Cycle hydrologique (bilan hydrique)	L'objectif principal est de s'approcher des conditions naturelles en visant à réduire sur une base annuelle les volumes de ruissellement après développement. Les trois composantes à considérer pour le bilan hydrique sont le ruissellement, l'infiltration et l'évapotranspiration. Différentes techniques de faible impact comme un aménagement paysager spécifique (jardin de pluie ou aménagement absorbant) ou la réutilisation de l'eau de pluie peuvent être utilisées. Les critères dépendent de la pluviométrie annuelle et des types de sols en place. Un objectif minimal est de tenter de maximiser l'infiltration (avec un contrôle à petite échelle, près de la source) en dirigeant les eaux de ruissellement vers des milieux perméables.
Qualité	Les critères pour la qualité peuvent être spécifiques pour un ou plusieurs polluants ou encore viser à traiter 90 % des événements annuels. Une quantité de pluie de 25 mm (avec une distribution de type Chicago et une durée de 6 heures) est recommandée ici. Une simulation en continu avec plusieurs années pourrait également être utilisée si les données pluviométriques avec pas de temps de 15 minutes ou moins sont disponibles.
Potentiel d'érosion	Rétention prolongée (24h) des débits après développement associés à la pluie de période de retour 1 an (pluie SCS - durée de 24 h).
Débits de pointe Réseaux de drainage	La conception des réseaux mineurs (conduites) peut se faire en fonction de la capacité des réseaux situés en aval ou en fonction d'une période de retour pré-définie qui peut varier de 1 dans 2 ans à 1 dans 10 ans. Le réseau majeur devrait permettre par ailleurs d'offrir un niveau de service minimal de 1 dans 25 ans et, idéalement, de 1 dans 100 ans. Des vérifications avec des événements plus rares que les débits de conception devraient être complétées.
Débits de pointe Contrôle pour cours d'eau récepteur	Les contrôles pour minimiser les inondations dans les cours d'eau récepteurs devraient être fixés en fonction des conditions de pré-développement, idéalement en s'assurant que les débits après développement pour les périodes de retour 1 dans 2 ans, 1 dans 10 ans et 1 dans 100 ans sont les mêmes que ceux prévalant avant le développement. Ces critères devraient idéalement être établis en analysant l'ensemble du bassin versant, de façon à pouvoir tenir compte des possibles effets néfastes d'addition des différents hydrogrammes. Dans le cas où une zone inondable existe déjà, affectant des personnes, propriétés ou infrastructures, on devra démontrer qu'au minimum la conception n'aggrave pas la situation existante.

pour un certain nombre de raisons (Geosyntec, 2007). Une des raisons fondamentales est que le pourcentage d'enlèvement est fonction de la qualité de l'affluent : il est évidemment plus difficile d'enlever 90 % des MES d'une eau chargée à 50 mg/L qu'une eau chargée à 250 mg/L. Il est plutôt suggéré (Geosyntec, 2007) d'utiliser une approche qui tienne compte des points suivants :

- La capacité de la PGO à réduire les volumes de ruissellement;
- La proportion du ruissellement qui est traitée;
- La performance de la PGO;
- Quelle distribution de l'effluent est atteinte;
- La capacité de la PGO à réduire les débits de pointe, en particulier pour les événements pluvieux fréquents.

La prise en compte de ces questions de base, combinée avec un objectif basé sur un pourcentage d'enlèvement générique, devrait favoriser un cadre d'analyse et de suivi à la fois simple et efficace.

Les stratégies de contrôle retenues par différentes municipalités pourront comprendre un seul des critères donnés au tableau 11.8 ou une combinaison de critères. Essentiellement, on peut distinguer **5 niveaux de contrôle**

(Clar *et al.*, 2004) :

1. Contrôle exclusivement quantitatif;
2. Contrôle quantitatif avec un contrôle qualitatif pour un polluant (typiquement les MES);
3. Contrôle quantitatif avec un contrôle qualitatif global pour une gamme de polluants;
4. Contrôle avec paramètres multiples;
5. Gestion globale avec une approche écologique.

Le niveau 3 comprend pour le contrôle qualitatif un volume pour traiter typiquement 90 % des événements et vise à traiter l'ensemble des polluants associés à l'urbanisation par différentes techniques. Contrairement aux niveaux précédents où l'accent est mis exclusivement sur le contrôle des débits de pointe, on met ici l'emphase sur la réduction des volumes de ruissellement sur une base annuelle (90 % des événements traités). Soulignons que des bassins de rétention existants peuvent être réhabilités pour pouvoir atteindre ce niveau, en modifiant les mécanismes de contrôle à la sortie.

Le niveau 4 peut inclure en plus des éléments du niveau 3 un contrôle pour le bilan hydrique ou un contrôle pour limiter l'érosion au cours d'eau récepteur. Ce ni-

Tableau 11.8
Objectifs de contrôle et niveaux d'intervention
(adapté de Clar *et al.*, 2004).

Objectifs de contrôle	Niveaux d'intervention				
	Contrôle quantitatif	Enlèvement d'un polluant spécifique (MES)	Contrôle qualitatif	Paramètres multiples	Approche écologique
Contrôle des inondations	•	•	•	•	
Contrôle des débits de pointe	•	•	•	•	
Enlèvement des MES		•	•	•	
Contrôle du volume		•	•	•	
Gestion de la qualité			•	•	
Bilan hydrique / recharge de nappe				•	
Érosion				•	
Impacts thermiques				•	
Prévention de la pollution				•	
Contrôles multi-fonctionnels et distribués (développement à faible impact)					•

veau nécessite de considérer une gamme de PGO et de prendre en compte une approche de filière de mécanismes, du contrôle à la source jusqu'au bassin de rétention près du rejet au cours d'eau (figures 11.1 et 11.2).

Finalement, le niveau 5 vise à adapter les critères de contrôle de façon à fournir une approche écologiquement durable, incluant les aspects biologiques, chimiques et physiques pour définir les critères de performance. Une combinaison de critères pour la qualité de l'eau, les biohabitats et la géomorphologie est utilisée pour évaluer si un cours d'eau atteint un objectif donné (par exemple : baignade ou pêche).

Le tableau 11.8 donne un résumé des critères et des différents niveaux de contrôle, selon les niveaux de performance recherchés.

En ce qui concerne le contrôle qualitatif, le tableau 8.17 donné au chapitre 8 fournit les pourcentages d'enlèvement médians auxquels on peut s'attendre pour différentes PGO, en tenant compte des différents critères de conception qui sont détaillés au présent chapitre.

11.3.2 Présentation générale des pratiques

Les sections qui suivent examinent de façon plus détaillée les diverses PGO, en discutant tout d'abord celles spé-

cifiques au contrôle à la source (non structural), celles qui s'appliquent au contrôle à la source sur les lots, celles adaptées au réseau de transport et, enfin, celles qui sont mis en place à l'exutoire des réseaux (suivant ainsi le concept illustré aux figures 11.1 et 11.2). Il va sans dire que la **prévention de la pollution**, qui constitue le premier élément de la chaîne d'approches montrée à la figure 11.1, est le premier principe qu'on doit viser à respecter; cette prévention pourra se traduire par l'utilisation d'un certain nombre de mécanismes de contrôle non structuraux. Ces techniques de contrôle non structurales sont celles qui n'impliquent pas la construction d'ouvrages spécifiques pour la gestion des eaux pluviales mais qui s'appuient plutôt sur l'application de différents types d'interventions et approches. De façon générale, **ces mécanismes de contrôle non structuraux devraient être inclus à tout plan de gestion des eaux pluviales à l'échelle des municipalités puisqu'ils permettent d'obtenir des résultats tangibles, souvent à de très faibles coûts.**

Par ailleurs, on peut souligner que les différentes techniques applicables ont généralement un rapport bénéfices/coûts plus intéressant si on se trouve le plus près possible de la source, selon l'approche de filière déjà décrite pour les mécanismes de contrôle (figures 11.1 et

11.2). Selon les niveaux de performance recherchés, on aura donc avantage à utiliser une combinaison appropriée de techniques, en privilégiant autant que possible les techniques de contrôle à la source et aux lots.

D'un autre côté, il faut reconnaître comme le montre le schéma de la figure 11.1 que la modification ou l'adaptation des principes d'aménagement du territoire constitue également une approche très intéressante à analyser pour une planification générale de contrôle pour les eaux pluviales. Le chapitre 4 traite de cet aspect de façon plus approfondie.

La description aux sections qui suivent des différentes pratiques, avec les critères de conception qui sont recommandés, se fera en suivant la filière illustrée aux figures 11.1 et 11.2. Il va sans dire que certaines techniques, par exemple un bassin de rétention sec, pourraient être classées comme une technique de contrôle à la source ou une technique de contrôle à la sortie des réseaux. L'ordre suivi ici pour la présentation tient toutefois compte des applications classiques des différentes techniques (pour les catégories de contrôle à la source, contrôle en réseau et contrôle à la sortie de l'émissaire). Le tableau 11.9 regroupe les différentes techniques d'après cette catégorisation, selon les différents endroits dans le réseau où on les retrouve le plus fréquemment.

Tableau 11.9

Exemples de techniques applicables à différents endroits dans le réseau de drainage (adapté de Stahre et Geldof, 2003; MOE, 2003).

Catégorie	Exemples de techniques applicables
Contrôle à la source (terrain privé)	Toits verts Collecte et réutilisation de l'eau de pluie Jardin de pluie (bio-rétention) Pavage poreux Aménagement absorbant Puits d'infiltration
Contrôle à la source (terrain public)	Petit bassin sec Petit bassin avec retenue permanente Infiltration sur la pelouse Tranchée/Bassin d'infiltration Bande filtrante Bio-rétention Fossés engazonnés/aménagés Pavage poreux
Contrôle en réseau (terrain public)	Fossés engazonnés/aménagés Fossés avec systèmes d'infiltration Systèmes avec exfiltration

Contrôle à la sortie de l'émissaire (terrain public)	Bassin sec Bassin avec retenue permanente Marais artificiel
---	---

11.4 CONTRÔLE À LA SOURCE (NON STRUCTURAL)

Un contrôle à la source avec des approches non structurales est le moyen le plus rentable qu'on puisse utiliser pour réduire les impacts des eaux de ruissellement urbaines. La plupart des pratiques peuvent aider à aborder les quatre critères, soient le volume, la qualité, l'érosion du cours d'eau et le cycle hydrologique, mais elles sont plus souvent associées au contrôle de la qualité et du volume. Globalement, les approches de contrôle à la source comprennent 3 composantes (ASCE/WEF, 1998) :

- Prise en compte du souci de minimisation des impacts négatifs lors de la planification, la conception et la construction des sites;
- Bon entretien des surfaces imperméables et perméables pour minimiser l'exposition et la relâche de polluants;
- Éducation et formation pour promouvoir une prise de conscience des problèmes potentiels associés au ruissellement urbain et des PGO disponibles pour aider à résoudre ou minimiser ces problèmes.

Ces méthodes sont généralement non structurales et comprennent les pratiques générales suivantes (ASCE/WEF, 1998; Camp, 1993; GVSDD, 1999; Marsalek et coll., 2001; TRCA et MEO, 2001; Urbonas et Roesner, 1993; EPA, 2004) :

Éducation, sensibilisation et participation du public

Il s'agit essentiellement d'une pratique institutionnelle visant à changer la façon dont le public gère un grand nombre d'éléments susceptibles d'avoir une incidence sur la pollution. On peut élaborer un programme efficace en exécutant les étapes énumérées ci-dessous :

- Définir et analyser le problème (les sources de pollution, leurs causes);
- Déterminer les intervenants (commerces, industrie, propriétaires fonciers et résidents, écoles ou groupes jeunesse, employés municipaux);
- Connaître le groupe cible. Dresser un profil complet, mettre au point les meilleurs modes de communication possibles;

- Fixer des objectifs : messages informatifs, messages faisant appel aux sentiments, messages de responsabilité, messages stimulants, messages d'action (langage simple et clair, affirmations techniquement fiables, division du concept en phrases simples).
- Concevoir les méthodes en choisissant les techniques qui conviennent au groupe ciblé;
- Élaborer des plans d'action et des calendriers d'activités. Préciser les coûts, les sources de financement et adapter le projet aux ressources disponibles;
- Contrôler et évaluer. Collecter des données et des enregistrements, et les consigner en vue de déterminer l'efficacité de la méthode, tout en reconnaissant que le public peut être lent à réagir.

Aménagement du territoire et gestion des zones en voie d'aménagement

Il est important d'inclure les PGO dès la planification de l'aménagement du terrain d'un nouveau lotissement ou d'une zone existante à réhabiliter (voir chapitre 4). Elles peuvent avoir une incidence considérable sur le contrôle du volume et de la qualité. Il faut généralement une réglementation qui permette de mettre en œuvre et de faire respecter les plans d'utilisation des terrains, notamment un règlement régissant la qualité des eaux pluviales de ruissellement. Un des paramètres de base qu'il convient de minimiser est l'étendue des zones imperméables raccordées directement. Le site Web du *Center for Watershed Protection* (www.cwp.org) contient des renseignements techniques détaillés sur la manière d'élaborer des règlements et de les mettre en application.

L'aménagement à faible impact est un concept relativement récent. Il s'agit d'une stratégie de conception qui vise à préserver ou à reproduire le régime hydrologique antérieur à l'aménagement en créant un paysage hydrologique aux fonctions équivalentes. Les principes de l'aménagement à faible impact reposent sur le contrôle à la source des eaux pluviales au moyen de microcontrôles répartis sur l'ensemble du site. Cette pratique se distingue des approches traditionnelles, qui consistent ordinairement à gérer les eaux de ruissellement après les avoir acheminées vers de grandes installations situées à la limite inférieure des bassins de drainage. L'appellation LID (*Low Impact Development* – Aménagement à faible impact) a été suggéré à la fin des années 1990 au Maryland (Prince George's, 1999 a,b) pour englober dif-

férentes approches incluant une remise en question des pratiques de développement du territoire et l'utilisation de mécanismes de microcontrôle répartis sur le territoire. Il a été démontré qu'il est possible de contrôler efficacement les eaux de ruissellement à un coût relativement faible en planifiant et en concevant le site d'une manière adéquate et réfléchie. Il faut néanmoins prendre en considération les frais d'entretien ultérieurs.

Planification intégrée de la gestion des eaux pluviales

Un certain nombre de municipalités intègrent la gestion des eaux pluviales dans l'aménagement du territoire. En Colombie-Britannique, une pratique de plus en plus utilisée consiste à intégrer des méthodes de planification fondées sur les bassins versants, telles que les plans de bassins versants, les plans de sous-bassins, les plans directeurs de drainage et les plans de gestion des eaux pluviales. L'intégration de ces méthodes permet d'aborder les répercussions de la gestion des eaux pluviales sur les valeurs que la collectivité juge pertinentes. Ces valeurs peuvent être les loisirs, l'agriculture, les pêches, les couloirs de verdure, le patrimoine, l'archéologie, la sécurité, le transport, l'économie, la valeur des immeubles, la protection contre les inondations, la capacité financière, l'environnement et les questions connexes. Selon cette approche, **les eaux pluviales sont une ressource qu'il faut protéger** et les autres valeurs sont perçues comme des objectifs complémentaires.

Utilisation modifiée, rejets et élimination des produits chimiques qui pénètrent dans les eaux pluviales

Ces mesures prévoient le recours à la planification ainsi qu'aux règlements environnementaux et de construction dans le but de réduire les rejets de produits chimiques toxiques dans les eaux pluviales. On y parvient généralement en modifiant certaines activités, l'utilisation de certains produits ainsi que les pratiques de manutention et d'élimination connexes. Les sels de voirie, les pesticides et les déchets domestiques dangereux sont des exemples de produits chimiques qu'il est possible de contrôler et de gérer par le truchement de règlements et de programmes (Shaver et al., 2007; Maksimovic, 2000; Marsalek et al., 2001, TRCA et MOE, 2001).

Élaboration et application de règlements sur les égouts

Les types d'activités dont il est question ici comprennent

Tableau 11.10

Efficacité prévue et points à examiner pour les contrôles à la source (InfraGuide, 2003).

Type de contrôle à la source	Efficacité et considérations institutionnelles
Programme d'éducation du public	Difficile d'en évaluer l'efficacité globale, mais il devrait faire partie de tout programme de contrôle à la source, de manière à promouvoir le recensement précis et la compréhension des problèmes et des solutions. Les coûts estimatifs sont précisés dans le GVSDD (1999a).
Planification de l'aménagement du territoire	Il faut des règlements pour appliquer et faire respecter les plans d'utilisation des sols. Il importe aussi d'examiner les plans d'implantation des projets pour s'assurer de leur conformité. On pourrait avoir besoin d'un personnel plus important. La coopération entre les services est cruciale, de même que la prise de décisions concertée. Il pourrait être politiquement non réalisable d'imposer des restrictions à certaines utilisations des sols pour limiter la pollution des eaux pluviales.
Règlements relatifs aux égouts	Ils doivent être un élément important de tout plan de gestion des eaux pluviales et prendre en considération tous les éléments susceptibles d'avoir une incidence négative sur les plans ou les cours d'eau récepteurs (p. ex., réduire les déversements sauvages, éliminer les sédiments contaminés des égouts, empêcher les raccordements illicites).
Pratiques de maintenance	Outre les règlements relatifs aux égouts, il faut mettre en œuvre un programme visant à favoriser les pratiques ménagères efficaces et sécuritaires en rapport avec l'entreposage, l'utilisation, le nettoyage et l'élimination des produits potentiellement dangereux, tels que les engrais, les pesticides, les produits de nettoyage, les produits de peinture et les produits pour automobiles. C'est par l'éducation que l'on inculque ces pratiques au grand public.
Contrôle des chantiers de construction	Comme le démontrent bon nombre d'études, les chantiers peuvent avoir une incidence considérable (et non contrôlée) sur l'accroissement de la pollution des cours d'eau causée par les eaux de ruissellement.
Nettoyage des rues	Les programmes de nettoyage de rues visant l'amélioration de la qualité de l'eau requièrent un budget de matériel et des fonds de fonctionnement et entretien importants. Il existe indubitablement une relation coûts-avantages entre l'augmentation de la fréquence des balayages et l'élimination des polluants. Les balayeuses ne peuvent éliminer l'huile et la graisse, ni les sédiments fins (auxquels sont associés les métaux). Si l'on veut réduire de manière significative les charges polluantes, on doit nettoyer les rues souvent (à tous les jours), ce qui n'est habituellement pas possible d'un point de vue économique. Selon des études menées par le ministère de l'Environnement et de l'Énergie de l'Ontario, les programmes prévoyant le nettoyage des rues une à deux fois par mois suppriment moins de 5 % des charges polluantes. Toutefois, un des avantages du nettoyage des rues tient au fait qu'il limite le nombre des solides grossiers (et les polluants connexes). Il améliore également l'aspect visuel de l'écoulement des eaux pluviales. Voir l'EPA (1999) pour plus de renseignements sur l'efficacité.
Nettoyage des puisards	Les puisards, avec ou sans fosse, peuvent recueillir les débris et les sédiments. L'enlèvement des sédiments accumulés dans les puisards peut réduire la quantité de polluants déversés dans les plans et les cours d'eau récepteurs.

la lutte contre les déversements illicites, l'élimination des sédiments contaminés présents dans les égouts, la prévention, la détection et l'élimination des raccordements illicites, et le contrôle des fuites des égouts sanitaires.

Pratiques d'entretien et de maintenance

Il est possible de réduire la quantité de substances toxiques qui pénètrent dans les eaux pluviales, à condition que le public, les employés municipaux, les entreprises et les autres intervenants adoptent de bonnes pratiques d'entretien et d'utilisation. Ces mesures sont axées sur l'introduction et le respect de procédures efficaces pour le stockage, la manutention et le transport des matières susceptibles de s'infiltrer dans les eaux pluviales. La réussite des mesures mises en œuvre repose sur l'éducation et la formation (ASCE/WEF, 1998; Marsalek *et al.*, 2001; NVPDC, 1996; EPA, 1999; WDE, 2001).

Surveillance des activités de construction

Bon nombre de municipalités, de provinces et d'États ont rédigé divers documents décrivant des activités précises de planification et de gestion visant à réduire l'incidence de la construction sur la qualité des eaux pluviales. Ces techniques présentent généralement de nombreuses similitudes avec d'autres techniques structurales, sauf qu'elles sont souvent essentiellement temporaires. Les mesures prises dans le cadre de ces contrôles sont notamment la limitation de l'érosion, la collecte de sédiments, le contrôle de l'eau du site, l'entreposage et l'entretien du matériel, l'entreposage des matériaux et la lutte contre le déversement sauvage de déchets.

Activités d'entretien

Le nettoyage des rues, l'entretien des parcs, la collecte efficace des ordures ménagères, le nettoyage des puisards et l'entretien général de la voirie, des collecteurs d'eaux plu-

viales et des ruisseaux sont généralement inclus dans ce type de contrôles à la source.

Le tableau 11.10 résume globalement les éléments à considérer pour les contrôles à la source qui sont non structuraux.

11.5 PRATIQUES OPTIMALES AU NIVEAU DU TERRAIN (CONTRÔLE À LA SOURCE)

Les techniques de contrôle sur le terrain sont des pratiques qui permettent de réduire le volume des eaux de ruissellement et de traiter les eaux pluviales avant qu'elles n'atteignent le réseau municipal. Elles sont mises en place sur un lot déterminé ou sur plusieurs lots qui drainent une petite superficie.

Le tableau 11.11 fournit une liste non exhaustive des types de contrôle qui peuvent être mis en place au niveau

du lot. Les sections qui suivent discutent de façon plus approfondie certaines de ces approches. Les aménagements en fossé peuvent être utilisés pour du contrôle sur un site (commercial ou industriel) mais ce type d'ouvrage sera plutôt traité à la section décrivant les techniques en réseau. Le tableau 11.12 présente quant à lui une discussion générale des points à examiner pour les contrôles sur le terrain; les sections qui suivent décrivent de façon plus détaillée les différentes PGO.

La figure 11.9 illustre schématiquement comment plusieurs de ces techniques peuvent être intégrées dans l'aménagement à l'échelle d'un lot résidentiel. L'intégration des différentes techniques est également relativement facile pour des lots commerciaux ou industriels.

Tableau 11.11

Exemples de contrôle à la source sur les lots (adapté de Toronto, 2006).

Occupation du sol	Options pour contrôle à la source
Résidentiel unifamilial	<ul style="list-style-type: none"> • Débranchement de gouttière • Baril de pluie pour réutilisation • Réaménagement du terrain pour débranchement de gouttière • Réaménagement du terrain pour ralentir l'écoulement et maximiser l'infiltration • Jardins de pluie et plantations • Réduction de l'usage des fertilisants • Débranchement du drain de fondation • Entrée d'auto perméable • Puits/tranchée d'infiltration pour eau de toit • Aménagement paysager plus absorbant
Multilogements, institutionnel et commercial	<ul style="list-style-type: none"> • Débranchement de gouttière vers zones perméables, petit bassin en surface ou souterrain • Rétention sur le toit • Rétention dans les aires de stationnement (avec restricteurs) • Rétention avec conduite ou bassin souterrain • Ré-utilisation de l'eau • Toit vert • Réaménagement du terrain pour ralentir l'écoulement et maximiser l'infiltration • Zones de biorétention avec plantations dans les aires de stationnement • Pavage poreux • Tranchée d'infiltration • Bande filtrante • Aménagement paysager plus absorbant • Séparateurs d'huiles et sédiments • Fossés aménagés • Technologies perméables (système de conduites avec exfiltration, puisards perméables)
Espaces verts /parcs	<ul style="list-style-type: none"> • Diriger le ruissellement des aires de stationnement vers les zones gazonnées ou aménagées avec des plantations • Ajouter des arbres/plantations • Réduction de l'usage des fertilisants • Fossés aménagés • Technologies perméables (système de conduites avec exfiltration, puisards perméables)
Autoroutes/boulevards/Rues	<ul style="list-style-type: none"> • Ajouter des arbres/plantations • Réduction de l'usage des fertilisants • Fossés aménagés • Technologies perméables (système de conduites avec exfiltration, puisards perméables)

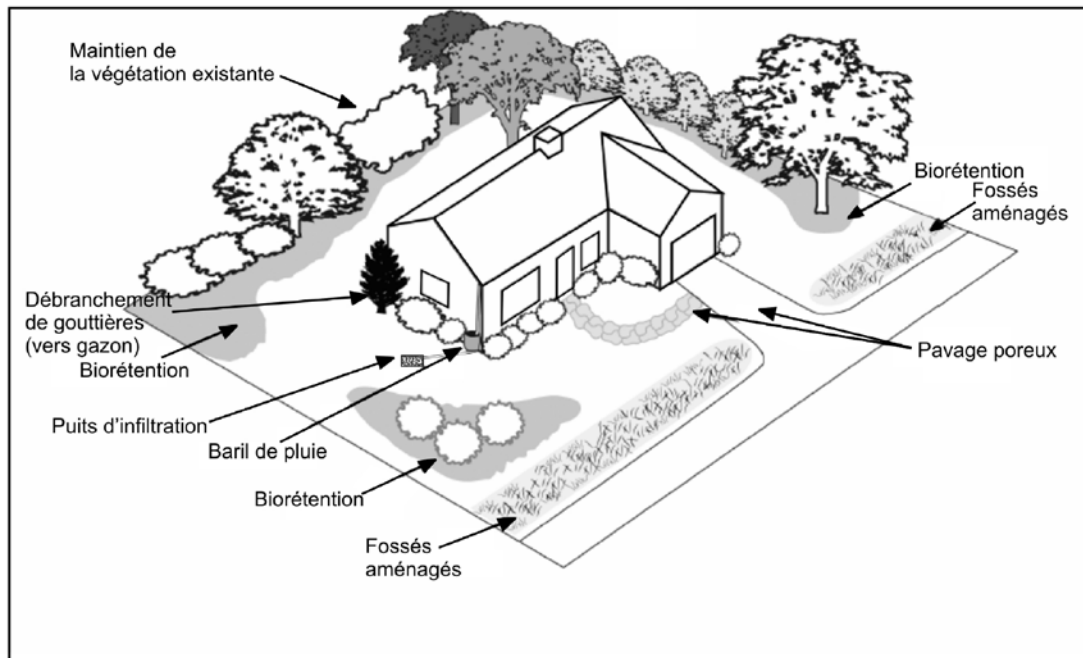


Figure 11.9 Exemples d'intégration des techniques pour le contrôle à l'échelle d'un lot résidentiel (adapté de DNR, Ohio, 2006).

11.5.1 Nivellement contrôlé des terrains / Réduction de la pente du terrain

Description générale

Cette mesure consiste à réduire la pente minimale habituelle du terrain, qui est de 2 p. 100. Pour garantir l'efficacité du drainage des fondations, on recommande de maintenir une pente d'au moins 2 p. 100 à une distance comprise entre deux et quatre mètres du bâtiment (il convient de consulter les normes municipales locales pour garantir la conformité à l'exigence). Au-delà de cette distance, la pente peut être nivelée à 0,5 p. 100, de manière à favoriser la rétention de l'eau dans les dépressions du sol et l'infiltration naturelle. Il faut également tenir compte du type de sol et de son comportement à long terme, étant donné que le tassement peut, à la longue, réduire considérablement la pente.

Applicabilité

On peut entreprendre de réduire la pente du terrain si le type de sol présente un taux d'infiltration minimal supérieur ou égal à 15 mm/h (MOE, 2003). C'est généralement le cas des sols plus grossiers que le limon; les sols argileux ne conviennent habituellement pas. Les valeurs de taux de percolation fournies au tableau 11.13 peuvent être utilisées préliminairement pour établir si les conditions de sol sont favorables; des tests *in situ* devraient toutefois être complétés pour déterminer les taux d'infiltration.

Avantages/Limitations

En principe, les besoins en rétention plus en aval dans les réseaux pourront être réduits en réduisant les pentes lors de l'aménagement des terrains. Les pertes initiales sur le gazon peuvent donc être augmentées de 1,5 mm pour un changement de pente de 2 % à 0,5 % (MOE, 2003).

La principale limitation pour ce type d'aménagement est que l'usage du terrain peut être restreint si l'eau reste en surface durant une période prolongée.

11.5.2 Stockage sur le toit, en surface ou souterrain

Description générale et applicabilité

La rétention sur les toits, en surface (aires de stationnement ou des parcs) ou dans des chambres ou conduites souterraines est un moyen efficace et économique d'effectuer un contrôle quantitatif. Ces pratiques ne peuvent pas en général avoir d'impact très significatif sur la qualité, mais, couplées par exemple avec d'autres pratiques (unité de prétraitement, séparateur hydrodynamique, fossé aménagé), l'ensemble peut constituer un système flexible permettant d'atteindre plusieurs objectifs (quantitatif et qualitatif). Ces pratiques sont d'utilisation courante pour effectuer un contrôle à la source dans le cas de lots commerciaux/industriels ou encore des secteurs à haute densité d'habitation.

Tableau 11.12

Efficacité prévue et points à examiner pour les contrôles sur le terrain.

Contrôle sur le terrain	Aspects pertinents à la mise en application
Nivellement contrôlé des terrains	C'est sur l'utilisation que le ou la propriétaire fait du terrain que la méthode a le plus de répercussions. L'évacuation des nappes d'eau en surface prend de 24 à 48 heures, ce qui peut limiter l'utilisation du terrain. C'est au printemps que les répercussions sont les plus fortes; elles sont par contre négligeables en été.
Rétention d'eau en surface (stationnement, toiture ou arrière-cour)	L'emmagasinement sur le lot est très efficace pour ce qui est de réduire le débit de pointe en aval; le volume des eaux pluviales qui se déversent dans le réseau d'égout ne diminue toutefois pas, étant donné que le déversement s'étale sur une plus longue période. Les procédures d'entretien ordinaires des aires de stationnement conviennent aux zones d'emmagasinement sur les aires de stationnement.
Systèmes d'infiltration	Les systèmes d'infiltration sur le terrain permettent de réduire le volume des eaux de ruissellement et d'en contrôler la qualité. Le risque de colmatage (problèmes d'entretien) sur les lots résidentiels est moindre en comparaison avec les systèmes d'infiltration à la sortie de l'émissaire, qui sont plus gros, puisque les systèmes résidentiels reçoivent en principe uniquement les eaux qui ruissellent du toit (et qui contiennent moins de solides en suspension que le ruissellement des routes). Les impacts de ces systèmes sur la charge de polluants des eaux souterraines (dans le cas où la source d'approvisionnement est un puits) et sur la nappe phréatique doivent être pris en compte.
Pompe d'assèchement de drain de fondation	Même s'il est préférable d'évacuer l'eau des fondations à l'aide d'une pompe d'assèchement, il n'est pas toujours possible de le faire. On ne doit pas utiliser de pompe d'assèchement lorsque le niveau maximal annuel de la nappe phréatique est à 1 m ou moins du drain de fondation du bâtiment. Cette exigence vise à prévenir le fonctionnement excessif de la pompe dans les zones où la nappe phréatique est élevée et à éviter la formation d'un réseau en boucle dans lequel l'eau déversée par la pompe d'assèchement alimente le drain de fondation. Dans ce cas, une conduite distincte (troisième conduite) doit acheminer les eaux de drainage des fondations vers le plan ou le cours d'eau récepteur.
Emmagasinement dans les conduites de grand diamètre	Les conduites de grand diamètre sont très efficaces pour ce qui est de réduire le débit de pointe. Le nettoyage et l'entretien nécessitent une conception particulière.
Fossés de drainage gazonnés	L'efficacité des fossés de drainage gazonnés pour ce qui est du traitement des eaux pluviales (solides en suspension) est à son maximum lorsqu'on maintient la pente à la valeur minimale (p. ex. < 1 %) et une grande largeur au fond (> 0,75 m). L'efficacité diminue lorsque la vitesse augmente. La longueur doit être d'au moins 75 m; de petits barrages submergés peuvent contribuer à augmenter le temps de rétention. Plusieurs concepts différents peuvent être utilisés pour maximiser les bénéfices des fossés aménagés.
Bandes tampons et bandes filtrantes	Leur action est optimale lorsqu'on les utilise conjointement avec d'autres techniques, dans une chaîne de traitement; elles sont alors utilisées comme mécanisme de prétraitement.
Séparateur d'huiles et de sédiments	Ces dernières années, on a fortement amélioré la configuration des séparateurs d'huiles et de sédiments, et de nouveaux produits ont fait leur apparition sur le marché. Plusieurs types de fonctionnement sont disponibles, avec des rendements variables pour le contrôle de la qualité des eaux pluviales. Ces types d'appareil n'ont toutefois peu ou pas d'impact sur les volumes ou les débits de ruissellement et c'est pourquoi ils sont généralement couplés avec d'autres techniques (ils peuvent par exemple être utilisés pour un prétraitement ou avant le rejet au milieu récepteur, à la sortie d'un bassin de rétention).

Critères et principes de conception

L'emmagasinement sur le toit s'applique généralement aux grands toits plats des bâtiments industriels ou commerciaux, les toits résidentiels étant habituellement en pente et offrant peu de possibilités d'emmagasinement. Il faut calculer le nombre, l'emplacement et le débit de fuite de chaque sortie. Le débit de fuite des sorties de drainage préfabriquées installées sur le toit est prescrit par le fabricant. Il varie habituellement de 1 à 15 L/s (MOE, 2003). C'est l'utilisateur qui décide du volume à emmagasiner sur les toits plats ou légèrement inclinés. Les grands toits commerciaux peuvent stocker de 50 à 80 mm d'eau de ruissellement (à titre de référence, la quantité moyenne

Tableau 11.13

Taux d'infiltration minimum (adapté de MOE, 2003).

Type de sol	Taux d'infiltration (mm/h)
Sable	210
Sable limoneux	60
Limon sablonneux	25
Limon	15

de précipitations en 24 h sur 100 ans pour le sud du Québec est de l'ordre de 100 mm). Le temps de rétention varie de 12 à 24 heures. La supervision des détails de conception des dispositifs d'emmagasinement de toit doit être

confiée à des ingénieurs en structure ou en mécanique, de manière à garantir qu'on ne dépassera pas la capacité portante, compte tenu, le cas échéant, du poids de la neige mouillée et des autres surcharges critiques. Il faut prévoir une profondeur maximale de 10 mm avant que l'eau ne s'écoule par les sorties prévues. Le soutènement du toit doit pouvoir supporter le poids de l'eau accumulée. Il est également essentiel de prévoir des déversoirs d'urgence, au cas où l'eau ne pourrait s'évacuer convenablement vers les avaloirs. Des inspections périodiques (plusieurs fois par année) devraient aussi être prévues. Une attention particulière doit évidemment être portée à l'étanchéisation du toit.

En général, l'**emmagasinement sur les aires de stationnement** est économique, mais il entraîne des coûts de construction légèrement plus élevés. Il s'applique aux terrains commerciaux ou industriels. On utilise abondamment ce type d'emmagasinement dans le cadre de projets d'aménagement de terrains vacants dans un secteur déjà construit dans le but de réduire au minimum le besoin d'augmenter la taille des égouts pluviaux en aval. Même s'il est souvent difficile de réduire le débit de pointe en aval après l'aménagement de nouveaux sites uniquement grâce à l'emmagasinement sur les aires de stationnement (la profondeur de l'eau et le volume étant trop importants), le volume emmagasiné permet, en combinaison avec d'autres techniques, de réduire efficacement le ruissellement.

L'eau s'accumule lorsque le débit de ruissellement est supérieur à la capacité du dispositif de contrôle d'admission. On peut installer ce genre de dispositif dans les regards utilisés pour l'entretien ou dans les puisards. Les dispositifs de contrôle d'admission préfabriqués peuvent prendre la forme d'un diaphragme ou d'un tampon perforé placé sur le tuyau de sortie des puisards ou des regards utilisés pour l'entretien. On peut installer un dispositif de contrôle d'admission à chaque puisard (ce qui permettra de contrôler individuellement chaque cellule d'emmagasinement aménagée sur l'aire de stationnement) ou à la limite de la propriété (auquel cas le niveau d'eau sera probablement le même dans chaque cellule). La pose du dispositif à la limite de la propriété, dans un regard appartenant à la municipalité, garantit qu'il ne sera ni enlevé ni modifié. Il est préférable d'utiliser des dispositifs de type vortex lorsque le débit de contrôle est inférieur à environ 14 L/s (ces dispositifs risquant moins de s'obstruer).

Les zones de rétention doivent être aussi éloignées que

possible des bâtiments et la pente minimale peut être de 0,5 % (MOE, 2003) (bien que l'on recommande une pente de 1 %). En général, la profondeur des accumulations d'eau doit être limitée à 300 mm pour une durée jugée acceptable (normalement quelques heures, même en cas de fortes pluies); des profondeurs inférieures à 300 mm sont toutefois recommandées. Le débit limite acceptable varie d'une région et d'un site à l'autre; idéalement, il est défini dans un plan directeur de gestion des eaux pluviales. À titre d'exemple, pour la région de Montréal, il a été démontré qu'un débit limité de 40 à 50 L/s/ha dans le cas d'un sous-bassin de 0,4 à 0,7 ha (imperméable à 100 p. 100) dont la pente est de 1 % offrait, dans la plupart des cas, une profondeur d'eau et une durée d'inondation acceptables (Rivard et Dupuis, 1999). Dans le cas d'un grand parc de stationnement, cela implique que, pour que les critères soient respectés, la surface totale soit subdivisée en petites parties (cellules) dont la superficie (chacune se drainant en un seul point bas) est inférieure à environ 0,7 ha. Cela illustre le fait que, si le débit pré-urbanisation à atteindre est par exemple égal ou inférieur à 10 L/s/ha, il faudra prévoir d'autres moyens que le seul emmagasinement en surface, par exemple des aires de stockage en bordure des stationnements. Habituellement, plus le débit limité est bas, plus les cellules d'emmagasinement en surface doivent être petites; il est bien sûr possible de recourir à l'emmagasinement souterrain, mais à des coûts plus élevés.

On peut utiliser des **conduites de grand diamètre** enfouies dans le sol pour emmagasiner l'eau et réduire le débit de pointe (voir exemple d'implantation à la figure 11.10). On utilise alors ordinairement des tuyaux préfabriqués. Il faut dans ce cas contrôler le débit sortant pour s'assurer que le ruissellement est retenu dans la conduite. Cette technique, qui est généralement plus coûteuse que l'emmagasinement en surface, est habituellement utilisée dans les zones où l'espace est restreint. Il est également possible d'envelopper une conduite perforée dans de la pierre concassée pour obtenir le volume requis. On pourra donc dans ce cas avoir un impact sur les volumes de ruissellement (dont une partie pourra être infiltrée). Voici quelques recommandations générales au sujet de la conception de ce genre de système :

- La longueur et le diamètre des conduites seront évidemment fonction du volume nécessaire pour le contrôle des débits de rejet. Le diamètre sera souvent limité par le dégagement vertical entre le radier des

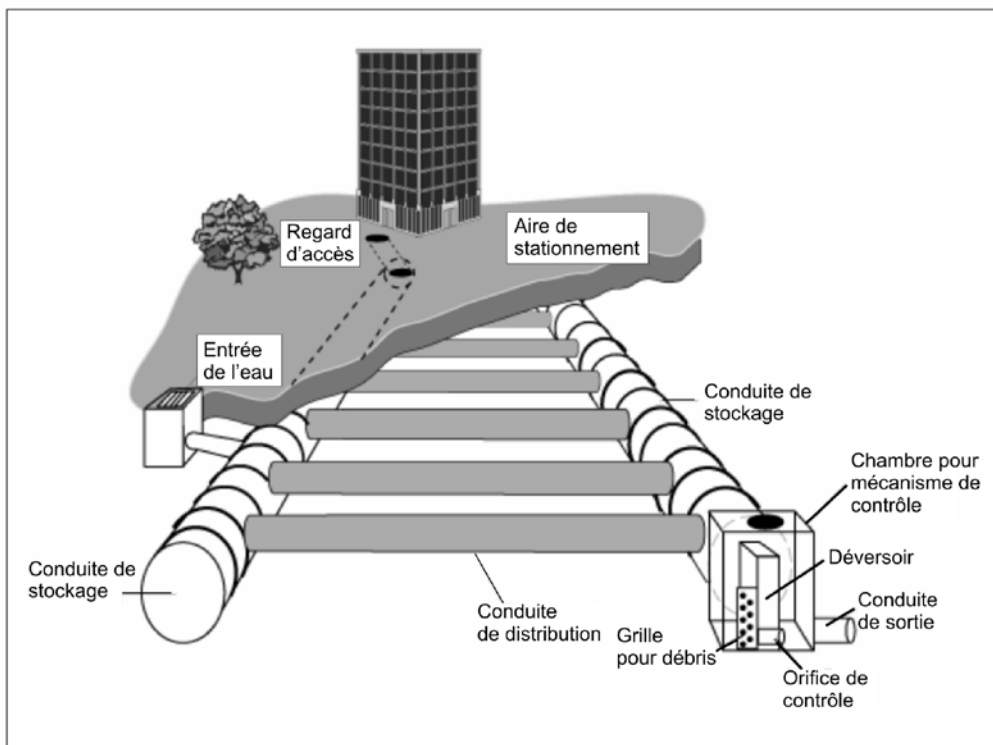


Figure 11.10 Exemple schématique d'une rétention avec conduites de grandes dimensions.

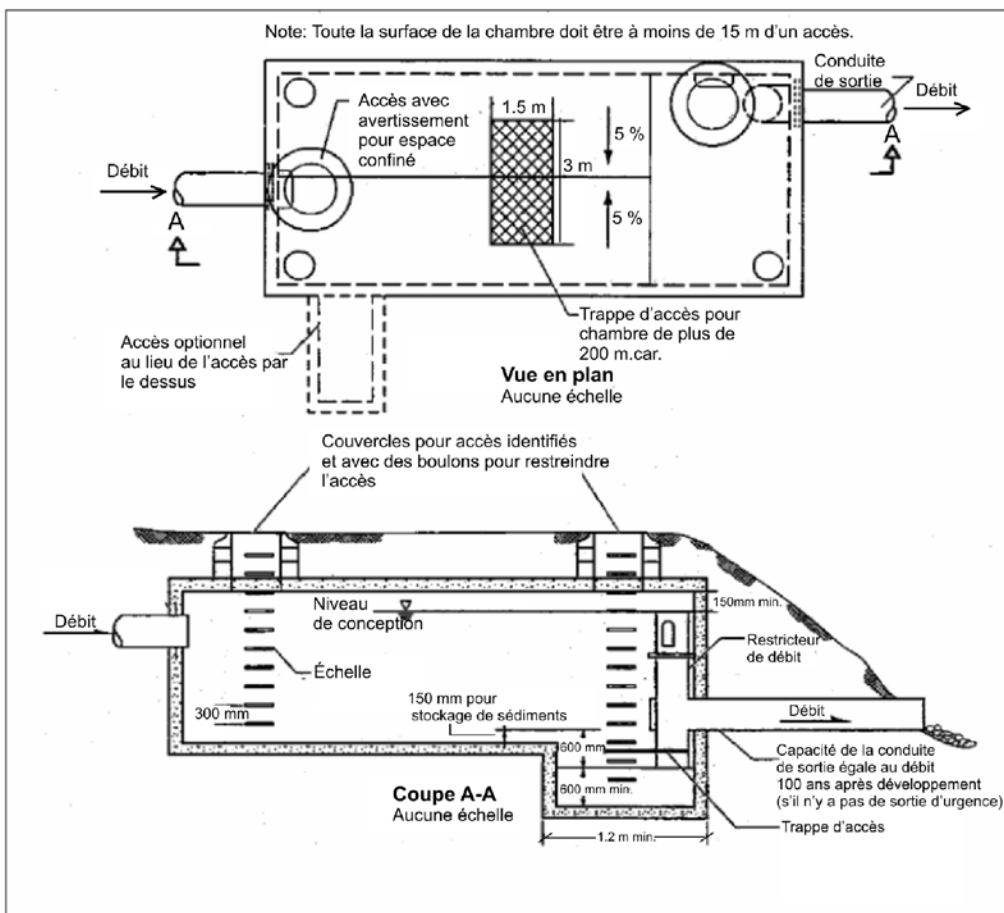


Figure 11.11 Exemple schématique d'une rétention avec chambre souterraine (adapté de Georgia, 2001).

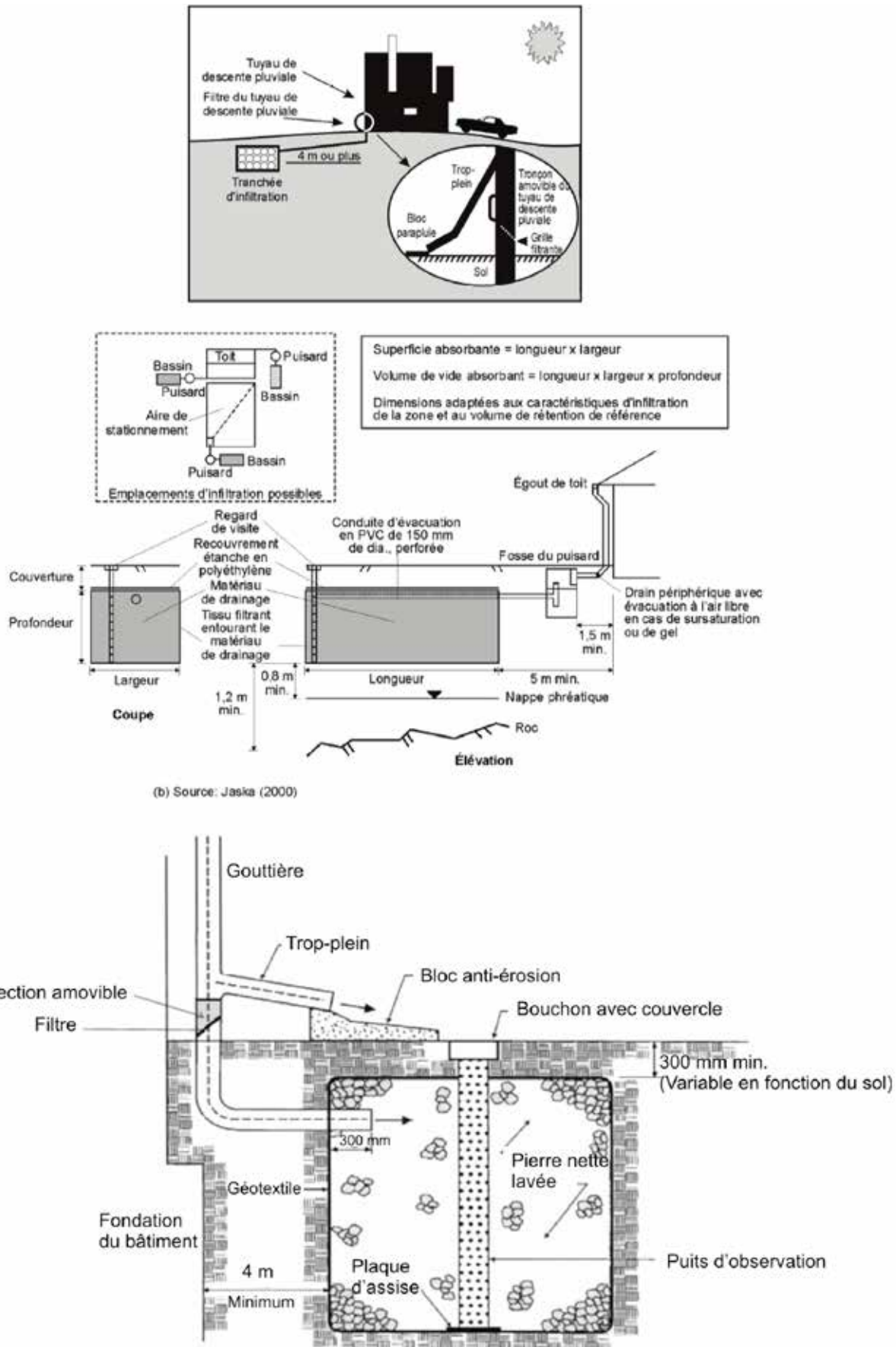


Figure 11.12 Exemples pour rétention avec infiltration sur le terrain (adapté de MOE, 2003; Jaska, 2000; INFRA, 2003; Maryland, 1998).

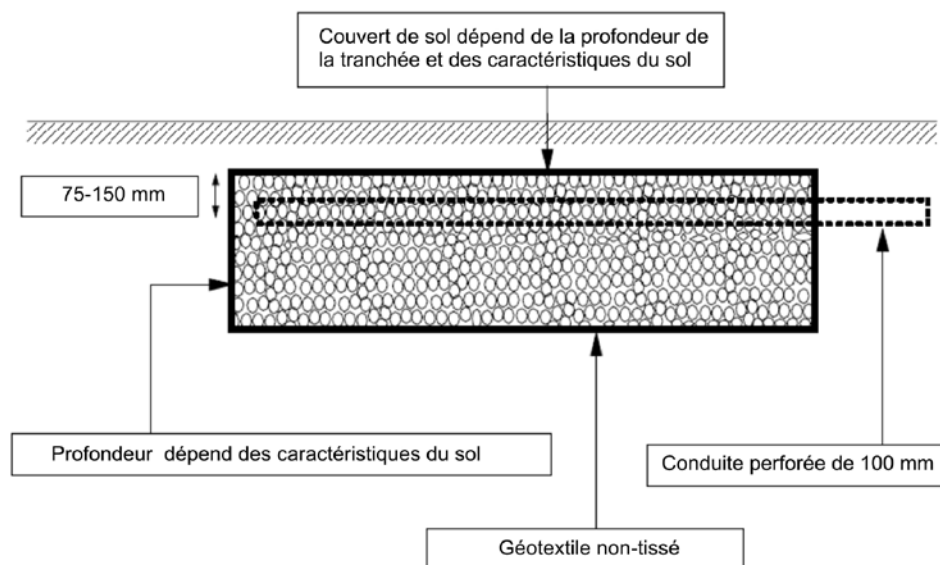


Figure 11.13 Détails pour une tranchée d'infiltration pour une maison unifamiliale (adapté de MOE, 2003).

conduites d'entrée et celui de la sortie;

- Il faut dimensionner la sortie d'eau de manière à obtenir des débits précis qui ne dépassent pas les limites admissibles. La longueur et le diamètre de la conduite seront fonction du volume d'emmagasinement requis;
- On recommande de donner à la conduite une pente d'au moins 0,5 % pour en faciliter le drainage. L'inclinaison doit cependant demeurer minimale; les pentes abruptes réduisant le volume d'eau emmagasiné dans la conduite;
- Les conduites doivent être munies de points d'accès pour les besoins du nettoyage;
- La conception doit inclure des mécanismes de débordement en cas d'urgence.

Il faut également prévoir des passages de débordement en surface (parcours d'évacuation d'urgence) au cas où la sortie se boucherait.

Une variante de ce type de rétention (figure 11.11) consiste à utiliser des chambres de rétention préfabriquées (qui peuvent être construites en différents types de matériau).

11.5.3 Puits ou tranchée d'infiltration sur le terrain

Description générale

Ces types de systèmes sont utilisés pour retenir les eaux pluviales s'écoulant de bassins versants relativement petits, comprenant surtout des habitations unifamiliales.

Les mécanismes en jeu sont comparables à ceux pour les bassins (11.7.5) et les tranchées d'infiltration (11.7.4), mais se distinguent par une question d'échelle. Ils peuvent contribuer à réduire non seulement les débits de pointe mais également les volumes de ruissellement, avec un impact positif sur la qualité de l'eau.

Il peut s'agir tout simplement d'une fosse munie d'un revêtement filtrant et d'un matériau de drainage, tel que des roches, ou de systèmes plus complexes comprenant des puisards et des regards. Plusieurs exemples de systèmes d'infiltration sur le terrain se trouvent à la figure 11.12; la figure 11.13 illustre les principales composantes d'une tranchée d'infiltration. On trouve des renseignements détaillés relatifs à la conception de ce genre de systèmes dans plusieurs ouvrages de référence (ASCE/WEF, 1998; CWP, 1997; CIRIA, 1996; Jaska, 2000; MDE, 2000; MEO, 2003; Mays, 2001).

Avantages

- Peut réduire le volume de ruissellement provenant d'un site, réduisant ainsi les besoins en rétention et les coûts des ouvrages situés en aval;
- Peut être utilisé dans les secteurs existants où l'espace est limité et où un contrôle supplémentaire des eaux pluviales est nécessaire;
- Peut être utilisé pour des sites où les réseaux d'égout pluvial ne sont pas disponibles (dépendant évidemment des capacités d'infiltration des sols en place);
- Peut contribuer à une recharge de la nappe et au

maintien des conditions hydrologiques prévalant avant le développement.

Limitations

- S'applique seulement pour de petits lots (résidentiel unifamilial);
- Lors de fortes pluies et au printemps, l'eau peut rester accumulée en surface de 24 à 48 heures, ce qui peut restreindre l'utilisation du terrain;
- De l'entretien est nécessaire pour s'assurer d'un fonctionnement adéquat;
- Non recommandable pour des lots avec des charges importantes en sédiments ou du ruissellement qui peut être contaminé (limité au ruissellement provenant des toits);
- Si la capacité d'infiltration des sols en place est insuffisante, ces systèmes peuvent ne pas bien fonctionner. Il est recommandé de procéder à des tests de percolation in situ pour bien établir cette capacité d'infiltration;
- Le dessous de ces systèmes doit être à au moins 1 m du niveau de la nappe phréatique.

Critères et principes de conception

Les points dont il faut généralement tenir compte lorsqu'on conçoit un système d'infiltration sur le terrain sont les suivants :

- La distance entre le fond du puits et le niveau le plus élevé de la nappe phréatique doit être suffisamment importante. Elle peut varier de $\geq 0,8$ à $\geq 1,2$ m, selon les conditions et les contraintes locales. Il faut consulter les autorités locales ou effectuer des forages d'essai pour s'assurer que la distance est adéquate;
- La tranchée doit se situer à au moins quatre mètres des fondations du bâtiment le plus proche;
- La tranchée doit comprendre des pierres propres (bien lavées pour minimiser les risques de colmatage) de 50 mm de diamètre et être revêtue d'un géotextile approprié;
- Le volume de vide total de la tranchée doit être établi en fonction de l'emmagasinement nécessaire à la suite d'une pluie de projet adéquate en se fondant sur la porosité réelle du matériau de la tranchée (que l'on considère généralement comme comprise entre 35 et 40 p. 100). La surface d'infiltration requise (surface du fond) pour drainer le système en l'espace de 48 heures est calculée en fonction du taux de percola-

tion continu en 24 heures;

- La tranchée doit être située à proximité de la surface du sol, mais les paramètres comme la hauteur d'emmagasinement de la tranchée, le risque de soulèvement par le gel et la stratification du sol environnant doivent être pris en compte;
- Il faut prévoir équiper le puits d'infiltration ou le puisard d'un filtre pour limiter l'entrée de solides et de débris dans le système. Il faut poser, si possible, un tuyau de trop-plein;
- En général, il faut éviter de construire des systèmes d'infiltration sur un remblai, sous les aires de stationnement ou sous les aires à usages multiples;
- Dans le cas d'un système d'infiltration qui draine une aire de stationnement, il faut utiliser un ou deux appareils de prétraitement raccordés en série en amont du système, de manière à maximiser la durée de vie utile de ce dernier et éviter qu'il se bouche.

Il est souvent essentiel d'évaluer correctement les conditions de sol locales et le taux de percolation avant d'utiliser des systèmes d'infiltration sur une grande échelle. Ceux-ci permettent de réduire le volume et le débit de pointe des eaux de ruissellement, de limiter la charge de pollution et, dans certains cas, d'utiliser des réseaux d'égout pluvial plus petits. Les inconvénients de ces systèmes sont l'entretien à long terme et le risque de colmatage, mais aussi la possibilité d'une incidence négative sur la nappe phréatique (contamination).

Idéalement, la distance entre le dessous du puits ou de la tranchée et la nappe phréatique (conditions hautes) ou le niveau du roc devrait être de 1 m ou plus.

Les sols en place devraient avoir une capacité d'infiltration minimale de 15 mm/h (MOE, 2003). Le volume de stockage minimum devrait être de 5 mm de pluie sur le toit sans débordement; le volume maximum devrait être de 25 mm de pluie sur le toit.

La configuration d'un puits ou d'une tranchée dépend de la configuration du lot et du taux d'infiltration potentiel. La longueur de la tranchée (dans le sens de l'écoulement) devrait être maximisée par rapport à la largeur pour assurer une distribution uniforme et minimiser la remontée de nappe. Des profondeurs de plus de 1.5 m ne sont généralement pas recommandables; l'équation 11-1 fournit la relation de la profondeur maximale de stockage en fonction du taux d'infiltration (qui idéal-

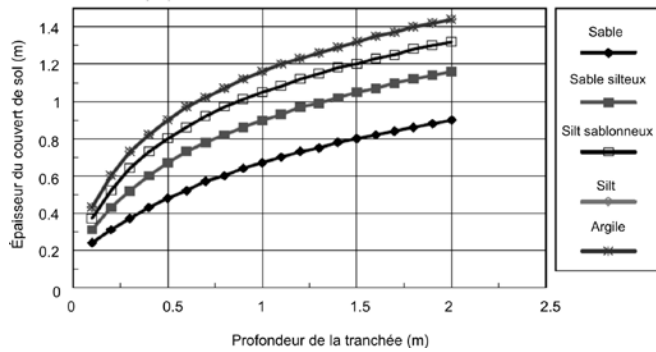


Figure 11.14 Couverture de sol minimale recommandée pour des puits ou des tranchées (adapté de MOE, 2003).

lement devrait être établi par des tests in situ ou avec les valeurs du tableau 11.13.

$$d = P \times T / 1000 \quad (11-1)$$

où d est la profondeur maximale de stockage dans le puits (m), P est le taux d'infiltration (mm/h) et T est le temps de vidange (idéalement de 24 h).

La couverture de sol à prévoir au-dessus du puits devrait être minimale mais elle est fonction de la profondeur du puits, du potentiel de soulèvement par le gel et de la stratification du sol (MOE, 2003). La figure 11.14 donne des recommandations concernant la couverture pour différents types de sols.

La distance minimale du puits ou de la tranchée devrait être d'au moins 4 m des drains de fondation de toute habitation. Des calculs de remontée de nappe pourraient par ailleurs être nécessaires dans certains cas pour s'assurer notamment, dans le cas où le traitement des eaux usées se fait localement avec un champ d'épuration, que l'infiltration des eaux pluviales ne vient pas interférer avec les installations septiques.

11.5.4 Débranchement des gouttières

Le débranchement des gouttières est évidemment une des techniques avec le meilleur ratio bénéfices/coûts, en particulier pour des secteurs déjà bâtis où on veut diminuer les apports vers les réseaux de drainage. Règle générale, on devrait imposer dans les règlements municipaux que les gouttières ne se raccordent pas directement aux réseaux ou vers des surfaces imperméables qui ne favoriseront pas l'infiltration. Ces techniques sont très simples et il suffit souvent d'éloigner l'exutoire des gouttières pour qu'il se draine vers une surface perméable (figure 11.15). Le drain de la gouttière peut être dirigé vers les surfaces perméables ou encore vers un puits d'infiltration (figures 11.12 et 11.13).

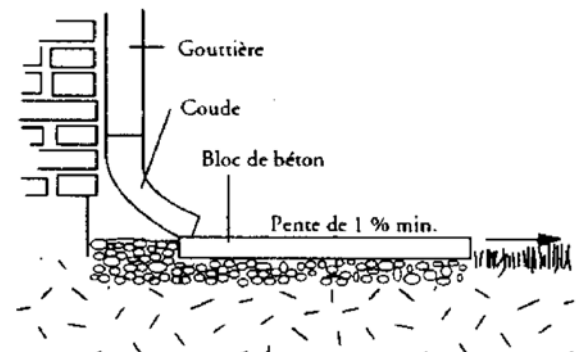


Figure 11.15 Drainage des gouttières vers des zones favorisant l'infiltration.

11.5.5 Pompe de drain de fondation

Même si les normes de construction actuelles permettent de raccorder les drains de fondations à l'égout pluvial, la possibilité pour des pompes d'assèchement d'évacuer l'eau du drainage de fondations vers la surface du sol ou des puits d'infiltration peut constituer une solution de rechange. Quelle que soit la solution, elle est préférable au raccordement des drains de fondations à l'égout pluvial ou à l'égout sanitaire. Il faut communiquer avec la municipalité avant de recommander ce type de contrôle, puisque certaines municipalités n'autorisent pas cette façon de procéder. On utilise une « troisième conduite », soit un collecteur de drains de fondation (avec raccordement gravitaire), dans les régions où la topographie est très plane et où le risque d'inondation des sous-sols est une source d'inquiétude.

Comme le montre la figure 11.16, le point de déversement doit se situer à au moins 2 m des fondations et

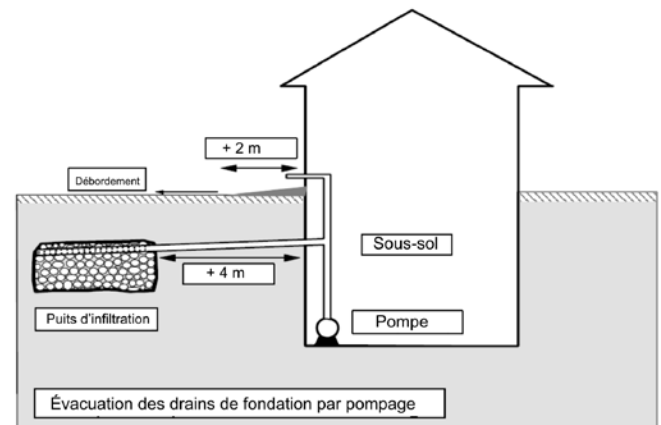


Figure 11.16 Options possibles pour l'évacuation des drains de fondation (adapté de MOE, 2003).

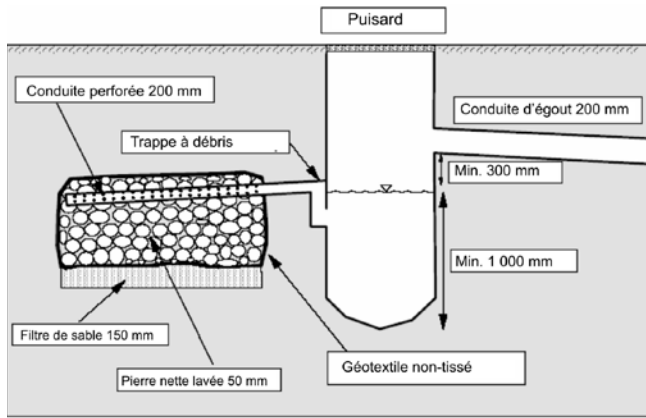


Figure 11.17 Exemple de configuration pour puisard perméable (adapté de MOE, 2003).

la pente doit être suffisante. Ce système permet d'évacuer l'eau de drainage loin du bâtiment. Le point de sortie de la pompe doit être à une hauteur suffisante au-dessus du sol pour que la neige et la glace ne puissent l'obstruer durant l'hiver.

11.5.6 Puisard perméable

Description générale

Les puisards perméables sont simplement des puisards avec une fosse plus grande qui est raccordée à un volume de stockage permettant de l'exfiltration. Une variante de ce type de pratique consiste à utiliser un puisard sans fond ou avec des perforations. Cette approche n'est toutefois pas recommandée à cause des problèmes potentiels de colmatage et de compaction à long terme dus au poids de l'eau (MOE, 2003). Un exemple de configuration préférable, avec un volume de stockage hors réseau, est montré à la figure 11.17.

Critères et principes de conception

L'utilisation de ce type de puisard devrait être limitée aux sols avec des taux d'infiltration supérieurs à 15 mm/h. La distance entre le dessous de la pierre nette et la nappe phréatique ou le roc devrait être en tout temps supérieure à 1 m.

Le volume de stockage pourra varier en fonction des besoins et de l'espace disponible mais on devrait viser comme stockage minimal un volume de ruissellement produit par une pluie de 5 mm (durée de 4 heures) et un stockage maximal correspondant au volume de ruissellement produit par une pluie de 15 mm (durée de 4 heures) (MOE, 2003). La configuration dépendra des caractéristiques d'infiltration du sol en place (équation 11-1). Une

pierre nette lavée de 50 mm devrait être utilisée (porosité de 0.4), avec un géotextile approprié.

Ce type de techniques est utilisé pour drainer des routes ou des aires de stationnement et il recueillera donc des eaux de ruissellement chargées de sédiments. Il y a donc lieu d'essayer de maximiser le prétraitement avant d'atteindre le bassin de pierre nette afin de minimiser les problèmes de colmatage. Des puisards sur-dimensionnés et avec une fosse importante peuvent contribuer à un certain pourcentage d'enlèvement des MES mais, idéalement, on devrait prévoir en amont de ces équipements d'autres pratiques qui permettront d'effectuer un prétraitement adéquat (par exemple avec une bande filtrante où l'écoulement se fera en nappe avant d'atteindre le puisard ou un fossé aménagé). Également, comme avec toute technique impliquant de l'infiltration, les procédures de construction doivent être établies de façon à ne pas contaminer les installations avec des sédiments et à ne pas compacter les sols en place.

Le manuel de contrôle à la source pour la région de Vancouver (GVSD, 2005) fournit également d'autres exemples de puisards perméables.



Figure 11.18 Exemple d'installation avec un baril pour la réutilisation de l'eau de ruissellement provenant d'un toit.

11.5.7 Réutilisation de l'eau de pluie

Description générale

L'eau de ruissellement provenant des toits peut être récupérée dans des barils ou des citernes pour être ensuite réutilisée pour différents usages (irrigation et arrosage). Les barils, comme celui montré à la figure 11.18, sont typiquement installés à la sortie du système de gouttières et la méthode la plus simple pour la réutilisation est d'utiliser la gravité (des systèmes plus sophistiqués avec pompage peuvent toutefois être mis en place). Une citerne a une capacité plus grande qu'un baril et est généralement installée sous le sol. Plusieurs compagnies fabriquent et distribuent ces types d'équipement.

Applicabilité

Cette technique peut s'appliquer à des secteurs résidentiel, commercial ou industriel en ajustant évidemment les volumes de stockage. La réutilisation peut se faire pour des usages extérieurs (arrosages, irrigation) et également, quoiqu'encore peu utilisé au Québec, pour des usages intérieurs (approvisionnement en eau non potable pour les toilettes, avec réseau interne séparé). Certains pays comme l'Australie (Wong *et al.*, 2006) ou des régions qui ont à faire face à des épisodes de sécheresse ont davantage examiné les possibilités d'une réutilisation de l'eau de pluie à l'intérieur des bâtiments. De façon générale toutefois, la réutilisation de l'eau de pluie peut s'intégrer très avantageusement dans des projets de type LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*). Cette réutilisation doit toutefois être bien encadrée pour éviter une contamination des réseaux d'eau potable. La France a par exemple émis en août 2008 un arrêté ministériel relatif à la récupération des eaux de pluie et à leur usage à l'intérieur et à l'extérieur des bâtiments (ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire, 2008).

Avantages/Limitations

La réutilisation de l'eau de pluie permet d'avoir un certain effet sur les volumes de ruissellement et les débits de pointe rejetés, en particulier pour les petites pluies. Il est toutefois nécessaire de bien planifier cette réutilisation pour s'assurer que le baril se vide efficacement après chaque pluie. L'ajout de puits ou de tranchée d'infiltration pourra également être envisagé pour réduire les volumes de ruissellement.



Figure 11.19 Composante d'un système avec baril pour le stockage.

Critères de conception

La figure 11.19 montre les principales composantes d'un système avec un baril de stockage. La grille empêche les feuilles et les autres débris de venir colmater l'élément de stockage, en plus de prévenir la prolifération de moustiques. L'élément de stockage peut être soit en surface ou être souterrain. En surface, le matériau est souvent du plastique alors qu'avec une citerne souterraine, on peut avoir des chambres préfabriquées en béton ou en plastique. Il doit également y avoir un mécanisme permettant une relâche graduelle, de façon à s'assurer que le baril de draine complètement entre 2 événements. Un trop plein permettra finalement aux débits plus importants d'être convenablement évacués (et qui peuvent être redirigés vers un puits d'infiltration). Évidemment, avant le début de l'hiver le baril et la tuyauterie devront être complétés vidés pour éviter le gel de l'eau.

Pour le dimensionnement du baril ou de la citerne, on peut évaluer que 25 mm de pluie sur un toit d'environ 100 m² générera approximativement 2,3 m³ de volume de ruissellement.

11.5.8 Bande de végétation filtrante

Description générale

Une bande de végétation filtrante est une zone avec une pente douce et des plantations qui sert à filtrer, ralentir et infiltrer en partie un écoulement qui se fait en nappe. En plus du gazon, les bandes filtrantes peuvent comprendre une variété d'arbres, d'arbustes et de plantations. Un élément important de la conception des bandes filtrantes est que l'écoulement qu'elles reçoivent doit se faire en nappe avec une hauteur d'eau uniforme bien répartie et non pas de façon concentrée. On doit donc dans certains cas avoir recours à des répartiteurs de débit, qui permettront à l'écoulement de se faire en nappe au-dessus de la bande filtrante.



Figure 11.20 Exemples de bande filtrante avant l'accès à un puisard.

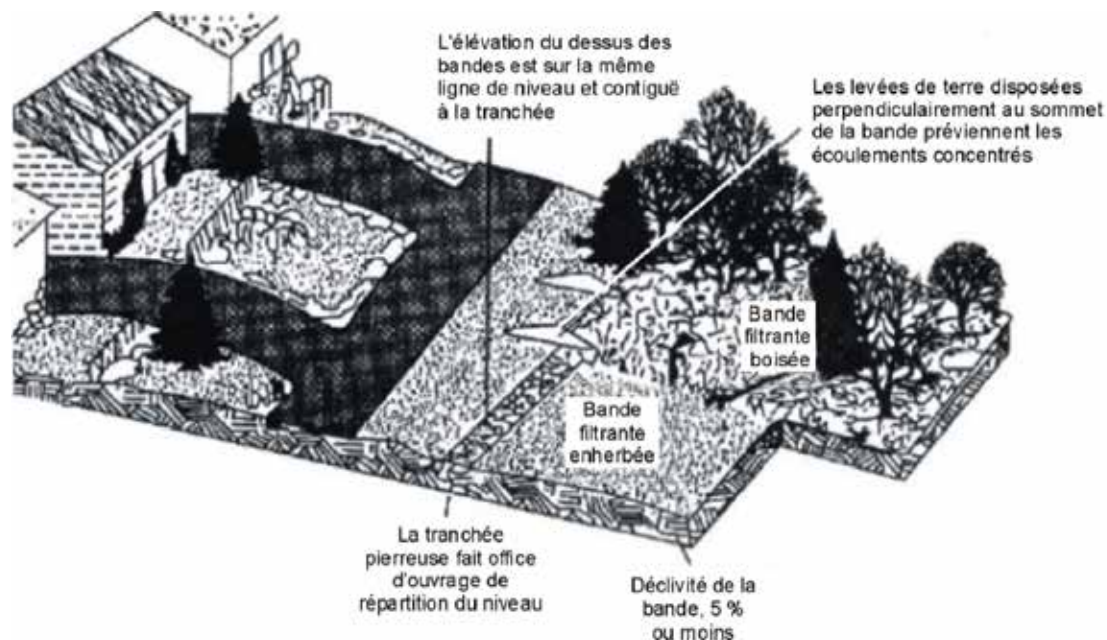


Figure 11.21 Types de bande filtrante (adapté de Schueler, 1987).

Généralement, les bandes filtrantes traitent des bassins de drainage de faible superficie (inférieure à 2 ha).

Il existe essentiellement 2 types de bandes filtrantes (figure 11.21) : en gazon ou avec des plantations ou arbres (boisée).

Applicabilité

Les bandes filtrantes sont utilisées pour le contrôle des eaux provenant des routes et autoroutes, des toits, de petites aires de stationnement; elles sont rarement utilisées seules et se retrouvent souvent comme unité de prétraitement en amont d'autres techniques comme des tranchées d'infiltration ou des aires avec biorétention (figure 11.22). Bien que les bandes filtrantes soient surtout utilisées pour réduire les apports en sédiments, on peut anticiper une faible réduction du volume de ruissellement dépendant du type de sol en place, du couvert végétal utilisé, de la pente et de la longueur de la bande filtrante. La présence d'une surface perméable juste à côté des aires de stationnement devrait inciter le concepteur à recourir à une bande filtrante au lieu d'un drainage traditionnel avec puisard (figure 11.23).



Figure 11.22 Utilisation d'une bande filtrante comme prétraitement à d'autres techniques.

L'efficacité de la bande filtrante peut être par ailleurs accentuée avec différents mécanismes additionnels favorisant l'infiltration, par exemple une berme en pied de talus (Pennsylvanie, 2006) ou encore différents éléments mis en place sous la bande.

Avantages

- Les bandes filtrantes enlèvent les sédiments et les autres polluants qui y sont associés;
- Elles permettent une infiltration partielle des eaux de ruissellement (réduction du volume et de la pollution);
- Puisqu'il n'y a pas de stockage prolongé des eaux, il n'y a pas d'effet négatif sur la température de l'eau qui est rejetée vers le milieu récepteur;
- Une bande filtrante avec une végétation plus abondante et plus haute peut produire une barrière visuelle pour les routes, industries ou sites récréatifs;
- Elles sont relativement simples et peu coûteuses à mettre en place;
- Elles ne nécessitent pas beaucoup d'entretien.

Limitations

- Les bandes filtrantes ne sont pas appropriées pour des secteurs avec des pentes fortes ou avec de grandes surfaces pavées qui génèrent des écoulements avec de fortes vitesses;
- Leur utilisation peut être difficile dans les secteurs densément urbanisés où les espaces vacants sont rares ou très dispendieux;
- En général, les bandes filtrantes ne devraient pas accepter de ruissellement provenant de zones sensibles (stations-service, industries) puisque l'infiltration peut engendrer une contamination de la nappe ou des dommages à la végétation. Un prétraitement avec

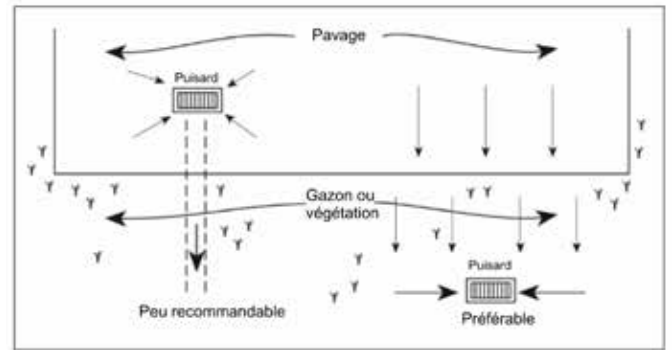


Figure 11.23 Utilisation d'une bande filtrante à privilégier pour drainer les surfaces pavées au lieu d'un drainage traditionnel par puisard.

un séparateur hydrodynamique peut toutefois minimiser l'impact de cet aspect;

- Les bandes filtrantes sont habituellement difficilement applicable dans des secteurs existants parce qu'elles nécessitent de grands espaces et ne peuvent pas recevoir les eaux provenant de grandes surfaces;
- Un nivellement inadéquat peut rendre cette pratique inefficace;
- Comme les bandes filtrantes ne peuvent pas fournir assez de volume de stockage ou infiltrer assez d'eau pour réduire de façon significative les débits et les volumes de ruissellement, elles sont généralement utilisées comme un des éléments d'une chaîne de procédés;
- L'efficacité des bandes filtrantes est directement reliée au maintien des conditions d'écoulement en nappe.

Critères et principes de conception

La figure 11.24 montre les différentes composantes d'une bande filtrante. Les principaux éléments de conception sont discutés ci-après.

Surface tributaire

La superficie des surfaces tributaires dont le ruissellement est dirigé vers une bande filtrante devrait être inférieure à 2 ha. Le rapport entre la surface tributaire et celle de la bande filtrante ne devrait pas excéder 6 dans 1 (Pennsylvanie, 2007).

Pente et largeur

Idéalement, la pente de la bande filtrante devrait être inférieure à 5 % (plus la pente est faible, plus ce sera facile de maintenir un écoulement en nappe); la pente minimale devrait être de 1 % ou 2 % pour éviter l'accumulation d'eau en surface. La pente en haut et en bas de talus de-

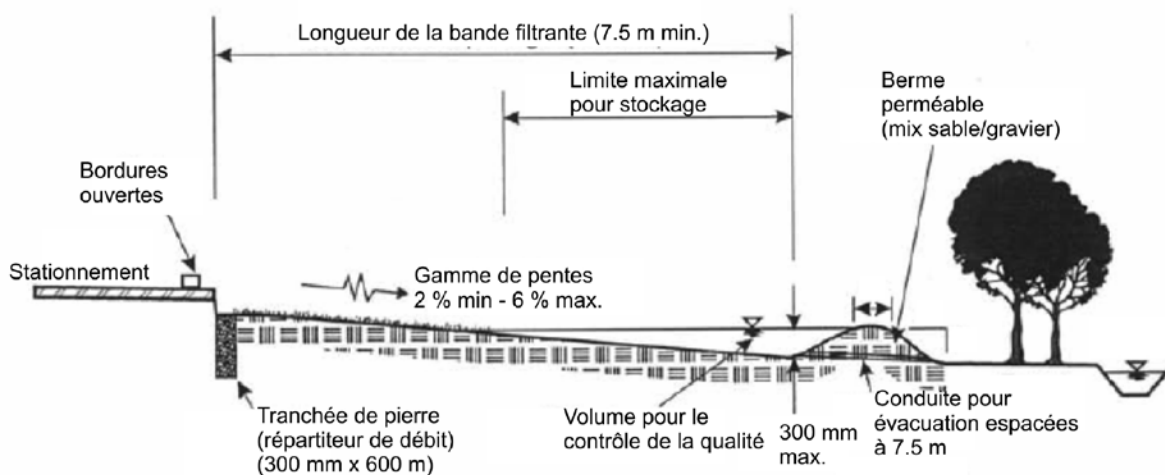
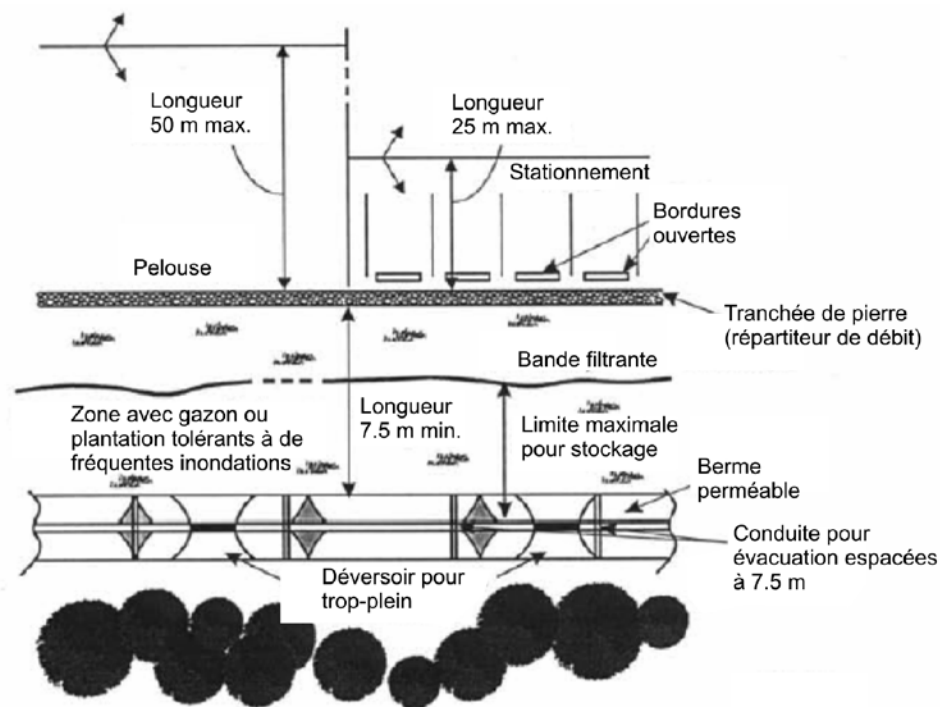


Figure 11.24 Composantes d'une bande filtrante (adapté de Claytor et Schueler, 1996).

vrait être le plus faible possible de façon à prévenir l'érosion et maintenir un écoulement en nappe.

La largeur de la bande filtrante devrait se situer entre 10 et 20 m dans la direction de l'écoulement (MOE, 2003), avec un minimum de 5 m (Barr, 2001). Des largeurs plus petites (10-15 m) peuvent être appropriées pour des pentes plus douces, alors que des largeurs plus grandes (15-20 m) sont requises avec des pentes de l'ordre de 5 %. La longueur de la bande (perpendiculairement à l'écoulement) devrait normalement être la même que la surface tributaire.

La pente latérale d'une bande filtrante devrait être au

maximum de 1 % (Pennsylvanie, 2007).

Répartiteur de débit

L'écoulement ne doit pas être concentré en un ou plusieurs endroits et un répartiteur de débit devrait normalement être inclus à la conception. Des exemples d'aménagement sont illustrés à la figure 11.25; une tranchée de pierre peut normalement être utilisée, ou encore une petite rigole avec une berme (en végétation ou en béton) ou des bordures en béton avec ouvertures pour répartir les débits. Dans le cas d'une tranchée en pierre, il est recommandé de prévoir

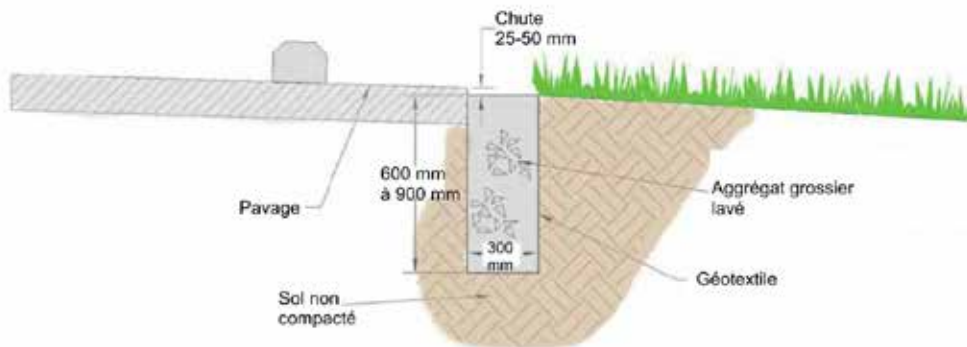
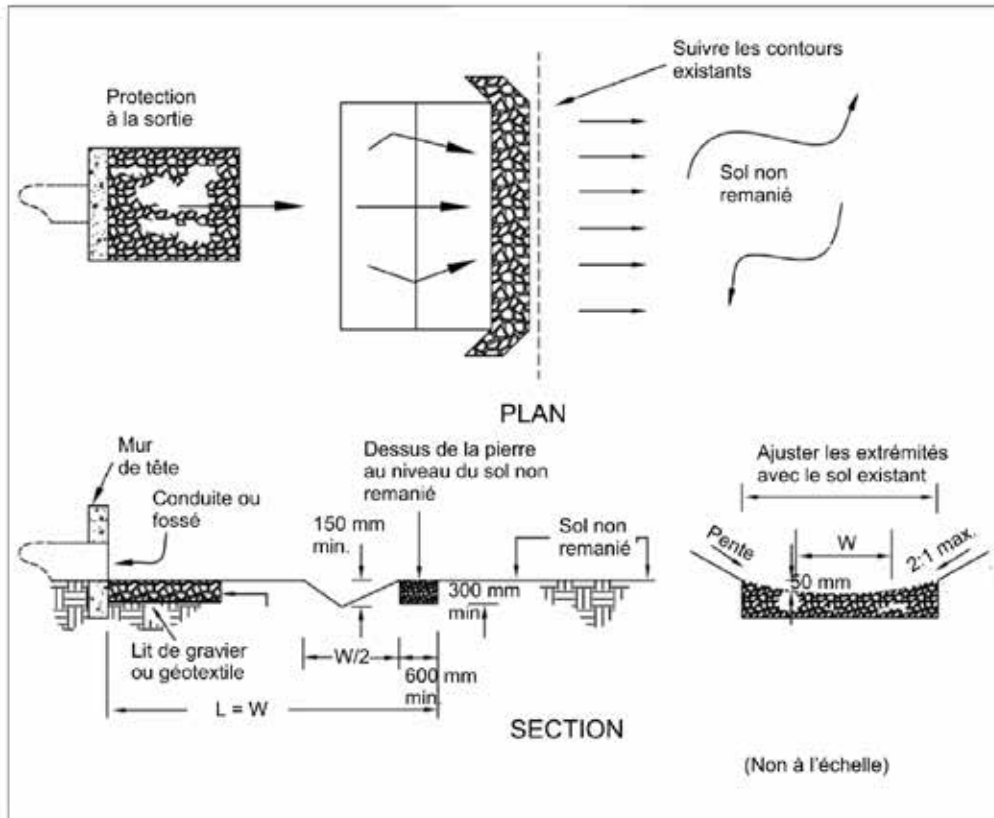
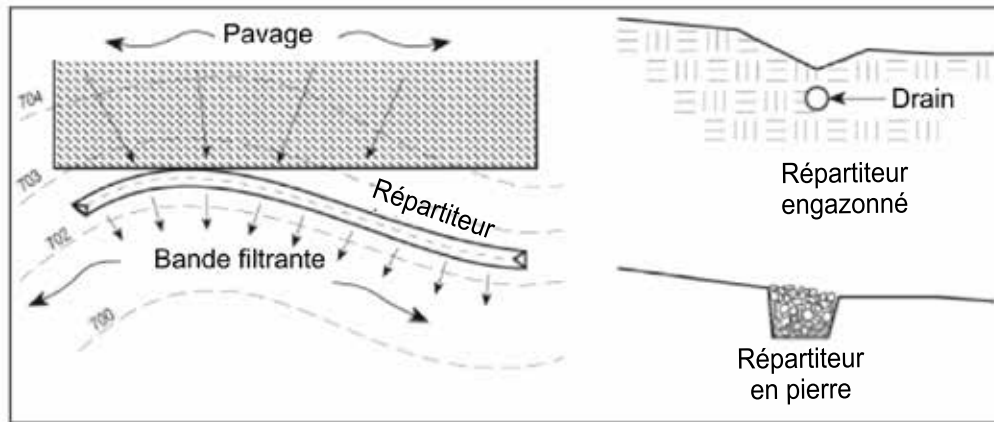


Figure 11.25 Exemples de répartiteur de débit (adapté de Ohio, DNR, 2006 et Pennsylvanie, 2007).

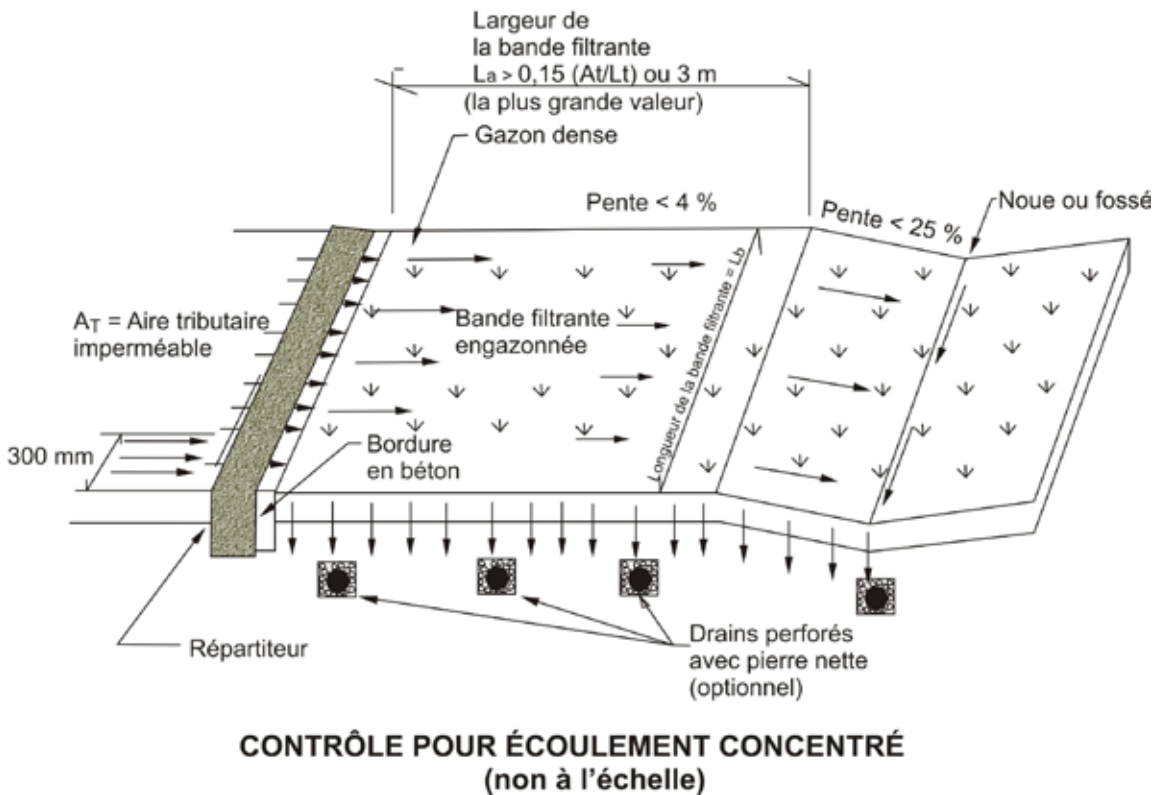
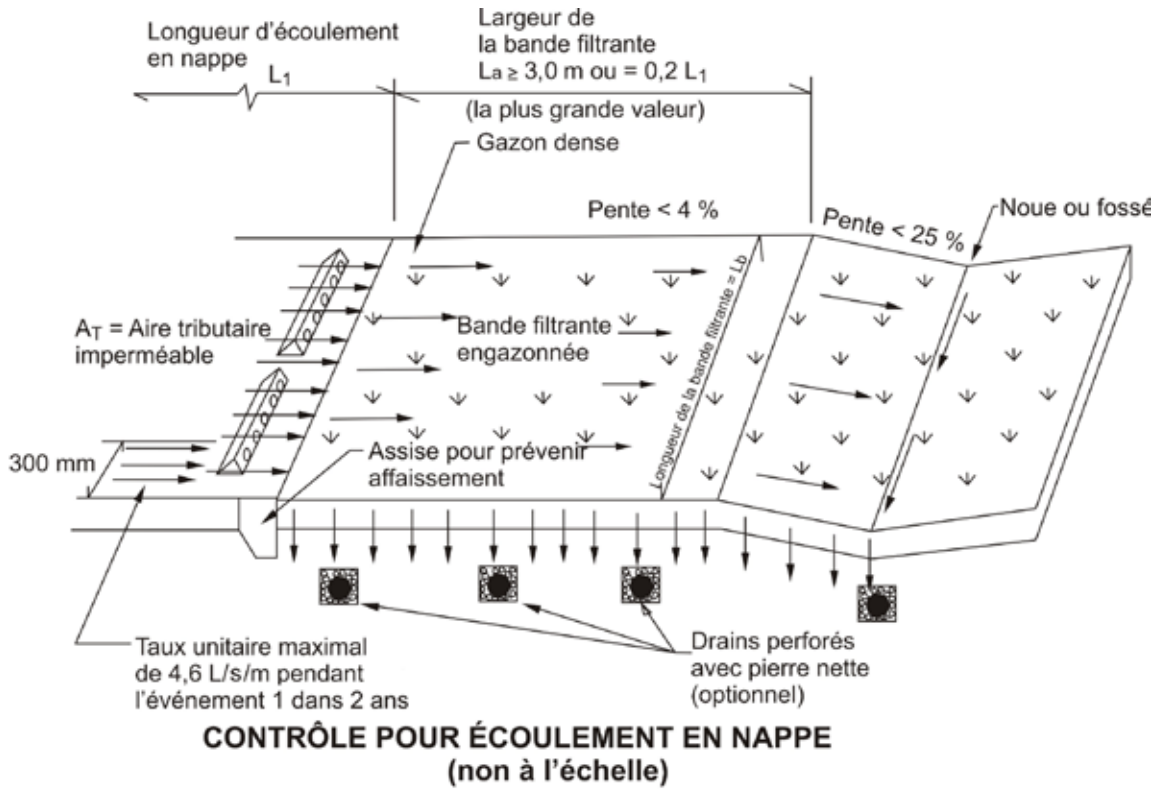


Figure 11.26 Variante pour l'aménagement des bandes filtrantes (UDFCD, Denver, 2001).

une petite chute de 25-50 mm à la limite du pavage, afin de prévenir la formation de dépôts qui pourront nuire à l'écoulement. Le répartiteur de débit peut lui-même servir de prétraitement pour la bande filtrante (en particulier la tranchée en pierre, qui est recommandée pour ce faire (Claytor et Schueler, 1996).

Hauteur d'eau

Le répartiteur de débit et la bande filtrante peuvent être dimensionnés de façon à ce qu'une pluie de 10 mm de type Chicago répartie sur 4 heures produise une hauteur d'écoulement entre 50 et 100 mm à travers la végétation (MOE, 2003). Le coefficient de Manning pour l'écoulement en nappe devrait être de 0.15 pour un engazonnement moyennement dense, 0.25 pour un engazonnement dense et 0.35 pour un engazonnement très dense (Georgia, 2001). La profondeur d'eau sur la berme du répartiteur de débit peut s'établir avec l'équation de déversoir, avec un coefficient de 1.4.

Stockage

Le stockage en arrière de la berme en bas de talus dépendra du niveau de contrôle désiré et de la configuration de la bande filtrante. Comme critère minimum, le stockage devrait correspondre au ruissellement avec une pluie de 10 mm de type Chicago répartie sur 4 heures (MOE, 2003). Les volumes excédentaires devront être évacués par –dessus la berme.

Végétation

Le choix de la végétation, en particulier aux abords de routes et autoroutes ou des sels déglaçants sont utilisés, devra être fait judicieusement.

Variantes

Plusieurs variantes ont été développées pour augmenter l'efficacité des bandes filtrantes; la figure 11.26 illustre l'utilisation de drains perforés.

11.5.9 Aménagement absorbant et modification du sol

Description

Reconnaissant que la structure des sols joue un rôle fondamental pour la génération des débits et volumes de ruissellement, cette pratique relativement récente consiste à minimiser le remaniement des sols en place lors du développement et à utiliser des aménagements paysagers

maximisant les capacités d'absorption du sol (GVSD, 2005). Dans les conditions naturelles, avec un couvert végétal contenant beaucoup de matières organiques et des populations de vers et de microbes, la capacité d'absorption est très importante. Lorsqu'on urbanise, en remplaçant la couche de sol en place par une mince couche de terre végétale qu'on nivelle et compacte, on réduit de façon appréciable les taux d'infiltration. Des analyses récentes (Pitt, 1999) ont permis d'établir que cette façon de faire avait un impact important sur les capacités d'infiltration des sols qu'on dit «perméables» après l'urbanisation.

Ce type de techniques impliquent donc l'utilisation d'une structure de sol plus absorbante ou la modification des sols en place selon certaines approches contribuant à relâcher la compaction et à «régénérer» la capacité d'infiltration des sols.

Applicabilité

- *Nouveaux développements (résidentiel, commercial, industriel).* Les nouvelles pelouses peuvent être soutenues par du compost et ne pas être compactée de façon à augmenter la porosité du sol;
- *Réhabilitation de sols existants.* Une scarification des sols qui ont été compactés ou qui sont en place depuis plusieurs années (par exemple dans des parcs ou des bassins de rétention sec) peut contribuer à régénérer le potentiel d'infiltration;
- *Entretien des aménagements paysagers.*

Avantages

- Réduit le coefficient de ruissellement des surfaces perméables;
- Augmente les taux de réduction du ruissellement pour les sols peu perméables;
- Contribue à améliorer la filtration et la rétention des polluants;
- Augmente la stabilité des sols, conduisant à un potentiel d'érosion moindre;
- Réduit la pollution thermique en maintenant le ruissellement dans le sol et plus longtemps près de la source;

Limitations (GVSD, 2005)

- Les aménagements absorbants doivent être bien planifiés et mis en place de façon à minimiser les conditions qui réduiraient l'infiltration à cause du colmatage ou d'un compactage excessif à cause de la

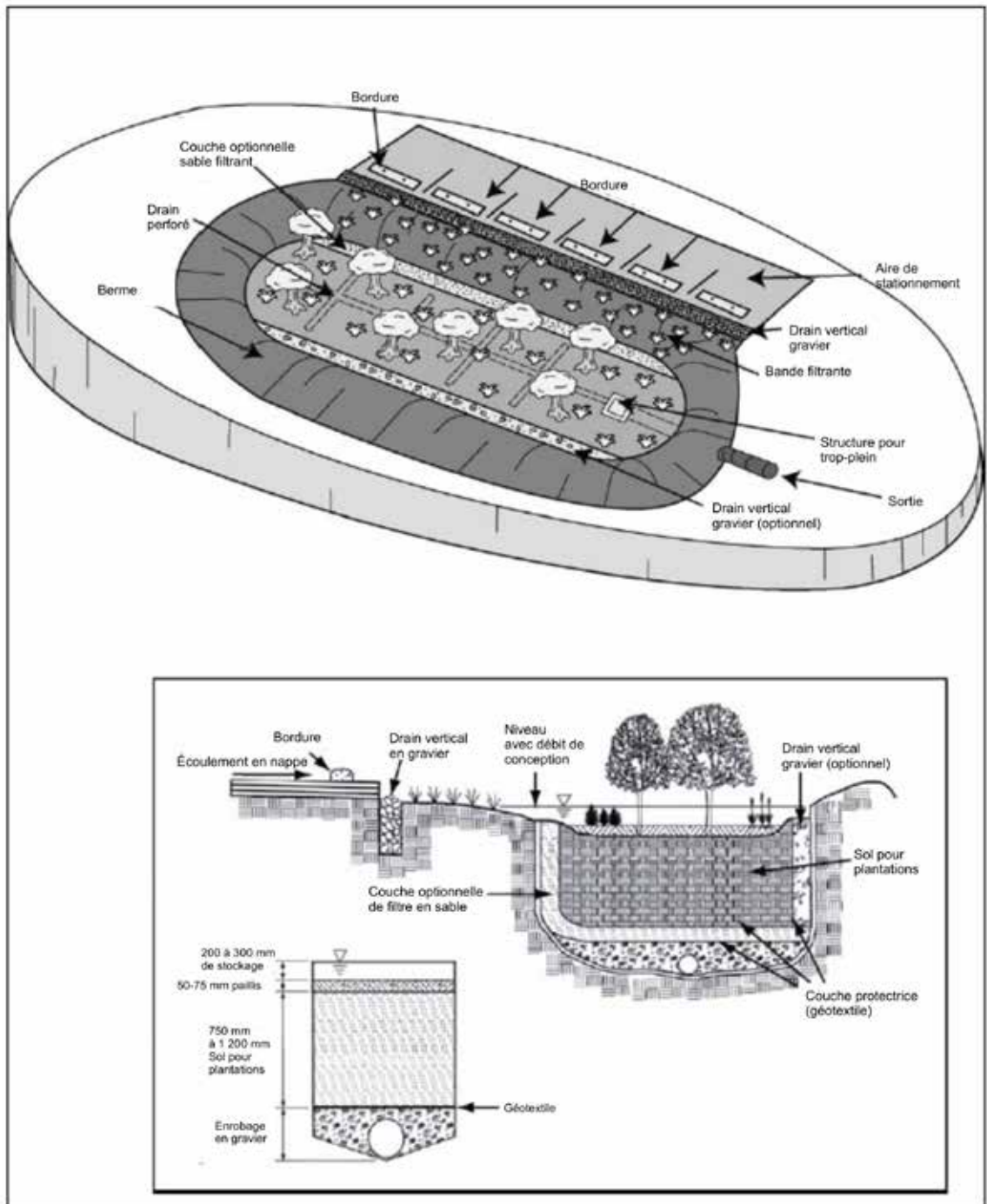


Figure 11.27 Vue schématique d'un système de biorétention avec drain perforé (adapté de Schueler, 2008).

machinerie;

- On ne peut drainer de grandes surfaces imperméables vers de petites surfaces aménagées sans effectuer des calculs de bilan hydrique et prévoir une évacuation des débits excédentaires (idéalement, le ratio entre les surfaces tributaires et celle des sols modifiés devraient se rapprocher de 1;
- Ne devrait pas être utilisé si le niveau de la nappe phréatique se maintient à 0,6 m de la surface du sol ou si

les sols existants sont saturés au printemps.

Critères et principes de conception

Le manuel de contrôle à la source de la région de Vancouver (GVSDD, 2005), le guide de la Colombie-Britannique (2005) ainsi que celui de la Pennsylvanie (2006) fournissent des recommandations pour la mise en oeuvre de ces techniques. Pour la réhabilitation d'un sol existant, il existe plusieurs approches pour faire la conversion à

un sol avec une meilleure capacité d'infiltration (C.-B., 2005) :

- Mélange avec un sol contenant de la matière organique (compost); ceci constitue l'approche la plus efficace;
- Scarification de la surface du sol;
- Aération du sol, ce qui requiert de l'équipement spécialisé.

Pour les nouveaux aménagements, certaines lignes directrices peuvent être suivies (GVSD, 2005) :

- Maximiser les surfaces avec un aménagement absorbant – soit existant ou construit – sur le site;
- Conserver le plus possible la forêt avec les arbres et les sols dans un état non remanié;
- S'assurer de fournir une épaisseur adéquate de sol pour les besoins en gestion des eaux pluviales – généralement un minimum de 150 mm pour les pelouses et 450 mm pour les arbres et arbustes. Un rendement supérieur pour l'infiltration peut être atteint si on utilise plutôt 300 mm pour la pelouse.

11.5.10 Biorétention / Jardin de pluie

Description générale

Le concept de biorétention pour la gestion des eaux pluviales a été développé au début des années 1990 dans le comté de Prince George au Maryland (PGCDEP, 2001). Le terme biorétention a été créé pour décrire une pratique intégrée de gestion qui utilise les propriétés chimiques, biologiques et physiques des plantes et des sols pour effectuer un contrôle quantitatif et qualitatif. Plusieurs designs ont été développés depuis une quinzaine d'années mais les caractéristiques fondamentales pour la conception demeurent les mêmes.

Essentiellement, les aires de biorétention (aussi appelées jardins de pluie) sont (figure 11.27) :

- Des dépressions peu profondes avec un aménagement paysager et un mélange de sols et de plantations adapté aux conditions climatiques pour recevoir les eaux pluviales provenant de petites surfaces tributaires;
- Des ouvrages qui sont conçus pour reproduire le plus fidèlement possible les conditions hydrologiques naturelles en maximisant l'infiltration, le stockage et la relâche lente des eaux de ruissellement;
- Des ouvrages de petite envergure répartis sur le territoire.

Les aires de biorétention peuvent avoir un impact significatif sur la qualité des eaux ruisselées en enlevant les polluants par plusieurs processus incluant notamment l'adsorption, la filtration, la volatilisation, l'échange d'ion et la décomposition (PGCDEP, 2001). Le ruissellement filtré pourra être subséquentement soit infiltré dans le sol environnant (fonctionnant ainsi comme un bassin d'infiltration ou un jardin de pluie) ou collecté par un drain perforé avant d'être retourné au réseau de drainage (fonctionnant comme un filtre à sable de surface). Le ruissellement pour les événements pluvieux rares est normalement redirigé par un trop-plein vers le réseau de drainage.

Applicabilité

Comme le montre les aménagements aux figures 11.28 et 11.29, le concept de biorétention peut être appliqué dans une variété de contextes :

- Îlots dans les aires de stationnement;
- Aux limites extérieures des aires de stationnement;
- Dans les terre-pleins centraux de boulevards ou d'autoroutes, les cul-de-sacs;
- Dans l'emprise des zones commerciales ou industrielles;
- Dans les aires communes des complexes d'appartements;
- Dans les cours avant ou arrière des maisons unifamiliales;
- Dans les zones perméables non utilisées d'un site;
- Au fond de bassin de rétention sec;
- Pour la réhabilitation d'un secteur.

Avantages

- Lorsqu'elles sont bien conçues et entretenues adéquatement, les aires de biorétention sont esthétiquement plus intéressantes avec l'aménagement de plantations;
- Contribue à réduire les volumes de ruissellement;
- Peut être très efficace pour l'enlèvement des sédiments fins, des métaux, des nutriments, des bactéries et des matières organiques;
- L'aménagement peut être très flexible et la sélection des espèces de plantes permet d'avoir une variété dans la conception;
- Peut être appliqué à plusieurs climats et conditions de sol, avec des modifications mineures à la conception;
- Parfaitement adapté pour plusieurs secteurs très imperméabilisés, comme les aires de stationnement;
- Contribue à réduire les dimensions et les coûts des ouvrages de contrôle en aval;



Figure 11.28 Applications diverses de la biorétention.

- Réduit les surcharges de réseau en aval et protège l'intégrité des cours d'eau;
- Fournit une recharge de la nappe et des débits de base pour les cours d'eau;
- Peut être utilisé pour la réhabilitation en modifiant les aménagements paysagers existants ou lorsqu'une aire de stationnement est repavée.

Limitations

- Ne peut être utilisé pour traiter de grandes surfaces tributaires, ce qui limite leur usage pour certains sites;
- Susceptible d'être colmaté par l'accumulation de sédiments – **un prétraitement est donc un élément essentiel à considérer lors de la conception;**
- Tend à occuper beaucoup d'espace (habituellement

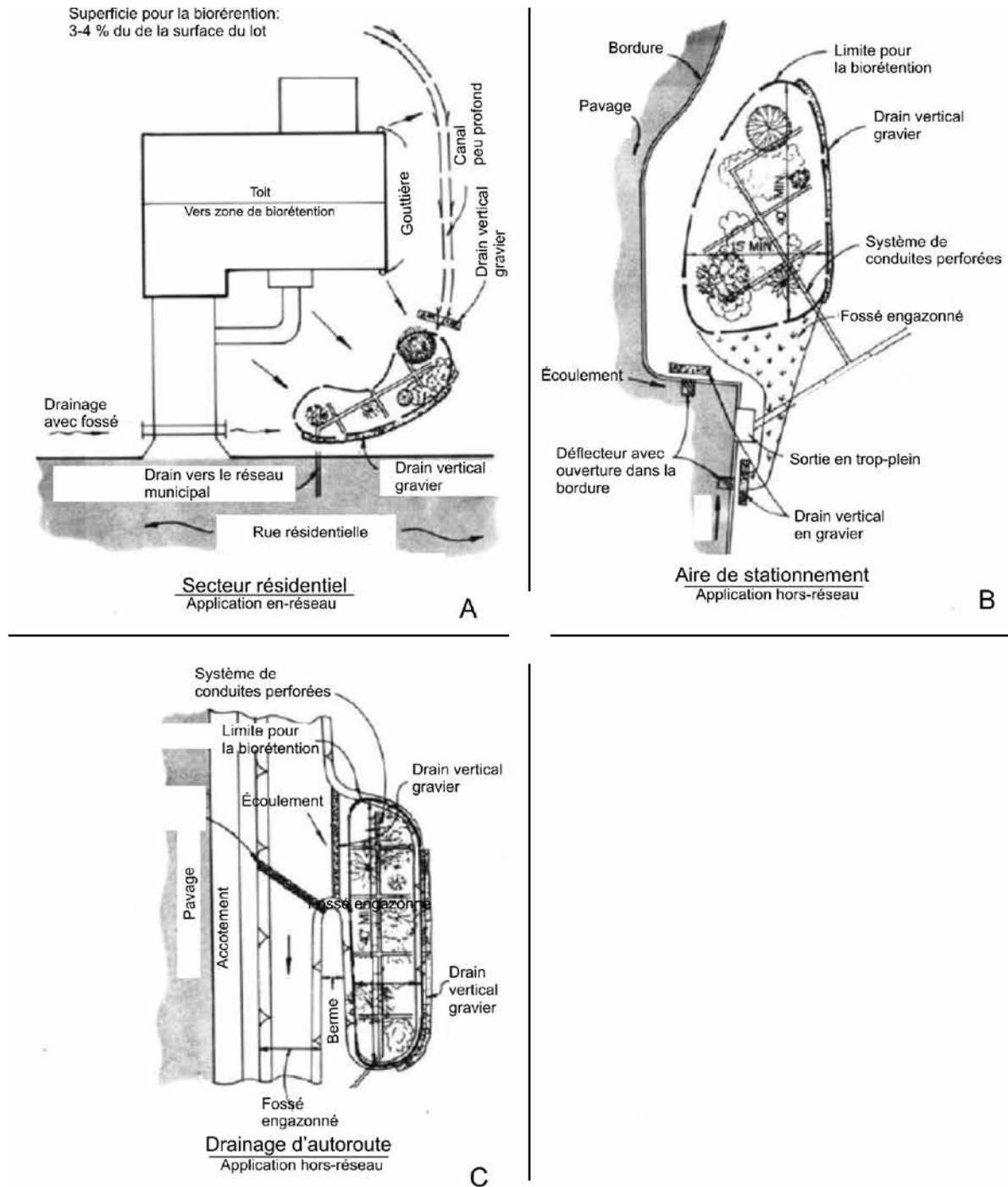


Figure 11.29 Exemples d'application de la biorétention dans divers contextes.

5 % de la surface tributaire qui se draine vers les aires de biorétention);

- Intégrer de la biorétention à des aires de stationnement peut réduire le nombre de cases disponibles;
- Les coûts de construction peuvent être relativement plus élevés que d'autres pratiques de gestion des eaux pluviales.

Critères et principes de conception

Avant de procéder à la conception, il y a lieu d'analyser les conditions spécifiques du site à l'étude pour s'assurer que les aires de biorétention sont bien une pratique appropriée (Barr, 2001):

- **Superficie.** Les aires de biorétention devraient habituellement être utilisées pour des sites de petites dimensions (de 1 ha ou moins comme surface tributaire);

- **Surface pour l'aire de biorétention.** Cette surface devrait être entre 5 % et 10 % de la surface imperméable qui se draine vers l'aire de biorétention;
- **Pente.** La pente devrait être idéalement inférieure à 5 %;
- **Sols.** Les aires de biorétention peuvent être appliquées avec la plupart des types de sol en modifiant les éléments de conception (par exemple en ajoutant un drain souterrain qui collectera les eaux si le sol en place n'est pas assez perméable pour permettre une infiltration). Dans tous les cas, des tests de percolation in situ doivent être complétés afin d'établir les caractéristiques du sol pour les capacités d'infiltration;
- **Nappe souterraine.** Une distance d'au moins 1.2 m entre le dessous du système de biorétention et la nappe phréatique devrait être maintenue en tout temps (particulièrement si le système est conçu en utilisant un principe d'infiltration);
- **Climat froid.** Les aires de biorétention pouvant être dans certains cas un site pour le stockage temporaire de neiges usées, on devra choisir des plantes appropriées qui sont tolérantes aux sels de déglçage.

Le guide de Prince George's County (2001) est le document de référence le plus complet pour la conception de ce type de système. D'autres références, qui décrivent en particulier l'usage de la biorétention pour des climats froids, incluent MPCA (2005), Hinman (2005), WERF (2008), Muthanna *et al.* (2007), VANR (2002) et Caraco (1997).

Comme l'illustrent les figures 11.30 à 11.33, quatre types de conception ont été développés pour les aires de biofiltration (PGC, 2001) :

- **Infiltration complète** (figure 11.30), qui est recommandé lorsqu'une recharge importante de la nappe est bénéfique. Les sols en place doivent avoir une capacité d'infiltration élevée (25 mm/h et plus);
- **Filtration avec recharge partielle** (figure 11.31). Ce concept inclut un drain qui permet de retourner une partie des eaux filtrées vers le réseau de drainage;
- **Filtration avec recharge partielle et drain surélevé** (figure 11.32). Ce concept inclut également un drain mais il est localisé plus haut de façon à créer une zone fluctuante aérobie/anaérobie sous le drain. Ce

concept peut se révéler plus approprié pour des charges de nutriments plus élevées (particulièrement des nitrates);

- **Filtration seulement** (figure 11.33), avec un drain et un géotextile étanche.

Le tableau 11.14 résume les caractéristiques de chaque variante.

Tableau 11.14
Résumé des caractéristiques pour chaque variante conceptuelle pour la biorétention (adapté de MPCA, 2005).

Type de biorétention	Variante	Critère pour le type de sol
Infiltration / recharge	Sans drain perforé	Plus haut potentiel de recharge (vidange dans un temps inférieur à 48 h)
Filtration avec recharge partielle	Drain perforé	Potentiel de recharge réduit (la vidange se fait dans un temps supérieur à 48 h)
Infiltration / filtration / recharge	Drain perforé surélevé	Pour charges plus élevées de nutriments et/ou contrôle quantitatif
Filtration seulement	Drain performée avec géotextile étanche	Secteur sensible à drainer

En se référant à la figure 11.34, la conception d'une aire de biorétention doit typiquement considérer les principaux éléments suivants (Barr, 2001; Georgia, 2001; PGC, 2001; MPCA, 2005; Hinman, 2005; Caraco, 1997; WEF, 2008) :

Prétraitement

Comme les unités de biorétention sont susceptibles d'être colmatées par l'apport non contrôlé de sédiments, il est essentiel de prévoir un prétraitement comme une bande filtrante ou un autre élément de traitement. La méthode la plus efficace pour réduire les apports en sédiments est de séparer le ruissellement contaminé de celui qui ne l'est pas. Le ruissellement non contaminé (les toits) peut être infiltré directement alors que celui qui l'est (route, aires de stationnement et entrées d'auto) doit être collecté et traité en utilisant un ou une série de PGO en combinaison. Comme le montre la figure 11.34, une tranchée avec du gravier grossier bien lavé est recommandée en

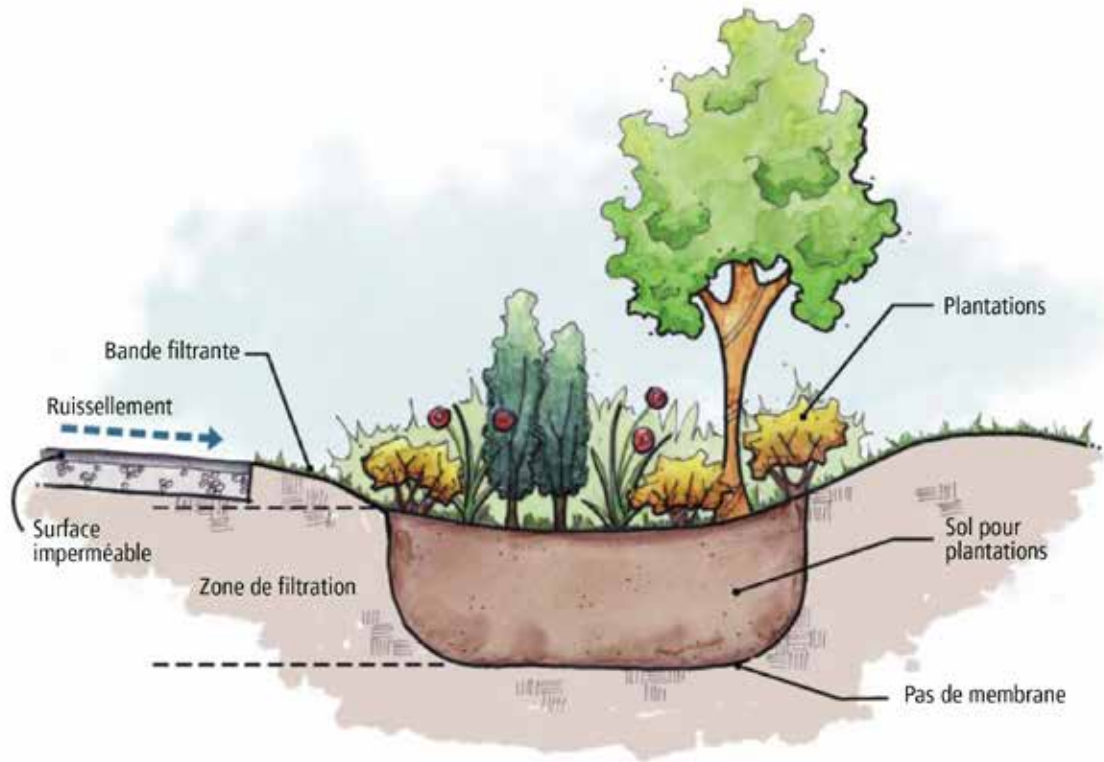


Figure 11.30 Section type sans drain (adapté de Hinman, 2005).

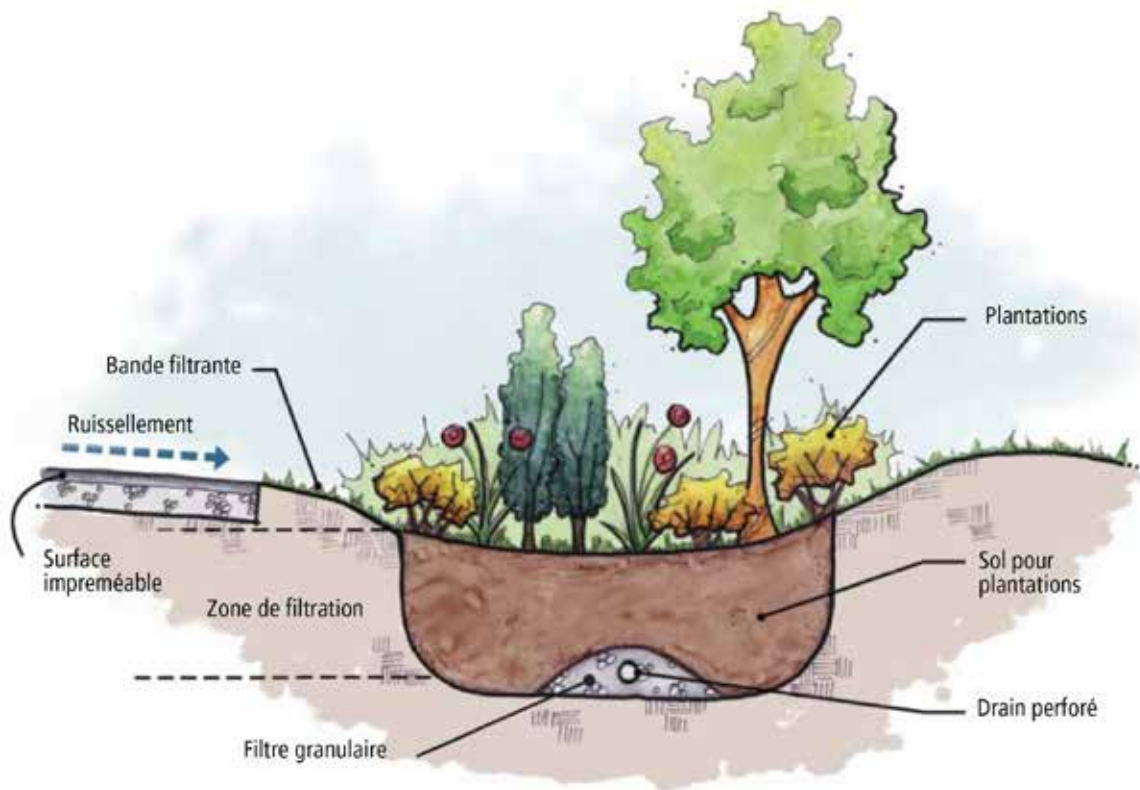


Figure 11.31 Section type avec drain (adapté de Hinman, 2005).

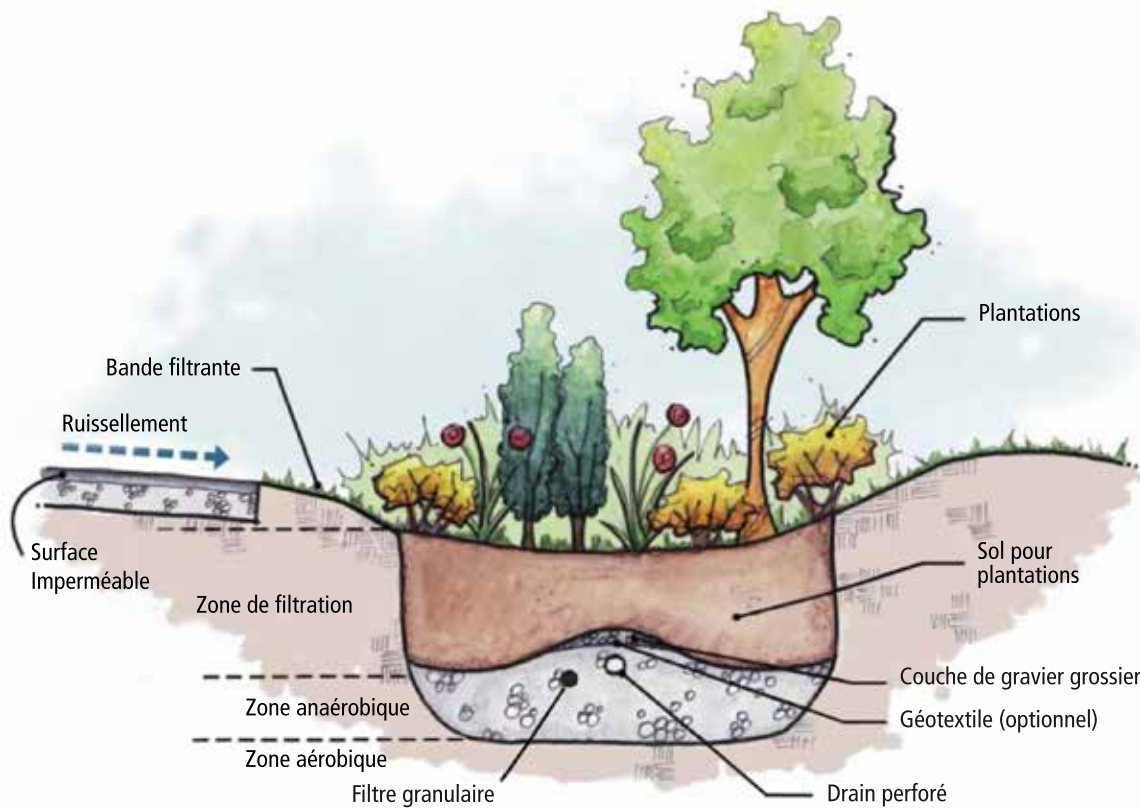


Figure 11.32 Section type avec drain surélevé (adapté de Hinman, 2005).

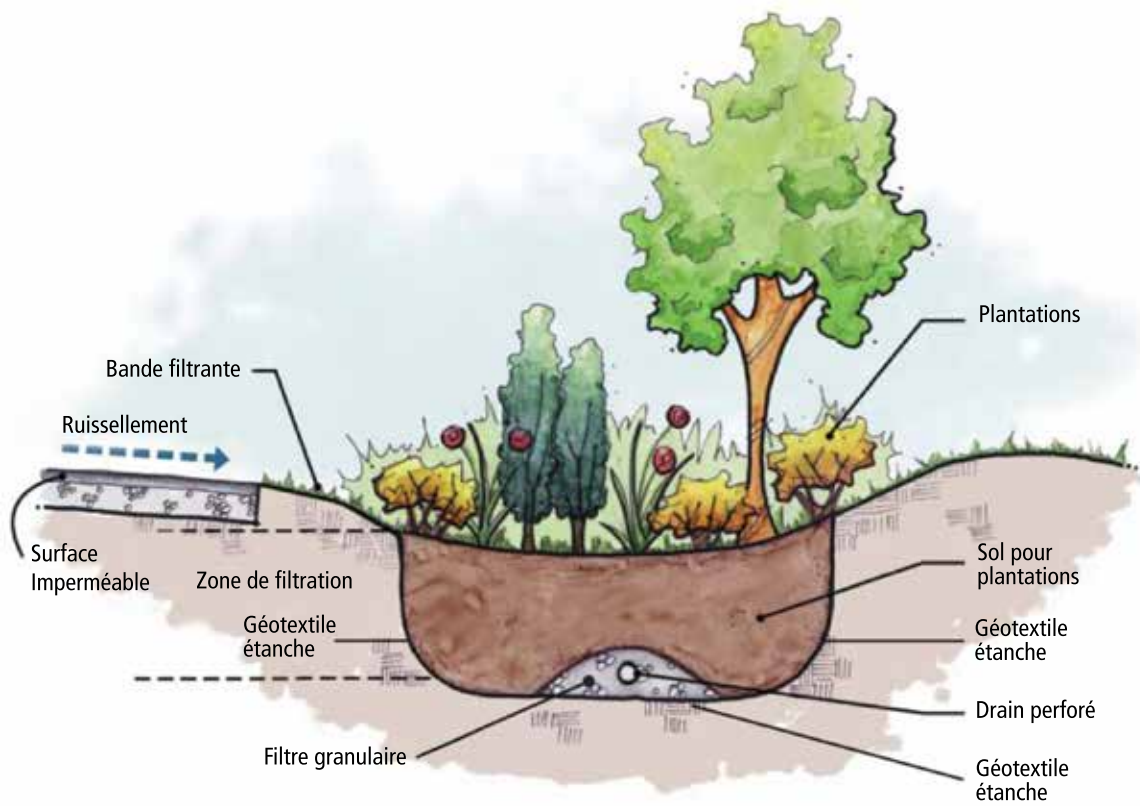


Figure 11.33 Section type pour filtration seulement – protection de la nappe phréatique (adapté de Hinman, 2005).

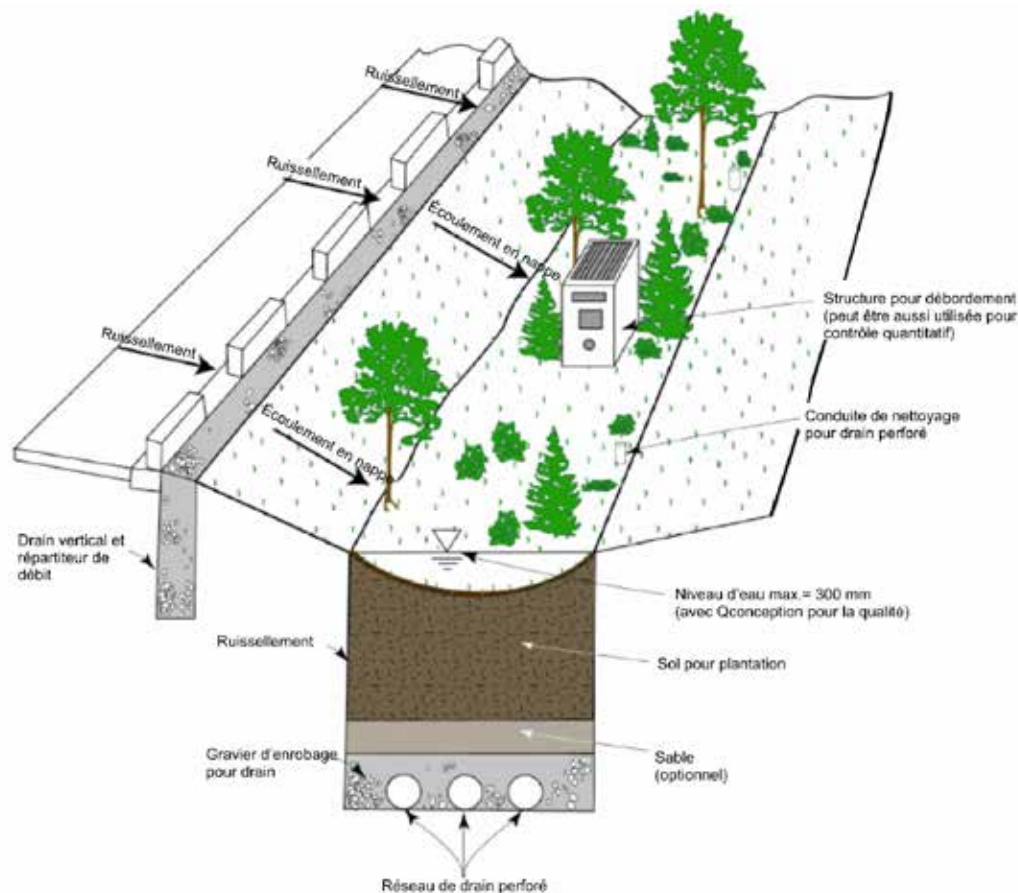


Figure 11.34 Composantes d'un système de biorétention (adapté de New Jersey (2004) et Claytor et Schueler, 1996).

Tableau 11.15

Recommandations pour le dimensionnement des bandes filtrantes comme prétraitement (adapté de MPCA, 2005).

Paramètre	Zones imperméables				Zones gazonnées			
	10	25	25	50	25	50	25	50
Longueur maximale d'approche (m)	10	25	25	50	25	50	25	50
Pente de la bande filtrante	≤ 2%	> 2%	≤ 2%	> 2%	≤ 2%	> 2%	≤ 2%	> 2%
Longueur minimum de la bande filtrante	3 m	4,5 m	6 m	7,5 m	3 m	3,6 m	4,5 m	5,5 m

amont d'une bande filtrante comme répartiteur de débit. Il est recommandé d'inclure le plus de mécanismes possible pour le prétraitement (bande filtrante, tranchée de pierre, paillis, cellule de prétraitement ou séparateur hydrodynamique) (MPCA, 2005).

Le tableau 11.15 donne des recommandations quant à la longueur de la bande filtrante pour le traitement.

Si un canal engazonné est utilisé comme prétraite-

ment, il est recommandé qu'il soit d'une longueur d'au moins 6 m, de forme parabolique ou trapézoïdale avec une largeur au fond variant de 0,6 m à 2,4 m, de pente latérale inférieure à 3H :1V, avec des vitesses d'écoulement qui soient inférieures à 0,3 m/s avec l'événement de conception (contrôle de la qualité) et une profondeur d'écoulement inférieure à 100 mm (MPCA, 2005).

Surface tributaire

Il est recommandé que le système de biorétention soit équivalent à 5 à 10 % de la surface tributaire imperméable (MPCA, 2005).

Surface pour le stockage

L'aire de stockage en surface fournit un volume d'accumulation pour l'eau avant qu'elle ne s'infilte à travers le sol, tout en permettant l'évaporation et la déposition des sédiments. Une hauteur maximale d'eau entre 150 et 225 mm devrait être prévue, au-delà de laquelle l'excédent devra être évacué directement vers le réseau de drainage. La surface minimale du système de biorétention devrait être

de l'ordre de 20 m² (MPCA, 2005)

Le dimensionnement de la surface, pour une variante **sans drain perforé**, s'effectue avec l'équation 11-2 (MPCA, 2005) :

$$A = (V_Q \times d_f) / ((i \times (h_f + d_f)) \times t_f) \quad (11-2)$$

Où A = surface du lit de biorétention (m²)

V_Q = volume pour le contrôle de la qualité (m³)

d_f = profondeur du lit filtrant (m)

i = taux d'infiltration (m/jour)

h_f = hauteur d'eau moyenne au-dessus du lit pour les conditions de design (m)

t_f = temps de vidange maximal (48 h)

Les taux d'infiltration pour la conception devraient être établis avec des tests in situ de percolation.

Pour une variante **avec drain perforé**, le calcul de la surface s'effectue avec l'équation 11-3 (MPCA, 2005) :

$$A = (V_Q \times d_f) / ((k \times (h_f + d_f)) \times t_f) \quad (11-3)$$

Où A = surface du lit de biorétention (m²)

V_Q = volume pour le contrôle de la qualité (m³)

d_f = profondeur du lit filtrant (m)

k = coefficient de perméabilité du média filtrant (pris à 0,15 m/jour (Claytor et Schueler, 1996) pour tenir compte du colmatage).

h_f = hauteur d'eau moyenne au-dessus du lit pour les conditions de design (m)

t_f = temps de vidange maximal (48 h)

Couche de paillis

La couche de paillis a plusieurs fonctions. Elle protège le sol de l'érosion, retient l'humidité, fournit un médium adéquat pour la croissance biologique et la décomposition de la matière organique tout en filtrant en partie les polluants. Plusieurs guides donnent des recommandations sur les caractéristiques du paillis (PGC, 2001; MPCA, 2005; Hinman, 2005; WEF, 2008).

Couche de sol pour les plantations

Cette couche fournit l'eau et les nutriments nécessaires pour supporter les plantations dans l'unité de biorétention. L'eau de ruissellement s'infiltré à travers le sol où les polluants seront enlevés par des mécanismes de filtration, adsorption, évapotranspiration par les plantes et dégradation biologique. Plusieurs mélanges de sols sont recommandés dans la littérature et il convient de consulter les guides qui ont des recommandations spécifiques pour

les conditions froides (Philadelphie, 2006; MPCA, 2005; WEF, 2008).

Drain (si on ne maximise pas l'infiltration)

Un drain (conduite perforée dans un lit de gravier) peut être installé pour collecter et acheminer vers le réseau de drainage les eaux après filtration dans le sol. Dépendant des objectifs de traitement et des contraintes spécifiques du site (par exemple la possibilité de contamination de la nappe phréatique), le système de biorétention peut inclure ou non un tel drain.

Système de trop-plein ou de bypass

Le système de biorétention doit inclure un mécanisme permettant d'évacuer les eaux de ruissellement lors d'événements pluvieux plus importants que le débit de conception (qui ne seront pas traités par l'unité de biorétention). Normalement, le débit de conception correspond au débit pour le contrôle de la qualité et on inclura au système un trop-plein (figure 11.35), qui rejettera les eaux vers le réseau (voir figure 11.36 pour une configuration possible). Une autre option consiste à prévoir en amont de la biorétention un système de bypass qui fera en sorte de n'acheminer que les débits de conception vers le traitement, les débits plus importants étant détournés en amont vers le réseau de drainage. Claytor et Schueler (1996) donnent plusieurs approches pour effectuer ce détournement en amont.



Figure 11.35 Trop-plein mis en place dans un système de biorétention (GVRD, 2005).

Plantations et aménagement paysager

Les plantations jouent évidemment un rôle fondamental

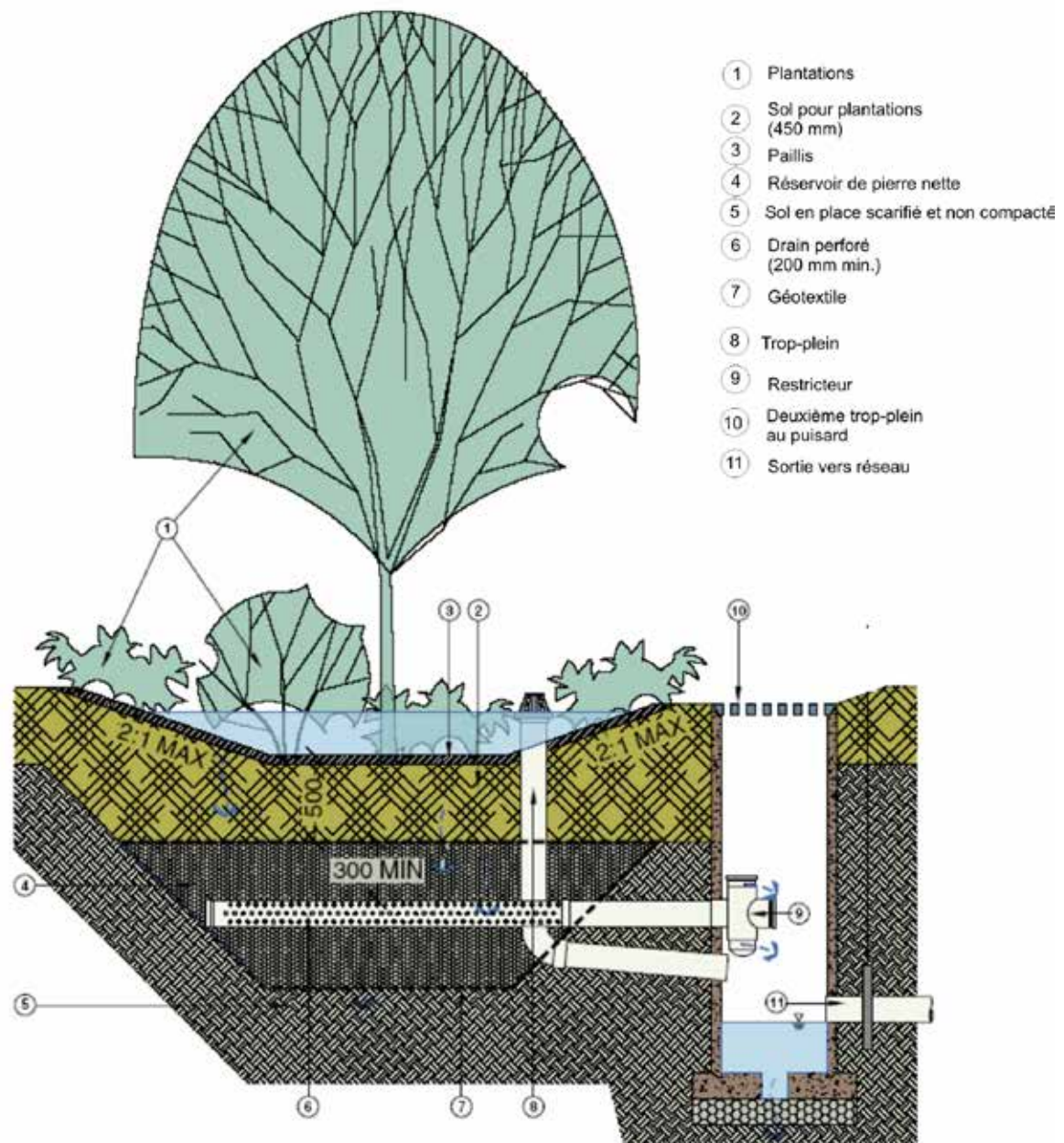


Figure 11.36 Section-type illustrant le raccordement d'un trop-plein avec restricteur mis en place dans un système de biorétention (adapté de GVRD, 2005).

dans la conception d'un système de biorétention. Les espèces de plantes et d'arbustes doivent être sélectionnées pour reproduire des conditions d'un écosystème naturel tout en étant assez résistantes pour survivre à des périodes d'inondation alternant avec des périodes de sécheresse et à l'apport d'eau de ruissellement chargée avec des sels de déglacage. On pourra consulter certaines références quant à l'utilisation des plantes (Philadelphie, 2006; Barr, 2001; Hinman, 2005; MPCA, 2005; New Jersey, 2004; GVRD, 2005; Shaw et Schmidt, 2003) mais le recours à des spécialistes en aménagement paysager est recommandé.

Remontée de la nappe

Un calcul de remontée de la nappe devrait être complété lorsque la variante avec infiltration est utilisée pour vérifier si cet élément n'est pas un facteur critique. Une distance minimale de 1,0 m devrait être maintenue entre le dessous de l'unité de biorétention et le niveau de la remontée. **Adaptations pour climat froid**

Plusieurs études et guides récents (WERF, 2008; Muthana *et al.* (2007); MPCA, 2005; Schueler, 2008; TRC, 2007) ont permis d'établir que les systèmes de biorétention pouvaient bien fonctionner dans les climats froids, mais qu'il

fallait adapter la conception. Les recommandations incluent notamment :

- Un système qui est relativement sec lorsque l'hiver commence réagira plus rapidement et traitera le ruissellement dû à la fonte des neiges plus efficacement lorsque la fonte commencera (MPCA, 2005). Par conséquent, il est recommandé d'utiliser en tout temps un drain, qui peut être toutefois fermé avec une vanne (si on veut maximiser l'infiltration – voir figure 11.36) et qui pourra être ouvert à la fin de l'automne pour sortir l'eau. Un diamètre de 200 mm (plutôt que 150 mm) est recommandé pour minimiser la possibilité de gel (MPCA, 2005);
- Les systèmes avec biorétention devraient idéalement fonctionner pour n'accueillir que les débits de conception (contrôle de la qualité) avec un trop-plein pour les débits plus importants. Bien qu'une profondeur de stockage en surface entre 150 mm et 300 mm puisse être utilisée pour une certaine rétention, le contrôle quantitatif nécessitera dans la plupart des cas un autre ouvrage de rétention (soit en amont ou en aval). Le volume nécessaire pour le contrôle de la qualité devrait être stocké avec une hauteur d'eau de moins de 300 mm;
- Des matériaux grossiers plus perméables et se drainant bien (sans silt ou argile) contribuent à diminuer la durée pendant laquelle le sol est saturé, avec une régénération plus rapide de la capacité d'absorption entre 2 événements (WERF, 2008; MPCA, 2005). Un type de matériau filtrant se comportant bien avec des



Figure 11.37 Fonctionnement d'un système de biorétention pendant l'hiver (TRC, 2007).

conditions hivernales est le suivant (MPCA, 2005) :

Mélange bien intégré et homogène de sable de construction 20-70 % avec 30-50 % de compost de feuille. Le sable devrait être un sable propre de construction (AASHTO M-6 ou ASTM C-33 avec des dimensions de grain entre 0,5 mm et 1 mm.

- Il est très important de veiller durant la construction à protéger la capacité d'infiltration de sols en place en évitant la compaction et l'apport de sédiments pouvant colmater le milieu filtrant ou le sol;
- Il est recommandé d'installer un drain perforé avec un bouchon ou une vanne à la sortie pour offrir la possibilité d'opérer soit en mode infiltration (vanne fermée) ou en mode filtration (vanne ouverte). L'ouverture de la vanne à la fin de l'automne permet d'assécher le filtre avant les conditions hivernales;
- Un entretien régulier doit être effectué.

11.5.11 Toits verts

Description générale

Un toit vert est un espace vert qu'on crée en installant plusieurs couches de substrat de croissance et des plantes sur une couverture traditionnelle (figure 11.38). Il ne faut pas confondre cette technologie avec les jardins installés à des endroits accessibles d'un toit-terrasse ou d'une terrasse par l'ajout de pots à fleurs et de jardinières déplaçables.

Les toitures vertes et les jardins verticaux constituent des pratiques bien établies dans de nombreux pays européens, là où les décideurs ont mis en oeuvre



Figure 11.38 Exemple d'aménagement pour un toit vert (Ville de Portland).

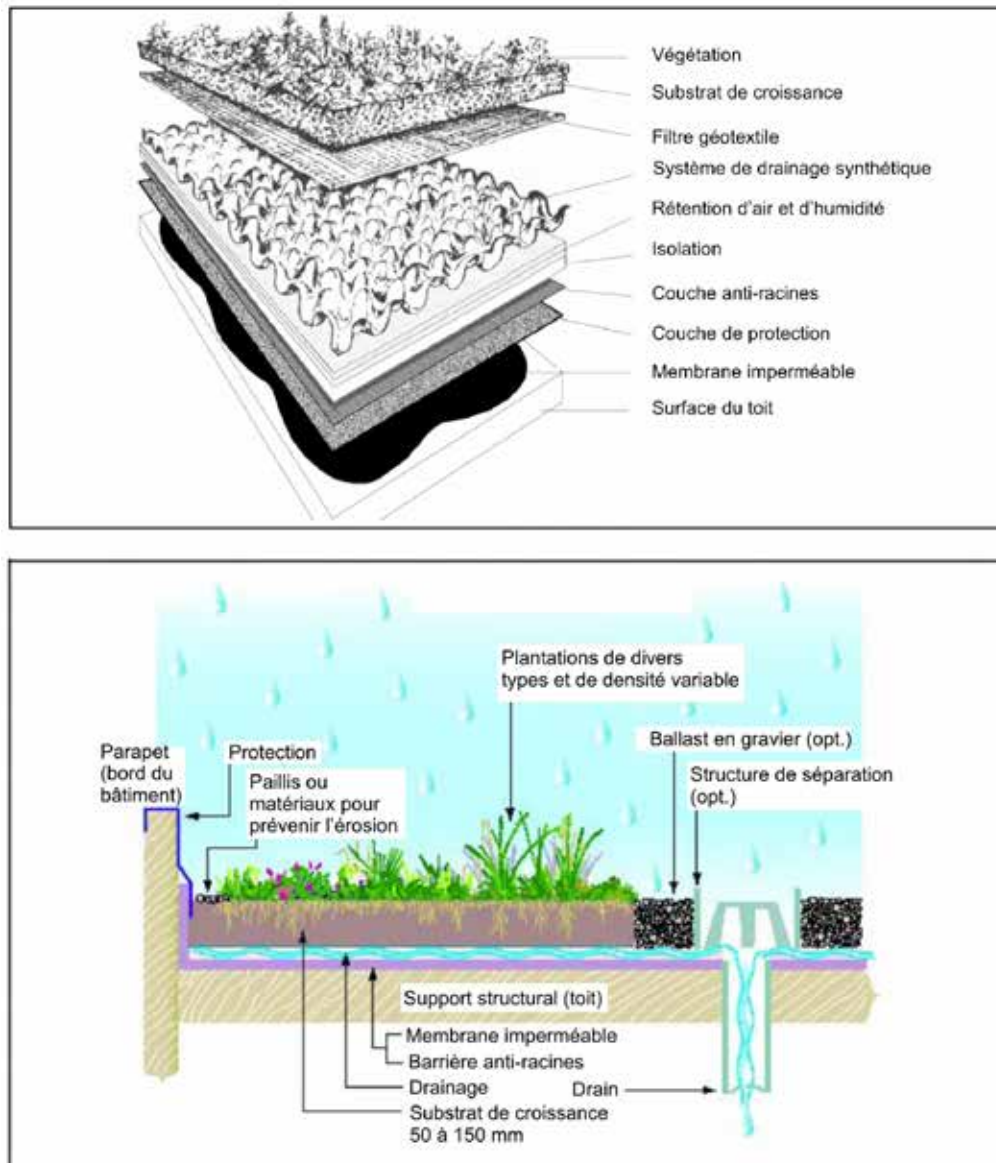


Figure 11.39 Principales composantes d'un toit vert (adapté de Barr, 2001; Philadelphie, 2006).

différentes mesures de soutien (CIRIA, 2007). Bien que ces technologies ne soient pas entièrement inconnues au Canada, on n'y a très peu recours actuellement. Des recherches récentes se sont toutefois penchées sur ces approches et leur applicabilité au Canada, puisqu'elles offrent de nombreux avantages pas seulement reliés à la gestion des eaux pluviales (Peck *et al.*, 1999; GVRD, 2005; Banting *et al.*, 2005; TRCA, 2006). La Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL) a notamment financé des travaux de recherche qui visaient à mieux comprendre les avantages découlant des technologies propres aux toitures vertes et aux jardins verticaux ainsi que les obstacles à leur application plus étendue au Canada. Des documents sont disponibles sur le

site internet de la SCHL.

Les installations de toitures vertes diffèrent des bacs à plantation en ce sens qu'elles forment un tout avec la couverture. Les toitures vertes comportent généralement les composants suivants (voir figure 11.39) :

- une charpente de toit et probablement de l'isolant;
- une membrane imperméable à laquelle on intègre souvent un écran antiracines ;
- un système de drainage, jumelé à l'occasion à des réservoirs de stockage intégrés;
- une membrane géotextile destinée à contenir le sol et les racines ;
- un milieu de croissance spécialisé des végétaux;

Tableau 11.16
 Comparaison des systèmes de toit vert intensif et extensif
 (Peck et Kuhn, 2001).

Toit vert extensif	Toit vert intensif
Substrat mince; peu ou pas d'irrigation; conditions difficiles pour les plantes; faible diversité dans le choix de plantes.	Sol profond; système d'irrigation; conditions faciles pour les plantes; grande diversité de plantes; souvent accessible.
<p>Avantages :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Léger; renforcement de la structure du toit rarement nécessaire; • Idéal pour les grandes surfaces; • Convient aux toits de 0 à 30 degrés de pente; • Faible entretien et longue durée; • Systèmes d'irrigation et de drainage spécialisé rarement nécessaires; • Expertise technique moins cruciale; • S'intègre bien à des travaux de rénovation; permet une végétation spontanée; • Peu onéreux; • Apparence plus naturelle; • Le service municipal d'urbanisme peut plus facilement l'exiger comme condition à l'autorisation de construire. <p>Inconvénients :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Efficacité énergétique et rétention des eaux pluviales moindres; • Choix de plantes plus restreint; • Rarement accessible pour des loisirs ou d'autres fonctions; • Repoussant pour certains, surtout l'hiver. 	<p>Avantages :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Plus grande diversité de plantes et habitats; • Bonnes propriétés isolantes; • Peut simuler un jardin naturel au sol; • Peut être très beau; • Souvent accessible et permet des fonctions variées : loisirs, espace vert, potager, etc.; • Efficacité énergétique et rétention des eaux pluviales supérieures; • Durée supérieure de la membrane. <p>Inconvénients :</p> <ul style="list-style-type: none"> • charge sur le toit supérieure; • nécessité de systèmes d'irrigation et de drainage, d'où consommation d'énergie, d'eau et de matériaux; • coûts d'immobilisation et d'entretien supérieurs; • systèmes et expertise plus complexes.

- des plantations judicieusement sélectionnées.

La barrière entre les végétaux et les ouvertures, les murs en surélévation ou les solins du toit constituent un élément primordial pour empêcher la pénétration des racines et permettre à l'eau de s'évacuer.

Il existe deux principaux types de toitures vertes : extensives et intensives. La toiture verte **extensive** se caractérise par son faible poids, son coût d'immobilisation abordable, la faible diversité de la végétation et le fait qu'elle exige peu d'entretien (Peck et Kuhn, 2001). La toiture verte **intensive**, qui est souvent accessible, est dotée quant à elle d'une plus forte épaisseur de terre et d'une plus grande quantité et diversité de végétaux qui demandent davantage d'entretien. D'autres différences entre les deux types de toitures vertes sont présentées au tableau 11.16.

Applicabilité

L'utilisation de toits verts peut s'adapter à plusieurs situations, mais elle est particulièrement intéressante dans des milieux densément urbanisés pour des bâtiments industriels, commerciaux, institutionnels et multi-résiden-

tiels. La technique est applicable à des toits plats et, avec une conception appropriée, à des toits avec des pentes de 20 ° ou plus (Peck et Kuhn, 2001). Le guide allemand FFL (1995), qui est le seul standard international pour la conception des toits verts, décrit les différents cas où la mise en place de toits verts n'est pas appropriée.

Avantages

Les technologies liées aux toitures vertes et aux jardins verticaux présentent une gamme étendue d'avantages publics et privés, environnementaux, économiques et sociaux (Peck et Kuhn, 2001; Peck *et al.*, 1999; Banting *et al.*, 2005; TRCA, 2006; CIRIA, 2007). Un résumé est donné ci-après et on constate que la gestion des eaux pluviales n'est qu'un des avantages que peuvent procurer les toits verts (adapté de Barr, 2001) :

- Réduction et retardement dans le temps du ruissellement; amélioration de la qualité de l'eau;
- Contribution à améliorer la qualité de l'air en réduisant les niveaux de CO₂;
- Isolation des bâtiments, réduisant ainsi les coûts de chauffage et de climatisation;
- Propriétés de l'isolation et de l'insonorisation peu-

vent contribuer à rendre les bâtiments et leurs environs moins bruyants;

- Augmentation de la durée de vie utile du toit à cause de la protection des rayons ultraviolets et de l'impact mécanique de la pluie;
- Réduit les effets d'îlot de chaleur en refroidissant et humidifiant l'air environnant;
- Augmente et améliore les habitats pour les oiseaux et papillons, compensant partiellement pour le développement des bâtiments;
- Fournit des vues agréables à partir des autres bâtiments aux environs.

Concernant les avantages reliés à la gestion des eaux pluviales, plusieurs études (TRCA, 2006) ont permis d'établir que le taux de rétention moyen était de 60 % (avec une gamme variant de 39 à 72 %). Cette réduction du volume de ruissellement a également un impact sur la qualité des eaux rejetées. L'épaisseur du substrat a évidemment une influence marquée sur la rétention, mais cet impact diminue pour des épaisseurs plus grandes que 50 mm (TRCA, 2006). Un toit vert diminue aussi le temps de réponse hydrologique lors d'une pluie, en décalant les pointes de débit de 20 à 40 minutes (Liu et Minor, 2005).

Limitations

- Comme on encourage l'eau à rester plus longtemps sur le toit, une étanchéité déficiente peut être dommageable pour le bâtiment (des systèmes de détection électronique de fuites sont disponibles);
- Peuvent être coûteux à concevoir et à construire, particulièrement lorsqu'appliqué à des bâtiments existants;
- Les plantations sur un toit avec pente requièrent des mesures spéciales pour la protection contre l'érosion;
- L'entretien d'un toit vert implique généralement des coûts plus élevés que pour un toit conventionnel;
- Des conditions d'ensoleillement et de vent extrême présentent un défi pour la survie des plantations;
- Le poids de la neige peut limiter l'application à des toits ayant des capacités portantes suffisantes (ce qui peut engendrer des coûts importants pour modifier une structure existante dont la capacité doit être renforcée).

Critères de conception

Le seul document fournissant actuellement des procédu-

res standardisées au niveau international pour la conception des toits est le guide allemand FFL (1995). D'autres documents techniques produits par le gouvernement fédéral (Oberlander *et al.*, 2002; Peck et Kuhn, 2001; Peck et Callagan, 1999) ou d'autres provinces (GVRD, 2005) donnent également de l'information pertinente. Plusieurs manufacturiers nord-américains qui produisent et distribuent différents types de membranes et d'équipements spéciaux rendent disponible de la documentation technique pour la conception des toits verts.

La conception et la mise en place d'un toit vert sont assez simples, pourvu qu'on tienne compte d'un certain nombre de points essentiels (Peck et Kuhn, 2001). Il faut souligner que chaque toit vert est unique, tout comme chaque emplacement, chaque immeuble, chaque propriétaire d'immeuble et chaque utilisateur. La figure 11.40 illustre les composantes dont il faut déterminer les caractéristiques, en tenant compte notamment des fonctions recherchées pour le toit vert, de son emplacement, de la structure (en particulier pour des bâtiments existants qui devront faire l'objet d'analyses pour établir leurs capacités portantes), du processus d'autorisation réglementaire, des entrées et sorties, de la couverture et des plantes (Peck et Kuhn, 2001; GVRD, 2005). La conception d'un toit vert nécessite normalement la formation d'une équipe pluri-disciplinaire incluant l'architecte, les ingénieurs en structure et en mécanique du bâtiment ainsi évidemment qu'un spécialiste en aménagement paysager. La conception doit se faire en gardant à l'esprit les activités d'entretien, qui deviendront à long terme un point essentiel pour assurer la pérennité de l'ouvrage.

11.5.12 Blocs ou revêtements perméables

Description générale

Ce type de pratique réduit la quantité de ruissellement en permettant à l'eau de passer à travers des surfaces qui seraient normalement imperméables, avec un taux de ruissellement de surface plus élevé. L'eau peut soit s'infiltrer dans le sol si la perméabilité le permet ou être intercepté par un réseau de drains perforés et être acheminée vers un réseau de drainage.

Ce type d'installation a été peu utilisée au Québec jusqu'à maintenant, probablement à cause des problèmes potentiels d'opération en conditions hivernales et du phénomène de colmatage, qui peut venir réduire l'efficacité à long terme. Les méthodes de conception et les caractéris-

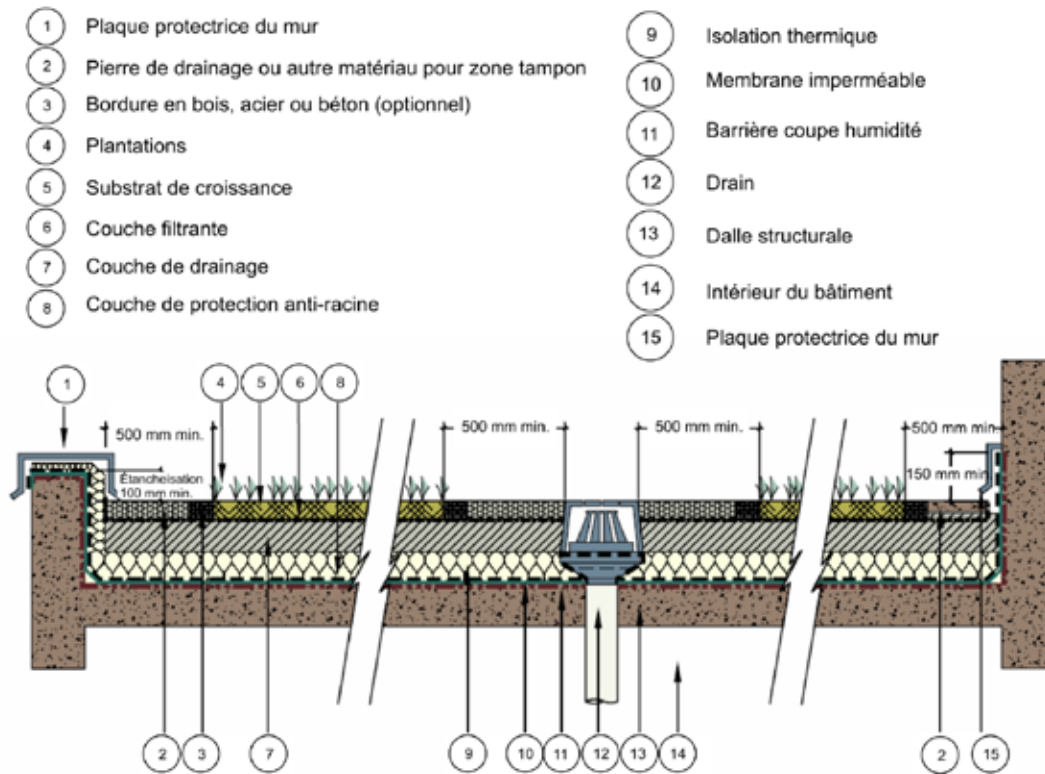


Figure 11.40 Éléments de conception pour un toit vert (adapté de GVRD, 2005).

tiques des matériaux ont toutefois beaucoup évolué ces dernières années et, considérant les résultats de plusieurs études qui démontrent une réduction appréciable des débits et volumes de ruissellement (TRCA, 2008; James, 2002 et 2004; Bean *et al.*, 2007; Booth et Leavitt, 1999; Ferguson, 2005), ces techniques auraient avantage à être considérées pour certaines applications.

L'utilisation de revêtements poreux pose certains défis au concepteur puisque, contrairement à des revêtements conventionnels qui sont relativement imperméables, les revêtements poreux permettent à l'eau de s'infiltrer vers les couches de fondation, ce qui peut affecter l'intégrité structurale avec de lourdes charges ou en conditions de gel-dégel. La conception des matériaux et de la fondation doit tenir compte à la fois de deux objectifs, qui peuvent être contradictoires : assurer une capacité structurale adéquate avec une perméabilité acceptable.

On peut distinguer plusieurs catégories quant aux caractéristiques des revêtements (Hinman, 2005) :

- Béton poreux ou mélange d'asphalte poreux, qui sont obtenus en éliminant ou réduisant les matériaux plus fins (sable et plus fin) et avec des ajouts spécifiques dans certains cas pour modifier davantage les caractéristiques;
- Blocs, en différents matériaux, préfabriqués ou coulés

en place (figure 11.41);

- Systèmes en plastique (réseau de mailles) qui sont fabriqués en rouleau et sont recouverts de sol (avec gazon ou gravier) (figure 11.42).

Certaines études ont permis d'établir que les systèmes de blocs poreux peuvent être utilisés avec succès dans un climat froid et qu'ils étaient moins exposés au colmatage que les alternatives avec du béton ou de l'asphalte po-



Figure 11.41 Blocs de béton poreux comme revêtement de surface.

reux (James, 200; GVSD, 2005). Par ailleurs, l'utilisation de sable comme matériau de sous-fondation est moins recommandable car elle diminue les capacités d'infiltration (TRCA, 2008). L'épandage de sable en hiver n'est pas non plus approprié puisqu'il peut accélérer le processus de colmatage du revêtement.

Applicabilité

Les sites les plus appropriés sont les zones avec une faible circulation qui ne sont pas exposées à des véhicules lourds (entrée d'auto, aires de stationnement, cour d'entreposage, pistes cyclables, sentier piétonnier (figure 11.43) et aire de jeux (figure 11.44).

Avantages

- Enlèvement de polluants potentiellement élevé;
- Réduction appréciable du volume de ruissellement;
- Réponse hydrologique décalée dans le temps à cause des processus d'infiltration;
- Amélioration esthétique des aménagements.

Limitations

- Les coûts de certains revêtements poreux sont plus élevés que les matériaux traditionnels;
- L'utilisation dépend des taux d'infiltration des matériaux en place;
- Les coûts d'entretien peuvent être plus élevés;
- Non recommandable pour des zones avec une circulation importante et lourde.

Critères de conception

La figure 11.45 montre des coupes typiques de systèmes avec blocs poreux ou de revêtement.

Le guide de la région de Vancouver (GVSD, 2005), ceux de Pennsylvanie (2006), de Philadelphie (2006) et de Portland (2003) ainsi que le rapport concernant le monitoring dans la région de Toronto (TRCA, 2008) donnent certaines recommandations quant à la conception des systèmes avec revêtement poreux. Spécifiquement pour des blocs poreux, trois types de systèmes sont envisageables (GVSD, 2005) :

- Infiltration complète;
- Infiltration partielle (avec drains perforés) (voir figure 11.46);
- Infiltration partielle (drains perforés) avec restricteur de débit (ce qui crée essentiellement un réservoir souterrain – à utiliser lorsque les capacités du sol sont trop faibles ou avec une nappe phréatique trop haute.



Figure 11.42 Système de pelouse renforcée (GVSD, 2005).



Figure 11.43 Aménagement de piste cyclable avec de l'asphalte poreuse.



Figure 11.44 Aménagement d'une cour d'école avec un revêtement poreux.

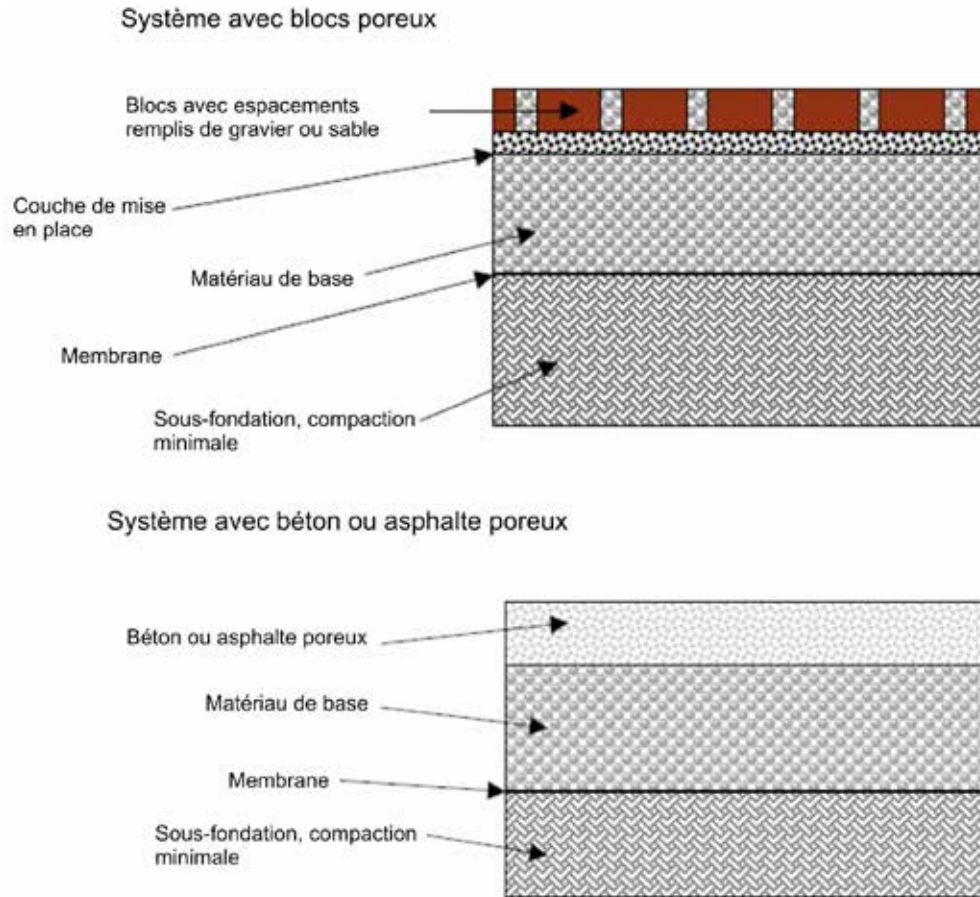


Figure 11.45 Coupes typiques de systèmes avec blocs poreux ou de revêtement (adapté de Portland, 2005).

- | | |
|---|--|
| ① Blocs perméables (épaisseur min. 80 mm) | ⑧ Drain perforé (diamètre 150 mm) |
| ② Assise d'agrégat (pas de sable) (50 mm) | ⑨ Géotextile pour le drain à la sortie |
| ③ Couche de fondation (épaisseur variable selon application) | ⑩ Grille pour trop-plein |
| ④ Sous-couche de fondation (épaisseur variable selon application) | ⑪ Exutoire vers le réseau
Niveau de la couronne sous la profondeur de gel |
| ⑤ Sol en place- horizontal et scarifié pour application avec infiltration | ⑫ Barrière en tranchée aux croisements de conduites |
| ⑥ Géotextile sur tous les côtés du réservoir | |
| ⑦ Grillage optionnel pour charges lourdes | |

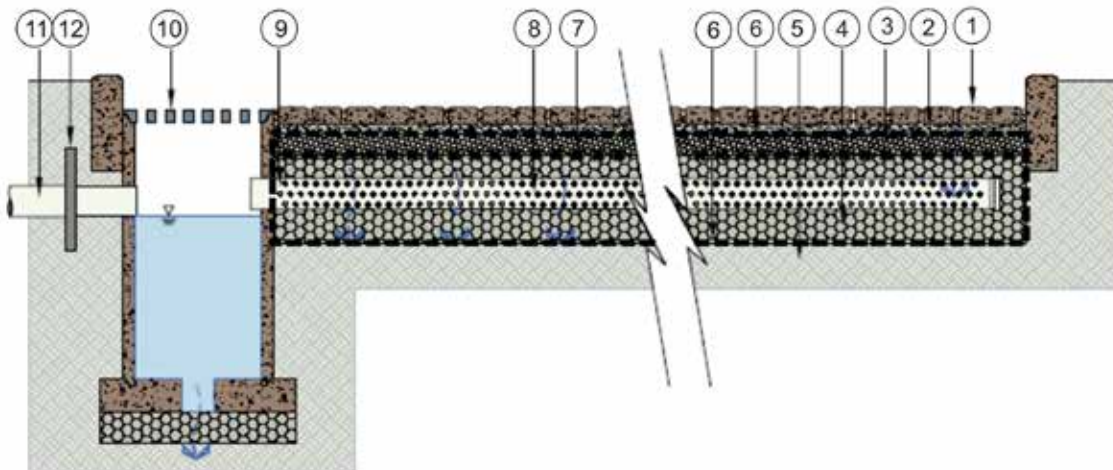


Figure 11.46 Système de blocs poreux avec infiltration partielle (adapté de GVRD, 2005).

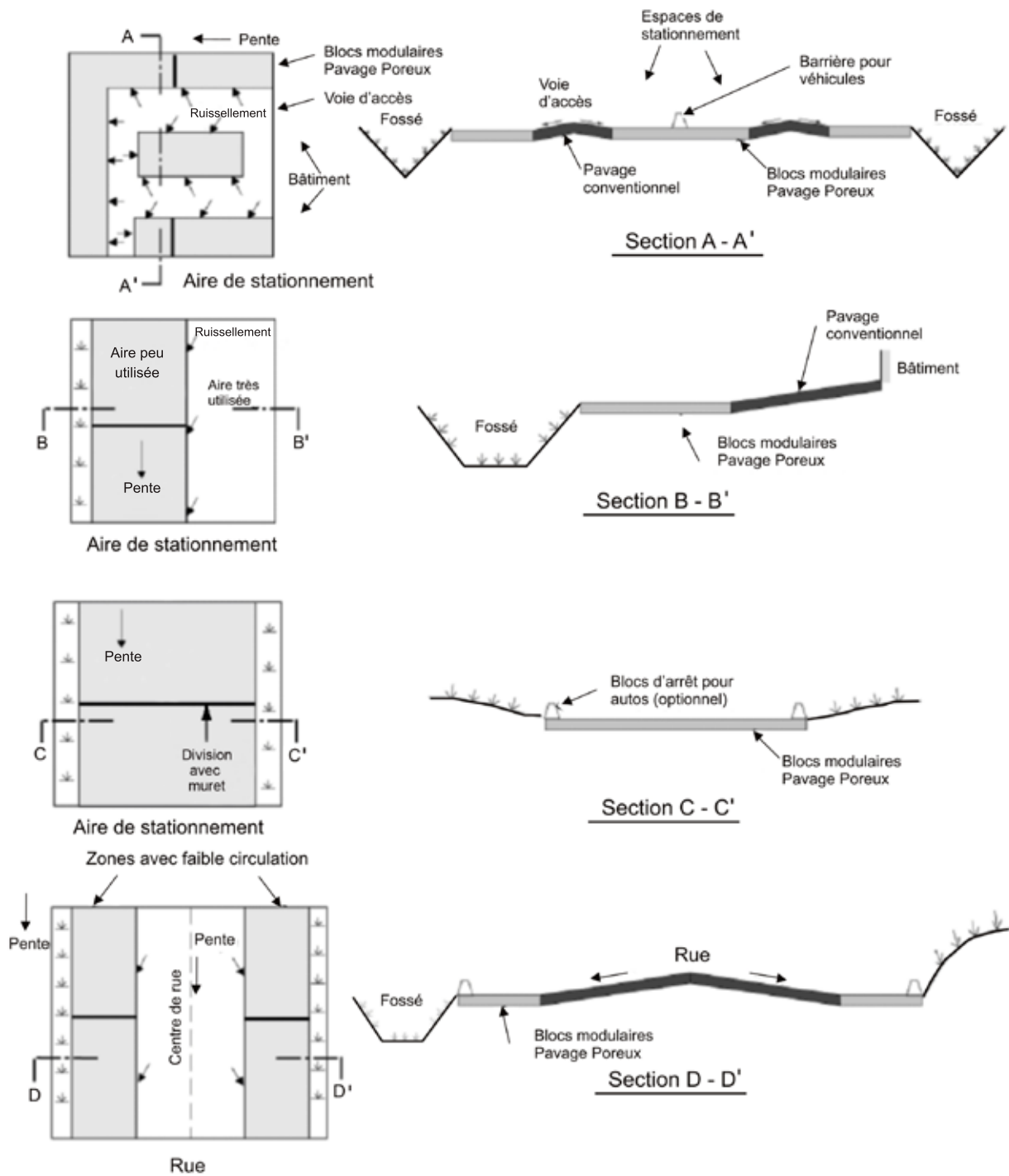


Figure 11.47 Concepts d'aménagements avec revêtements poreux (adapté de Denver, 2005).

Le taux d'infiltration minimum pour un système avec infiltration complète est de 12,5 mm/h (GVSD, 2005). L'agencement des surfaces avec revêtement poreux et avec revêtement conventionnel peut se faire selon différentes configurations (figure 11.47).

11.5.13 Séparateurs d'huiles et de sédiments

Description générale

Le terme séparateur d'huiles et de sédiments réfère à un groupe de technologies qui traitent les eaux pluviales essentiellement en utilisant la gravité pour enlever les particules décantables et la séparation de phase pour enlever les huiles et graisses de l'eau. Les différentes unités qui sont commercialisées sous différentes appellations n'atténuent généralement pas les débits de pointe puisqu'elles ont des volumes de stockage minimaux.

Les séparateurs sont souvent utilisés pour contrôler des déversements, comme unité de prétraitement pour d'autres PGO ou comme mécanisme de contrôle avant le rejet au milieu récepteur (MOE, 2003). Ils sont typiquement utilisés pour des sites de petites dimensions (inférieures à 2 ha) mais leur conception et dimensionnement sont dépendants de la fonction qu'ils doivent remplir.

Il existe plusieurs types de séparateurs qui peuvent être utilisés pour la gestion de la qualité des eaux pluviales et la terminologie peut rendre difficile la comparaison de différentes technologies (Minton, 2007 et 2005; SWAMP, 2004). Minton (2009) propose de distinguer au moins deux grandes classes : les séparateurs d'huiles et eau et les séparateurs d'huiles et sédiments. Les séparateurs d'huiles et eau sont habituellement conçus selon les normes de l'API (American Petroleum Institute, 1990) et ces séparateurs sont dimensionnés pour obtenir de hauts niveaux d'enlèvement d'huiles, de graisses et d'hydrocarbures. Ce type de séparateur est moins utilisé de façon générale pour la gestion des eaux pluviales (Washington, 2005).

Les séparateurs d'huiles et sédiments peuvent quant à eux être globalement classifiés de la façon suivante (SWAMP, 2004) :

- **Puisards avec fosse à sédiments.** Les puisards sont généralement conçus pour pouvoir accumuler une certaine quantité de sédiments dans une fosse. Si on ajoute en plus une sortie avec un T, on pourra capturer également une certaine quantité d'huiles;
- **Séparateurs d'huiles et graisses.** Aussi connu sous

le nom de trappe à graisse ou intercepteur de graisse. Ces unités se retrouvent dans les branchements de service pour les restaurants et d'autres types d'industries produisant des graisses;

- **Intercepteurs d'huiles.** Les intercepteurs acceptent généralement des débits plus grands que les intercepteurs de graisse; ces deux types de technologies ne sont pas habituellement conçus pour la gestion des eaux pluviales;
- **Séparateur d'huiles et sédiments,** qui est généralement le type de technologie utilisé pour la gestion des eaux pluviales.

Historiquement, puisque les séparateurs d'huiles et eau existaient avant dans l'industrie pétrolière, les premières applications pour la gestion des eaux pluviales utilisaient le séparateur de l'API (avec 3 chambres – voir SWAMP, 2004). Considérant que les chambres étaient de dimensions imposantes et qu'il y avait des problèmes de remise en suspension des particules lors de fortes pluies, plusieurs compagnies ont depuis une quinzaine d'années développé différents concepts pour réduire les dimensions des chambres, minimiser la remise en suspension et améliorer la séparation (SWAMP, 2004). Les différentes technologies peuvent être classées selon qu'elles utilisent un by-pass (ne traitant qu'une partie des débits annuels), un effet tourbillonnaire (*swirl action*), un tamisage (*screening action*), des mécanismes pour accentuer la coalescence et, enfin, une combinaison de plusieurs mécanismes.

Applicabilité

Les applications typiques pour les séparateurs d'huiles et sédiments sont (MOE, 2003; SWAMP, 2004) :

- Zones de stationnement ou pour des stations-services
- Aéroports;
- Zones commerciale ou industrielle;
- Prétraitement pour d'autres PGO;
- Traitement final avant le rejet au milieu récepteur;
- Réhabilitation de secteurs existants;
- Zones susceptibles d'être affectées par des déversements de matériaux plus légers que l'eau (garage pour autobus ou camions);
- Structures d'inspection pour des sites commercial ou industriel qui se drainent vers le réseau municipal.

Probablement un des usages les plus communs pour

les séparateurs d'huiles et sédiments est comme unité de prétraitement. Les bénéfices sont nombreux (Barr, 2001), incluant l'extension de la durée de vie des ouvrages pouvant être affectés par les sédiments, l'extension de l'intervalle pour lequel de l'entretien sera requis pour les bassins de rétention et l'amélioration de l'aspect esthétique des bassins en minimisant l'apport d'huiles et de sédiments.

Avantages

Les avantages qu'on peut rattacher à l'utilisation des séparateurs d'huiles et de sédiments sont nombreux (Barr, 2001) :

- Ils peuvent être utilisés pour réhabiliter de petits sites urbains où la mise en place de PGO de plus grandes dimensions ou à la surface du sol ne constitue pas une option viable;
- Ils effectuent un prétraitement des eaux de ruissellement avant d'autres PGO;
- L'accès pour la maintenance est relativement facile;
- La durée de vie est longue avec un entretien adéquat;
- Une conception standardisée permet une installation relativement facile;
- Ils sont compatibles avec les systèmes de drainage urbain.

Limitations

- Capacité d'enlèvement limité;
- Pas de contrôle sur le volume de ruissellement ou la réduction de débit;
- Des activités d'entretien fréquentes sont nécessaires;
- On doit disposer des sédiments et de l'huile de façon appropriée;
- Peuvent être coûteux à installer et à maintenir comparativement à d'autres PGO (ce qui explique qu'ils sont davantage appropriés lorsque les coûts de terrain sont élevés ou lorsque les ressources sont sensibles ou d'une grande valeur);
- Ne peuvent pas être utilisés pour l'enlèvement des huiles dissoutes ou émulsifiées;
- Les surfaces tributaires doivent être de petites dimensions.

Critères de conception

Les séparateurs d'huiles et sédiments sont de dimensions et de conception très variées et il peut devenir difficile de comparer la performance effective de différentes techno-

logies puisque les conditions lors des tests rapportés par différents manufacturiers ou des organismes d'accréditation peuvent être très variables. Plusieurs facteurs peuvent affecter la performance de ces PGO (SWMAP, 2004; MOE, 2003; Minton, 2005) :

- **Caractéristiques du site à l'étude.** Les différents paramètres à considérer ici sont le type d'occupation du sol, la distribution des particules, les concentrations à l'entrée de l'unité, le fait qu'il y ait ou non un volume de stockage en amont, les charges en sel de déglacage ou le fait que le système soit installé en réseau ou hors réseau (ce qui peut être important pour la remise en suspension);
- **Facteurs climatiques.** La quantité de pluie et son intensité ont une influence directe sur les débits ainsi que sur les dimensions de particules qui seront lessivées lors d'un événement intense. Les variations de précipitation durant l'année, avec des types d'événements pluvieux ayant des caractéristiques différentes selon les saisons, pourront également avoir un impact non négligeable sur la performance des séparateurs;
- **La conception de l'étude et l'approche utilisée pour les relevés.** Certains éléments spécifiques pourront avoir un impact sur le niveau de performance rapporté. Le type de calculs pour évaluer le pourcentage d'enlèvement, la prise en compte ou non des débits qui ne sont pas traités (by-pass) ainsi que les techniques d'échantillonnage utilisées sont tous des paramètres pouvant affecter significativement l'interprétation des résultats.

L'appréciation des niveaux de performance qui peuvent être atteints avec différentes technologies doit donc se faire en tenant compte de ces différents facteurs. Rappelons que les objectifs de contrôle pour la qualité sont de 80 % d'enlèvement des MES et de 40 % pour le phosphore avec au moins 90 % du volume annuel de ruissellement. Les résultats publiés par des organismes indépendants (TARP, 2003; ETV, 2005; Washington, 2006), suggèrent qu'il peut être difficile d'atteindre ces objectifs en utilisant uniquement des séparateurs et il pourra être nécessaire dans ces cas de les utiliser en combinaison avec d'autres techniques. Différents documents (SWAMP, 2004; New Hampshire DES, 2002; Toronto, 2006) ainsi que les sites internet suivants peuvent être consultés pour des analyses comparatives et des protocoles pour les mesures et le suivi :

- EPA (*Environmental Protection Agency*), avec le programme *Environmental Technology Verification* (ETV) (<http://www.epa.gov/etv/vt-wqp.html#SWSATD>).
- EPA (*New England*), qui donne une liste des différentes technologies avec des informations pertinentes. (<http://www.epa.gov/region1/assistance/ceitts/stormwater/techs.html>).
- *Washington State Department of Ecology*, qui détermine des niveaux de développement pour chaque technologie examinée. (<http://www.ecy.wa.gov/programs/wq/stormwater/newtech/technologies.html>)
- *New Jersey Department of Environmental Protection Conditional Interim Certification*, qui fait la revue et émet des certificats pour les technologies qui rencontrent les protocoles. <http://www.state.nj.us/dep/dsr/bscit/CertifiedMain.htm>
- Université d'Amherst (Massachusetts), programme *Stormwater Evaluation project* (<http://www.mastep.net/>).
- Université du New Hampshire (*Stormwater Center*) <http://www.unh.edu/erg/cstev/>

11.6 PRATIQUES DE GESTION OPTIMALES POUR LE TRANSPORT DES EAUX PLUVIALES

Certaines pratiques sont applicables lors du transport des eaux pluviales, en recourant à des approches permettant d'effectuer un contrôle tant quantitatif que qualitatif. Historiquement, en milieu urbain, on a privilégié comme concept de base une évacuation rapide et efficace des eaux pluviales par l'entremise de conduites souterraines avec des systèmes de bordures et de puisards. D'autres avenues sont pourtant envisageables et plusieurs études et guides récents remettent en question ce concept, en mettant de l'avant plusieurs autres types d'aménagements et de systèmes qui peuvent être intéressants à considérer pour un plan de gestion des eaux optimal (Li *et al.*, 1998; InfraGuide, 2005; MOE, 2003; Claytor et Schueler, 1996; Azzout *et al.*, 1994)

Essentiellement, comme variantes au système bordure/puisard/conduites souterraines sans aucun mécanisme de contrôle, on peut définir les concepts suivants :

1. Fossé ou noue engazonnés secs (*dry swale*);
2. Noue avec retenue permanente (*wet swale*);
3. Noue ou aménagement avec biorétention;

4. Tranchée d'infiltration;
5. Système de conduite perforée;
6. Système de stockage en surface des rues et en conduites.

Il est important de souligner ici que les concepts impliquant des fossés ou des noues sont différents d'un fossé de drainage traditionnel de route où les critères de conception ne sont pas établis pour un contrôle plus étendu des eaux pluviales, mais exclusivement pour leur transport (Claytor et Schueler, 1996). La figure 11.48 montre des sections en travers typiques pour différents types de fossés ou noues; l'appellation fossé est attribuée au fossé de drainage traditionnel et on utilisera plutôt l'appellation noue (comme traduction de l'anglais *swale*) pour bien mettre en évidence le fait que ces variantes remplissent des fonctions plus diversifiées que les simples fossés de drainage (qui ne seront pas discutés en détail ici). Un fossé engazonné se distingue d'un fossé de drainage de base par une

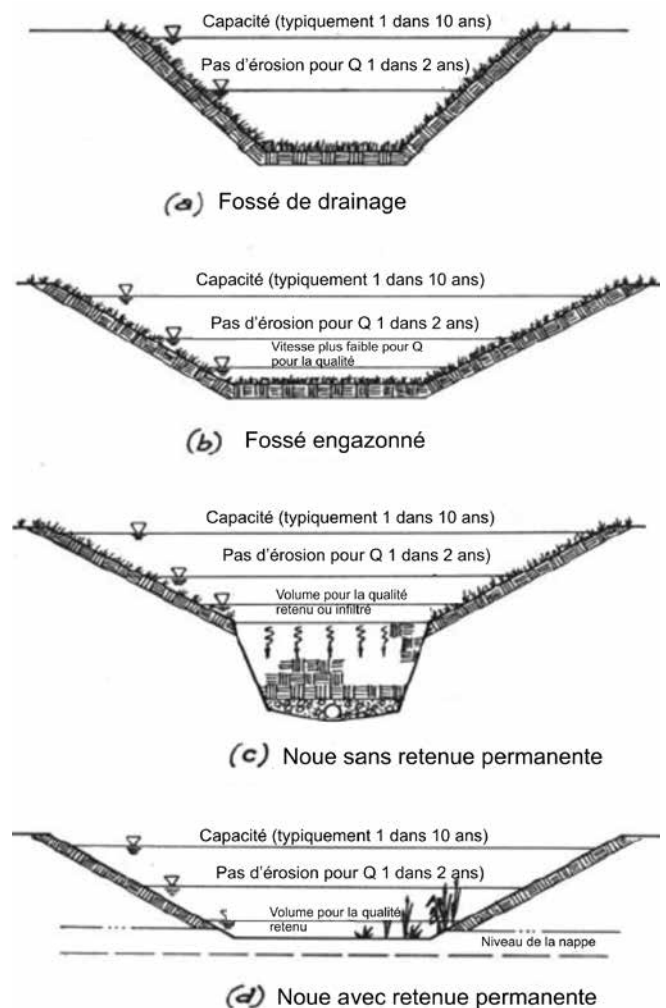


Figure 11.48 Typologie des fossés et noues pour le transport des eaux pluviales (adapté de Claytor et Schueler, 1996).

plus grande largeur à la base, des pentes plus faibles et une végétation plus dense, ce qui offre un meilleur potentiel pour l'enlèvement des polluants.

Les fossés engazonnés servent à l'emmagasinement, à l'infiltration et à l'acheminement des eaux pluviales qui ruissellent sur les routes et les terrains. Le gazon ou la végétation émergée dans la rigole réduit la vitesse d'écoulement, empêche l'érosion et filtre les polluants charriés par les eaux pluviales. Quand ils sont bien conçus, les fossés engazonnés constituent des PGO efficaces pour ce qui est du volume et de la qualité de l'eau. L'amélioration de la qualité de l'eau dépend de la zone de contact entre l'eau et le fossé, mais aussi de la pente longitudinale. Les canaux profonds et étroits sont moins efficaces que les fossés larges et peu profonds lorsqu'il s'agit d'éliminer les polluants. Il faut tenir compte des problèmes de sécurité liés à la profondeur de l'eau et à la vitesse d'écoulement. On peut également recourir à des fossés plus profonds, dont la capacité d'emmagasinement est plus élevée, sur le pourtour des aires de stationnement, de manière à retenir un volume d'eau plus important.

Il faut par ailleurs reconnaître que les caractéristiques des noues aménagées sont différentes à plusieurs égards lorsqu'on les compare avec des fossés de drainage et il est important de garder cette distinction à l'esprit lorsqu'on planifie, conçoit et construit ce type de PGO. La principale différence (Claytor et Schueler, 1996) est que les fossés de drainage sont typiquement conçus uniquement avec des critères quantitatifs (transport des débits pour une période de retour donnée et vérification pour l'érosion) alors que les autres types d'aménagement avec des noues peuvent permettre d'atteindre en plus d'autres objectifs (contrôle de la qualité, réduction du volume de ruissellement). Comme le souligne Minton (2005), un paramètre important pour la conception des différents types de canaux ou fossés est le coefficient n de Manning, qui doit donc être établi judicieusement.

D'autres PGO pour le transport des eaux pluviales comprennent les noues aménagées avec biorétention, les tranchées d'infiltration, les systèmes de conduites perforées ainsi que les systèmes de stockage en conduite. Toutes ces différentes pratiques sont décrites de façon plus détaillée aux sections qui suivent.

11.6.1 Fossé et noue engazonnés (sec)

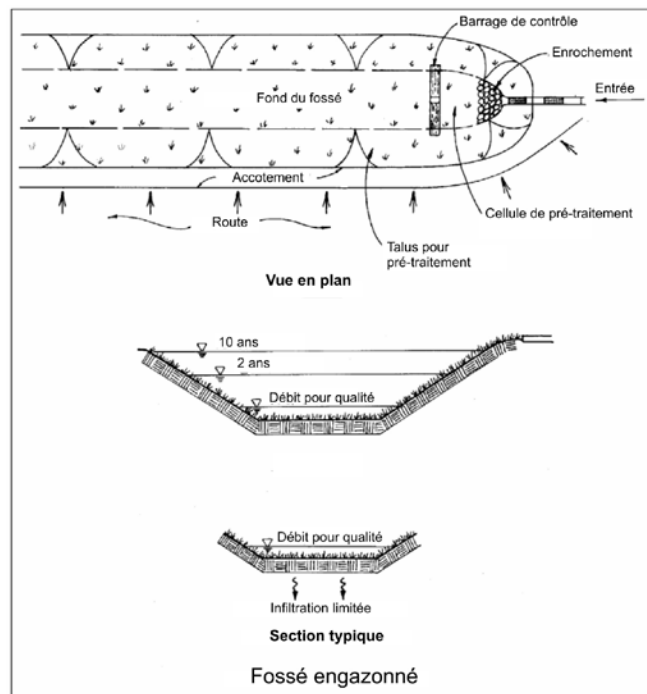


Figure 11.49 Fossé engazonné sans retenue permanente (adapté de Claytor et Schueler, 1996).

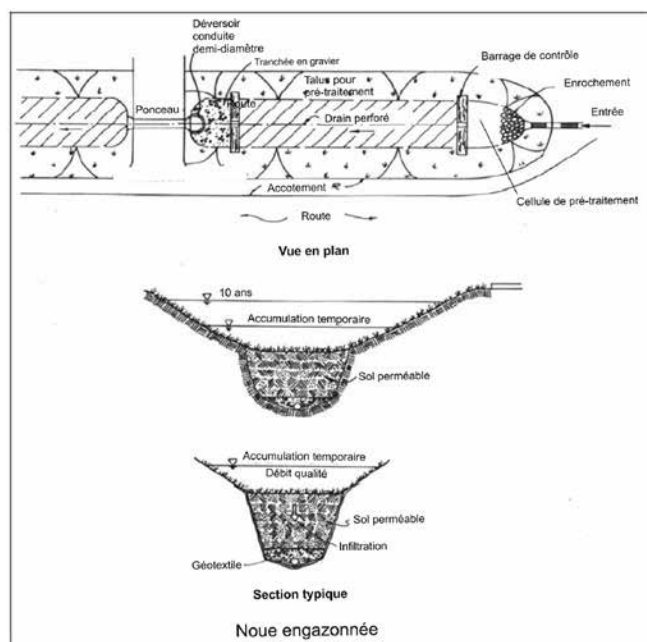


Figure 11.50 Noue engazonnée sans retenue permanente (adapté de Claytor et Schueler, 1996).

Description générale

Le fossé et la noue engazonnés sans retenue sont des fossés conçus pour non seulement véhiculer les débits de conception, mais également pour effectuer un traitement des eaux pluviales. Les figures 11.49 et 11.50 montrent



Figure 11.51 Exemples d'aménagement pour noue ou fossé sans retenue permanente.

deux types d'aménagement typique pour chacune de ces PGO. Contrairement au fossé engazonné, qui ne se distingue d'un fossé de drainage que par sa plus grande largeur et ses pentes longitudinales plus douces, la noue engazonnée (*dry swale*) comprend un lit filtrant avec drain perforé. La noue est conçue pour se drainer relativement rapidement et produire une rétention pour le débit associé au contrôle de la qualité. Dans les deux cas, comme on le voit aux figures 11.49 et 11.50, un prétraitement est effectué à l'entrée avec une cellule délimitée par un barrage de faible hauteur qui peut être construit avec différents types de matériaux (berme perméable, poutrelle de bois ou enrochement).

Les noues engazonnées sont particulièrement bien adaptées à des secteurs résidentiels à faible densité, la noue devenant une extension de la pelouse ou des terrains privés dont l'entretien peut être assuré par chaque propriétaire. La figure 11.51 illustre différents aménagements possibles.

Applicabilité

Typiquement, les fossés et noues peuvent être utilisés dans une variété de contextes :

- Drainage des aires de stationnement;
- Routes et autoroutes;
- Développements résidentiels (de chaque côté des rues ou dans un terre-plein central);
- Prétraitement pour d'autres PGO.

Avantages

- Permet de retenir un certain pourcentage de sédiments et d'autres polluants;
- Permet un certain contrôle des débits de pointe en réduisant les vitesses d'écoulement et en favorisant l'infiltration;
- Peut contribuer à la recharge de la nappe lorsque les conditions de sol et la conception sont adéquates;
- Bonne option de remplacement du système bordure/puisard/conduites, en particulier pour des secteurs

résidentiels à faible densité et des zones institutionnelles;

- Peut être utilisé avantageusement dans la conception des aires de stationnement pour diminuer les surfaces imperméables directement raccordées aux réseaux;
- La nature linéaire des fossés est parfaitement adaptée pour le ruissellement des routes et autoroutes;
- Se drainent rapidement et les pentes douces et la faible profondeur facilitent l'entretien;
- Comme la rétention d'eau dans les noues engazonnées dure peu longtemps, les températures de l'eau n'augmentent pas de façon significative, ce qui en fait une PGO appropriée pour les bassins versants avec des cours d'eau supportant les diverses espèces de truites;
- Ces pratiques sont généralement moins coûteuses à construire que les systèmes bordure/puisard/conduites.

Limitations

- Avec une mauvaise conception ou un mode de construction non approprié (par exemple si les pentes sont inadéquates ou si la végétation n'est pas suffisamment dense), les noues ne seront pas efficaces pour l'enlèvement des sédiments et polluants;
- Les noues et fossés ne peuvent traiter qu'une petite surface tributaire;
- Peuvent ne pas être applicables à certains sites avec plusieurs entrées d'auto (multiples ponceaux) ou des systèmes de trottoirs;
- N'apparaissent pas efficaces pour réduire les niveaux de bactéries dans les eaux pluviales et semblent avoir une efficacité modeste pour le phosphore;
- Les systèmes requièrent davantage de maintenance que les systèmes bordure/puisard/conduites;
- Peuvent ne pas être applicables dans des secteurs avec des sols sensibles à l'érosion ou lorsqu'il est difficile de maintenir une végétation dense;
- L'infiltration dans le sol peut ne pas être désirable à cause du potentiel de contamination;
- Les noues et fossés en bordure de routes peuvent être endommagés par les autos ou les activités d'enlèvement de la neige.

Principes et critères de conception

On peut utiliser des fossés dont la pente peut atteindre quatre pour cent pour contrôler la qualité de l'eau, mais l'efficacité diminue considérablement lorsque la vitesse augmen-

te. On doit maintenir la hauteur du gazon à plus de 75 mm pour obtenir un meilleur filtrage des solides en suspension.

Section en travers

Les fossés ou noues peuvent avoir une section en travers parabolique ou trapézoïdale (figure 11.52). La forme trapézoïdale est plus facile à construire et est plus efficace d'un point de vue hydraulique; les canaux ont toutefois une tendance à devenir parabolique avec le temps et il peut être de bonne pratique de faire une vérification avec cette forme (Claytor et Schueler, 1996). Les fossés profonds et étroits sont moins efficaces que les fossés larges et peu profonds pour ce qui est de l'élimination des polluants. Compte tenu des dimensions habituelles des fossés en milieu urbain (largeur de 0,75 m au fond, pente des parois latérales de 2,5 dans 1 et profondeur de 0,5 m), la superficie drainée est généralement limitée à moins de 2 ha (pour maintenir un débit de moins de 0,15 m³/s et une vitesse inférieure à 0,5 m/s) (MOE, 2003). Règle générale, le fossé ou la noue devrait avoir les sections les plus larges possible afin de minimiser les vitesses et les hauteurs d'eau avec le débit pour le contrôle de la qualité.

n de Manning

Ce paramètre est important à bien évaluer pour un dimensionnement adéquat de la noue. Plusieurs études ont examiné la relation entre le coefficient n de Manning et la végétation (Minton, 2005; Wong *et al.*, 2006; FHWA, 1988). Comme le montre la figure 11.53, le coefficient n varie en fonction de la hauteur d'eau et également en fonction de la submergence de la végétation. Pour des hauteurs d'eau importantes, la végétation sera complètement submergée et le coefficient n tend vers une valeur de 0,030-0,035. Cette situation correspond à l'évaluation de la capacité d'évacuation du canal, par exemple pour un débit de période de retour 1 dans 10 ans.

Pour de petites hauteurs d'eau, qui devraient correspondre à la situation avec le débit pour le contrôle de la qualité, on devrait idéalement avoir des hauteurs d'eau inférieures au 2/3 de la hauteur de la végétation, de façon à maximiser pour ce débit les performances pour la gestion qualitative. Comme le montre la figure 11.53, les coefficients de Manning pour ces conditions sont beaucoup plus élevés et, en se basant sur les coefficients observés in situ, Minton (2005) recommande une gamme de valeurs de 0,25 à 0,35 pour la conception visant le contrôle de la qualité.

Pente longitudinale

L'efficacité des fossés de drainage gazonnés en ce qui concerne le traitement des eaux pluviales est optimale lorsque la pente du lit est maintenue au minimum et que le fond est large (largeur supérieure à 0,75 m). Une pente minimale de 1 % est recommandée et l'usage d'un drain perforé est également recommandé dans ce cas.

Pentes latérales

Les pentes de talus devraient être aussi faibles que possible pour agir comme prétraitement. Une pente maximale de 3H :1V est recommandée (Claytor et Schueler, 1996) et idéalement de 4H :1V quand l'espace est disponible.

Vitesses d'écoulement

Pour le contrôle qualitatif, les fossés et noues devraient être conçus pour véhiculer le débit pour l'aspect qualitatif avec des vitesses inférieures à 0,5 m/s. Ceci nécessitera donc des canaux larges et avec des pentes les plus faibles possible (minimum de 1 %). Évidemment, des vérifications devront aussi être faites pour la capacité de transport avec le débit de conception (typiquement 1 dans 10 ans, avec une revanche considérée) et également pour l'érosion.

Hauteurs d'eau

La hauteur d'eau maximale pour le débit visant à contrôler la qualité devrait être approximativement la hauteur de la végétation (Claytor et Schueler, 1996), en visant au maximum 100 mm. Pour les autres débits de conception (2 ans pour le contrôle de l'érosion et 1 dans 10 ans pour la capacité totale), cela variera en fonction de la géométrie du canal.

Longueur

Généralement, la longueur sera dictée par les contraintes du site (par exemple pour les entrées). Pour le contrôle de la qualité, un temps de résidence de l'ordre de 10 minutes a été recommandé (Claytor et Schueler, 1996; Shaver *et al.*, 2006). Par conséquent, idéalement la longueur minimale requise pour un traitement efficace serait établie en multipliant la vitesse (en m/s) par 600 secondes. Pour une vitesse de 0,15 m/s, ceci représente 90 m. Comme il peut être difficile d'obtenir cette longueur dans certaines situations, on peut améliorer la performance d'un fossé moins long en utilisant des petits barrages de contrôle.

Opération hivernale

Le fonctionnement des fossés/noues est relativement simple et ils nécessitent peu d'ajustements pour les conditions hivernales. Certaines modifications peuvent toutefois permettre une performance améliorée (MOE, 2003) :

- Les ponceaux devraient avoir un diamètre minimum de 450 mm et une pente de 1 % ou plus;
- Les drains perforés devraient avoir un diamètre minimum de 200 mm et devraient être entourés de pierre.

Barrage de contrôle

De façon à améliorer la performance, de petits barrages de contrôle peuvent être mis en place pour accentuer le temps de résidence et favoriser l'infiltration (figure 11.54).

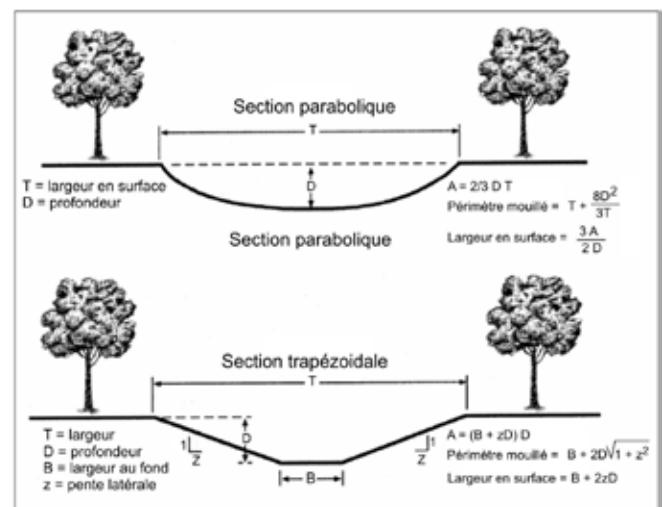


Figure 11.52 Sections en travers typiques pour noue ou fossé sans retenue permanente.

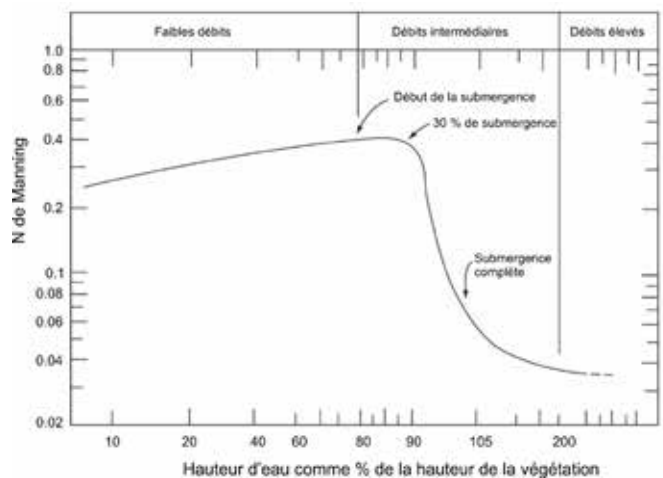


Figure 11.53 Variation du coefficient n de Manning pour des canaux avec végétation (adapté de Wong *et al.*, 2006; Minton, 2005).

Le barrage, en bois ou en enrochement, devrait être de 100 à 300 mm de haut, avec une forme en V pour minimiser l'érosion (MOE, 2003). De l'enrochement devrait aussi être prévu pour contrer l'érosion.

Cellule de prétraitement

Claytor et Schueler (1996) recommande un volume équivalent à 3 mm par ha de surface tributaire imperméable pour dimensionner la cellule de prétraitement.

Débites de conception

La conception des fossés et noues devrait se faire en considérant le débit pour le contrôle de la qualité (avec l'objectif de minimiser pour ces conditions les hauteurs d'eau et les vitesses d'écoulement), les débits pour l'évaluation du potentiel d'érosion et de la capacité de transport (2 ans et 10 ans typiquement), en complétant avec une évaluation du comportement pour des conditions plus sévères (25 ans ou jusqu'à 100 ans).

D'autres références peuvent également être consultées pour la conception des fossés et noues (Azzout *et al.*, 1994; UDFCD, 2003; Geosyntec *et al.*, 2006; Barr, 2001; MPCA, 2005; Georgia, 2001; Connecticut, 2004; Vermont, 2002; Clar *et al.*, 2004; GVSDD, 2005; Claytor et Schueler, 1996; MDE, 2000).

11.6.2 Noue avec retenue permanente

Description générale

Une noue avec retenue permanente combine des éléments d'un système de noue avec un marais aménagé (figures 11.55 et 11.56). Contrairement à un fossé maintenu sec, la noue avec retenue permanente n'a pas de lit filtrant et peut ou non intercepter la nappe phréatique (Barr, 2001). Ce type de noue est typiquement plus large qu'une noue sans retenue (4 à 6 m) et les barrages de contrôle sont utilisés pour créer de petites retenues d'eau (MOE, 2003).

Applicabilité

À cause de leurs dimensions, ces pratiques sont mieux adaptées pour des autoroutes que pour des rues de secteurs résidentiels.

Avantages

- Permet de contrôler les débits de pointe en réduisant les vitesses de ruissellement et en favorisant

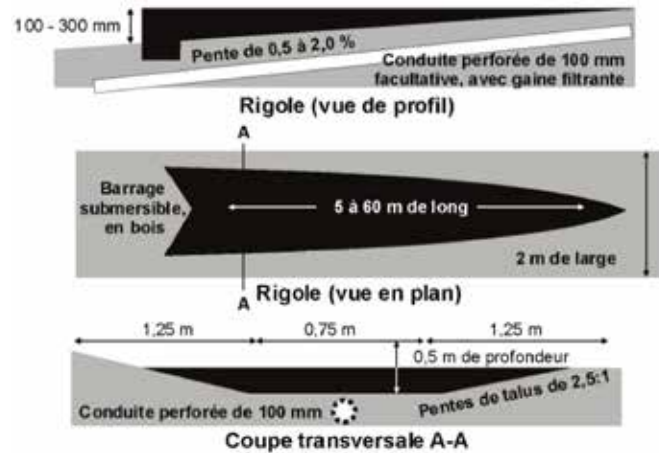


Figure 11.54 Aménagement d'un fossé avec barrage de contrôle (adapté de MOE, 2003).



Figure 11.55 Exemple d'aménagement de noue avec retenue permanente.

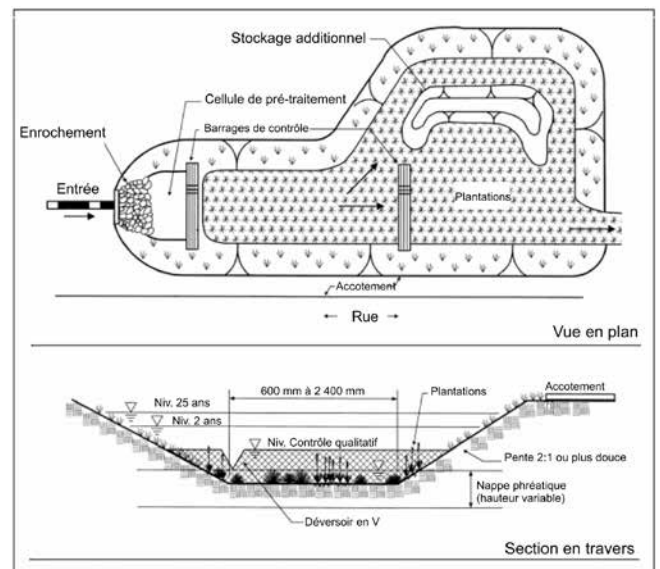


Figure 11.56 Configuration typique d'une noue avec retenue permanente (adapté de MDE, 2000).



Figure 11.57 Exemples de noue pour autoroute, boulevards urbains ou rue de secteur résidentiel avec zone de biorétention.

l'infiltration;

- Fournit un prétraitement efficace pour des PGO en série en captant, filtrant et infiltrant les polluants;
- Accentue un paysage d'apparence naturelle;
- Coûts plus bas que des systèmes traditionnels de drainage;
- Fournit un traitement de la qualité par la sédimentation et les plantes;
- Améliore la diversité biologique et crée des habitats.

Limitations

- Difficilement applicable dans des secteurs avec pentes très faibles ou très fortes ou avec des sols mal drainés;
- Les surfaces nécessaires peuvent être importantes;
- Moins facilement réalisable avec plusieurs entrées (et ponceaux).

Principes et critères de conception

La plupart des principes et recommandations générales

qui sont énoncés à la section sur les noues sans retenue sont applicables. Clayton et Schueler (1998), Barr (2001) ainsi que MDE (2000) donnent de l'information complémentaire pour ce type de pratique.

11.6.3 Noue avec biorétention

Description générale

Une autre variation de la noue consiste à ajouter des éléments avec biorétention (figure 11.57) pour améliorer la performance quant au contrôle qualitatif. Une variante intéressante montrée à la figure 11.57 fait intervenir des aménagements avec plantations, qui peuvent être mis en œuvre dans des secteurs résidentiels. On devra dans ces cas prévoir un système pour l'évacuation des débits plus importants que le débit pour la qualité (par exemple avec des puisards raccordés au réseau de drainage conventionnel). Ce type d'aménagement permet de réduire le volume de ruissellement tout en effectuant un contrôle pour la qualité.

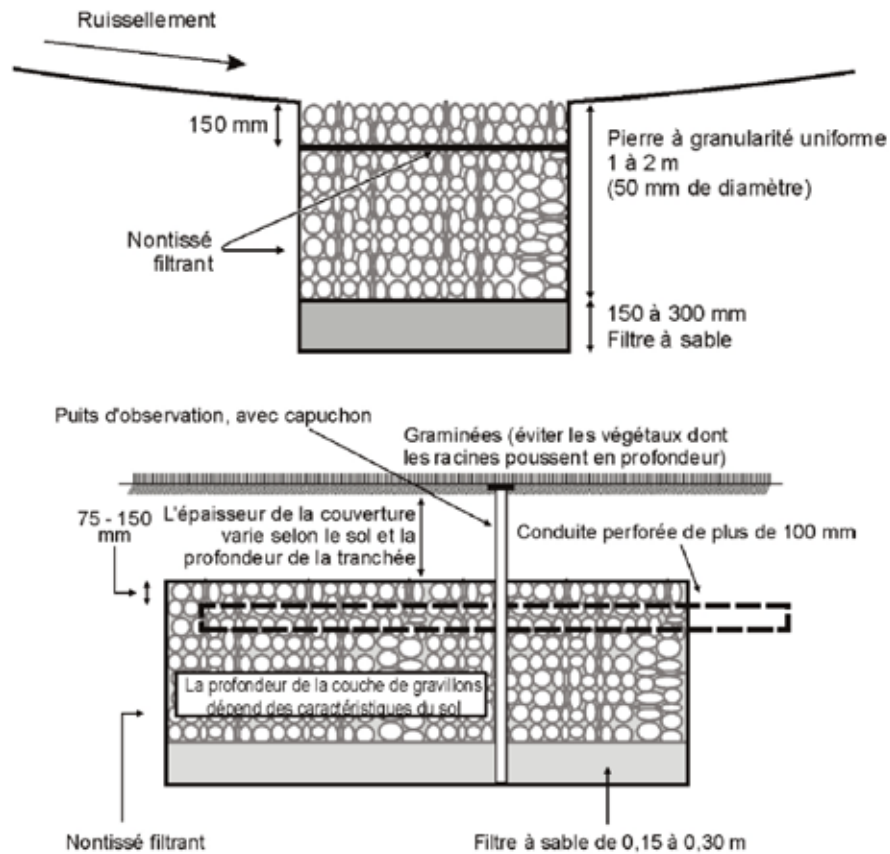


Figure 11.58 Exemples de configuration typique pour tranchées drainantes (adapté de MOE, 2003 et Jaska, 2000).

Applicabilité

Les noues avec biorétention peuvent s'appliquer dans les mêmes contextes que les autres types de noues, avec cependant d'autres possibilités comme les secteurs avec une occupation de type résidentiel de basse densité. Certaines villes de l'ouest des États-Unis (Portland en Orégon et Seattle dans l'état de Washington) ont déjà plusieurs projets de ce type, tout comme la ville de Vancouver (GVRD, 2005).

Principes et critères de conception

La conception de ce type de pratique doit se faire en considérant les éléments discutés aux sections traitant des noues et également des systèmes de biorétention. Claytor et Schueler (1996), Hinman *et al.*, 2005, GVRD (2005), Geosyntec *et al.* (2006) ainsi que le guide pour Prince's Georges County (2001) fournissent de l'information détaillée concernant la conception de ces systèmes.

11.6.4 Tranchée d'infiltration

Description générale

Les tranchées d'infiltration sont des excavations peu profondes qui sont remplies de pierre nette bien lavée et

enrobée d'un géotextile pour créer des réservoirs souterrains. Les eaux de ruissellement percolent graduellement à travers le fond et les côtés de la tranchée vers le sol environnant. Cette pratique a donc un effet direct sur les volumes de ruissellement. Les apports peuvent se faire soit par la surface ou soit par une conduite (figure 11.58).

Les tranchées, comme toutes les techniques impliquant des processus d'infiltration, sont particulièrement sensibles au problème potentiel de colmatage et on doit obligatoirement prévoir un prétraitement efficace pour l'eau avant qu'elle n'atteigne la tranchée. Les pratiques envisageables pour un prétraitement incluent les séparateurs huile et sédiments, les noues avec des barrages de contrôle, des bandes filtrantes ou des cellules spécifiques.

Applicabilité

Les tranchées d'infiltration peuvent être utilisées lorsque l'espace est restreint et peuvent avoir un impact non négligeable sur les volumes de ruissellement rejetés. Puisque les tranchées ne peuvent accepter que des débits restreints (recharge de la nappe et contrôle qualitatif), elles doivent généralement être utilisées avec d'autres pratiques.

Avantages

- Réduction du volume de ruissellement;
- Peut être très efficace pour l'enlèvement des sédiments fins, les métaux, les nutriments, les bactéries et les substances organiques;
- Contribue à réduire les problèmes de surcharge en aval et à protéger les cours d'eau contre l'érosion;
- Contribue à réduire les dimensions et les coûts des autres ouvrages en aval;
- Contribue à une recharge de la nappe et le maintien des débits d'été;
- Approprié pour des sites de petites dimensions (1 ha ou moins);
- Peut être utilisé lorsque l'espace est limité à cause de leurs dimensions étroites.

Limitations

- Peut mal fonctionner à cause d'une conception, d'une mauvaise construction ou d'un entretien déficient, en particulier si un prétraitement approprié n'est pas incorporé à la conception;
- Dépendant des conditions de sols, de l'occupation du sol dans le bassin versant et de la profondeur de la nappe phréatique, un risque de contamination peut exister;
- Non approprié pour des sites industriels ou commerciaux où la relâche de quantités importantes de sédiments ou de polluants est possible;
- Susceptible au colmatage, ce qui implique un suivi plus rigoureux et un entretien fréquent.

Principes et critères de conception

Les systèmes de tranchées drainantes peuvent être une PGO viable et efficace à long terme si des mesures appropriées sont prises lors de la conception (Barraud *et al.*, 2006; Barr, 2001; MPCA, 2005; MOE, 2003). Les éléments principaux à prendre en compte sont :

- L'analyse du site (topographie du site, type de sols, hauteur de la nappe phréatique et du roc, type de bassin tributaire et occupation du sol, proximité de puits d'alimentation en eau, eaux de surface, fondations de bâtiments existants ou futurs) est un élément important à considérer. La superficie du bassin tributaire devrait être inférieure à 2 ha et le taux de percolation minimal de 15 mm/h devrait être établi par des tests in situ pour les sols (MOE, 2003). Soulignons que le taux de

percolation correspond à la conductivité hydraulique des sols et non pas au taux d'infiltration du sol (Barr, 2001). La nappe phréatique et le roc devraient être au moins 1 m en tous points sous la surface de la tranchée;

- Les caractéristiques de la tranchée doivent être établies de façon à ce que la vidange se fasse en 24 h. La profondeur maximale de la tranchée s'établit par l'équation suivante :

$$D = P T / 1000$$

Où D est la hauteur d'eau maximale (m), P est le taux de percolation (mm/h) et T est le temps pour évacuer le volume (24 h);

- La porosité de la pierre nette est typiquement prise à 0.4 (MOE, 2003; Urbonas et Stahre, 1990);
- La capacité d'évacuation de l'eau dans la tranchée dépend des hypothèses quant à la surface de sol environnant qui sera en contact avec la tranchée. Le guide ontarien (MOE, 2003) recommande une équation assumant que toute l'infiltration se produit uniquement par la base de la tranchée alors que plusieurs autres pays (Barraud *et al.*, 2006 pour une revue des critères utilisés) préconisent plutôt d'assumer que le fond sera à long terme colmaté et que la percolation se fera seulement par les côtés de la tranchées. Urbonas et Stahre recommande de n'utiliser que la demi-hauteur de la tranchée pour calculer la surface pour l'infiltration (assumant ainsi que le fond est colmaté);
- Le taux de percolation mesuré in situ devrait être minoré par un facteur de 2 à 3 lors de la conception pour tenir compte de la réduction à long terme des capacités d'absorption du sol (Barraud *et al.*, 2006; Urbonas et Stahre, 1990; Washington, 2005);
- Le volume de la tranchée devrait minimalement accepter le volume généré par le débit pour le contrôle de la qualité (il peut évidemment être aussi plus important pour des cas spécifiques);
- Le taux auquel l'eau s'infiltré dans le sol est établi avec l'équation de Darcy, en utilisant un gradient hydraulique de 1 (Urbonas et Stahre, 1990; Washington, 2005);
- Un système de bypass doit être prévu pour tous les systèmes de tranchée drainante pour prendre les débits dépassant celui utilisé pour la conception. Une voie d'évacuation pour ces débits plus rares doit être conçue, avec une protection adéquate pour contrer l'érosion. Des mécanismes de prétraitement, idéalement plusieurs en série, doivent obligatoirement être

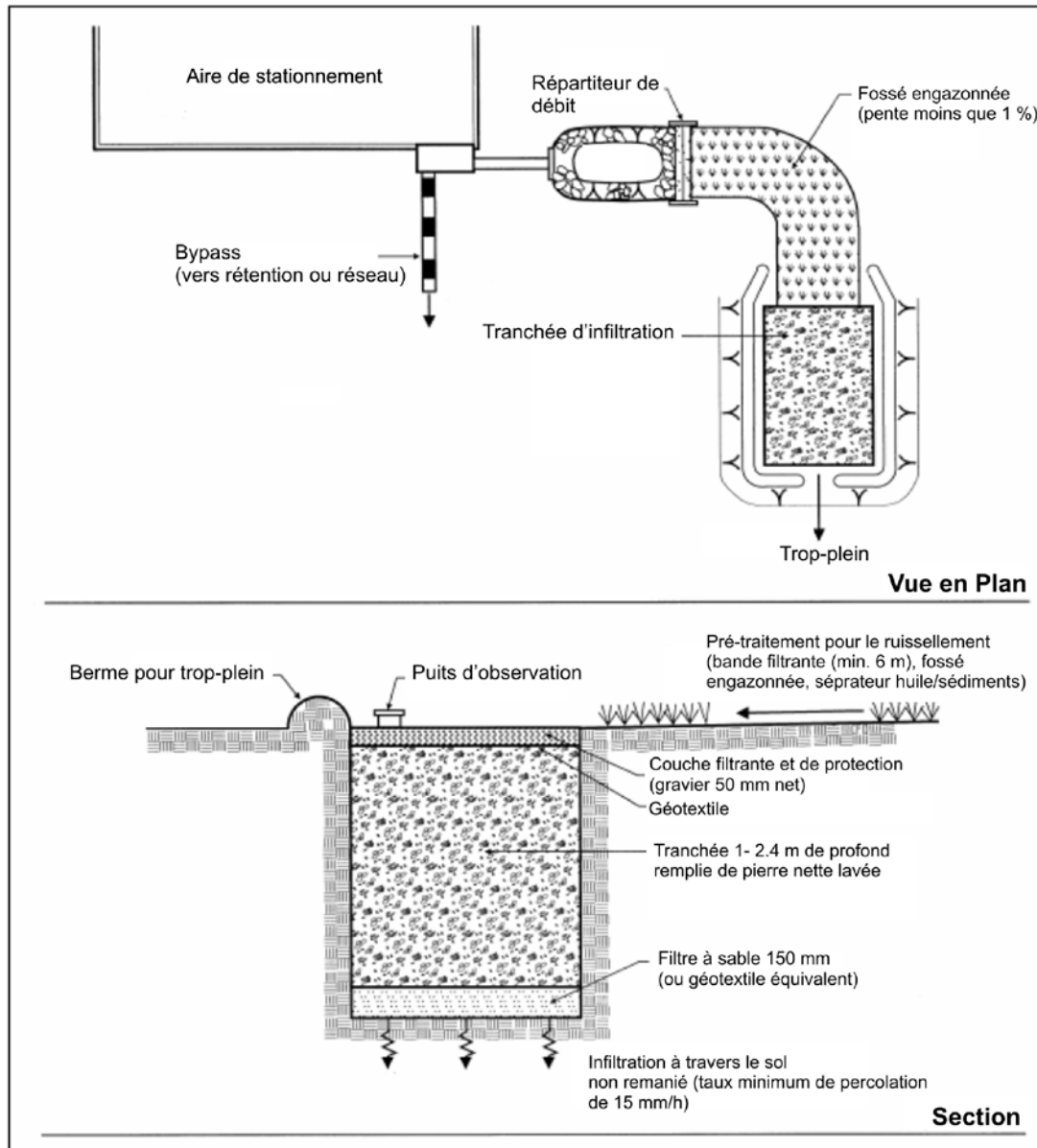


Figure 11.59 Exemple de système de tranchée drainante (adapté de Vermont, 2002).

mis en place. Un exemple d'application est illustré à la figure 11.59;

- Un puits d'observation est recommandé au centre de la tranchée pour suivre l'évolution des niveaux d'eau dans le système;
- Des calculs de remontée de la nappe phréatique peuvent être dans certains cas nécessaires où il y a des problèmes potentiels de stabilité des pentes ou lorsque la nappe phréatique est haute;
- La séquence de construction utilisée constitue un élément important pour le comportement à long terme des tranchées (Barr, 2001). Idéalement, les tranchées devraient être mises en place après que le secteur en amont soit stabilisé et en prenant des précau-

tions pour retenir les sédiments lors des travaux de construction. La machinerie lourde ne devra pas être opérée sur le site où se retrouvera la tranchée.

11.6.5 Système de conduite perforée

Description générale

Cette catégorie regroupe différentes variantes de systèmes de conduites perforées qui ont été développés depuis une vingtaine d'années. Une des variantes est illustrée à la figure 11.60 où on peut voir un système de conduites perforées installé à l'extérieur de la chaussée et qui permet l'exfiltration de l'eau tout en la transportant vers l'aval. Ce type de système devrait en principe n'être utilisé que pour des sols avec un taux de perméabilité supérieur à 15

mm/h. La figure 11.61 illustre la procédure d'installation. Des mesures de suivi récentes sur des installations de plus de 20 ans (Sabourin et ass., 2008) démontrent que ce type de système peut bien fonctionner sur une longue période si les conditions de sols et la conception sont adéquates, avec des réductions de 35 % à 60 % des volumes qui ont été mesurées

Un autre système plus expérimental a été construit et instrumenté en Ontario (figure 11.62) et les résultats ont indiqué que la plupart des débits étaient exfiltrés en

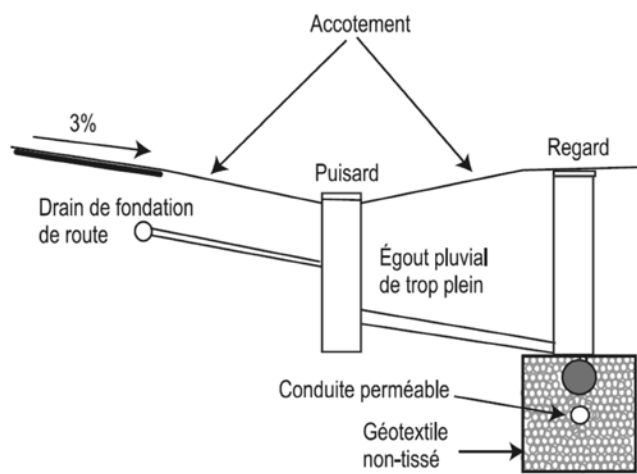


Figure 11.60 Système avec conduites perforées (adapté de MOE, 2003; Sabourin, 2008).

totalité, diminuant ainsi de façon appréciable les volumes de ruissellement.

Applicabilité

Les systèmes avec conduites perforées et exfiltration doivent être considérés lorsque les conditions de sols et l'analyse du site sont favorables. Des contraintes similaires aux tranchées drainantes s'appliquent ici et ces systèmes ne devraient s'appliquer que dans les secteurs où les sols ont une perméabilité suffisante (plus grande de 15 mm/h mesurée avec des tests in situ), que la nappe phréatique se maintient en tout temps au moins 1 m sous le système et que le roc soit également en tout point au moins 1 m sous le système.

Avantages

- Permet une réduction des volumes de ruissellement qui peut être appréciable;
- Peut être très efficace pour l'enlèvement des sédiments fins, les métaux, les nutriments, les bactéries et les substances organiques;
- Contribue à réduire les problèmes de surcharge en aval et à protéger les cours d'eau contre l'érosion;
- Contribue à réduire les dimensions et les coûts des autres ouvrages en aval;
- Contribue à une recharge de la nappe et le maintien des débits d'étiage.



Figure 11.61 Installation d'un système avec conduites perforées.

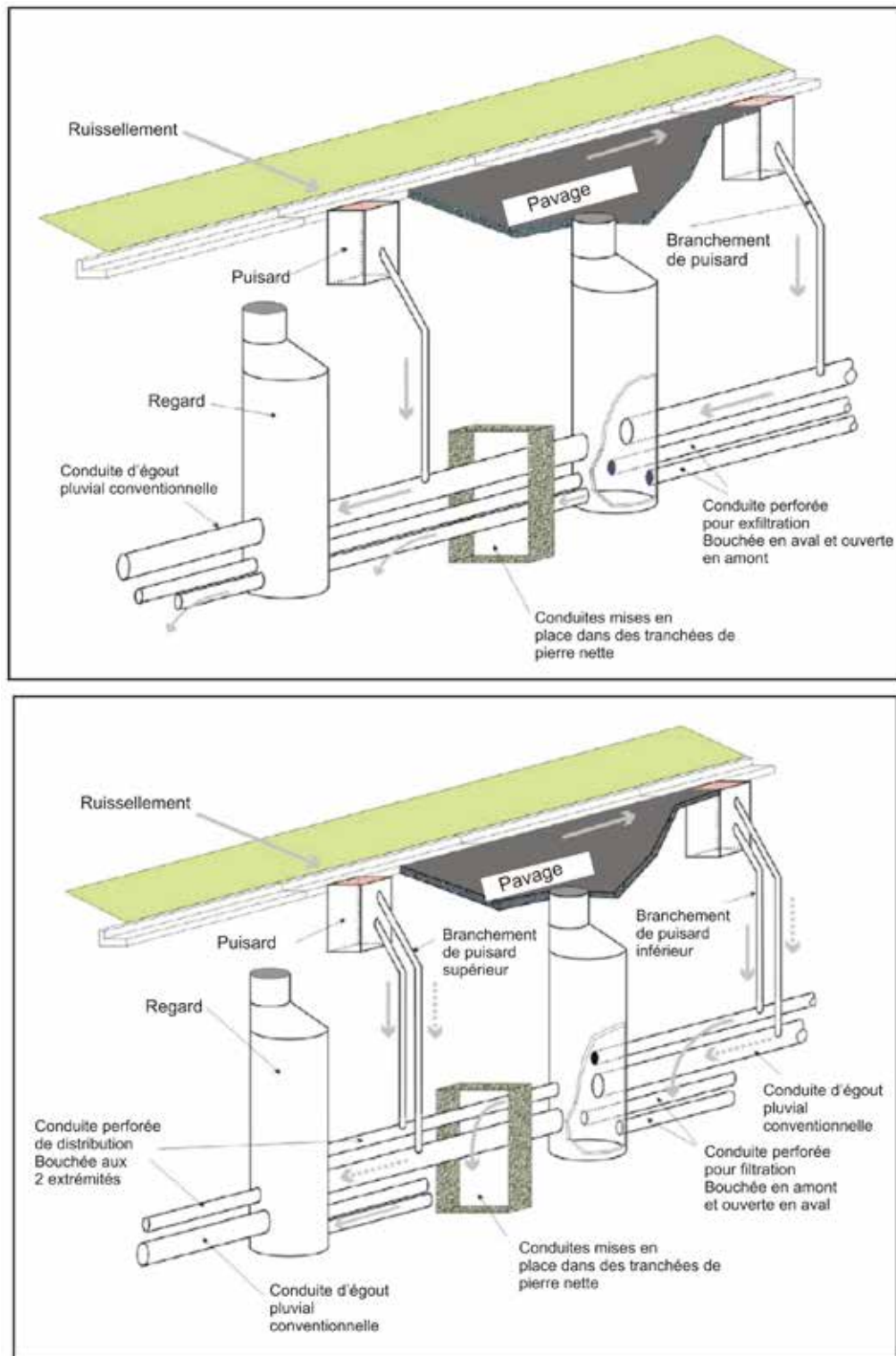


Figure 11.62 Systèmes avec conduites perforées pour le site d'Etobicoke en Ontario; variante avec exfiltration (schéma supérieur) ou filtration (schéma inférieur) (SWAMP, 2004).

Limitations

- Peut mal fonctionner à cause d'une conception, d'une construction ou d'un entretien déficient, en particulier si un prétraitement approprié n'est pas incorporé à la conception;
- Dépendant des conditions de sols, de l'occupation du sol dans le bassin versant et de la profondeur de la nappe phréatique, un risque de contamination peut exister;
- Non approprié pour des sites industriels ou commerciaux où la relâche de quantités importantes de sédiments ou de polluants est possible;
- Susceptible au colmatage, ce qui implique un suivi plus rigoureux et un entretien fréquent.

Principes et critères de conception

La conception de ces systèmes doit prendre en considération un certain nombre d'éléments qui peuvent conduire à un fonctionnement inadéquat (MOE, 2003) :

- Design inadéquat (pierre nette non lavée, pas de membrane, pas de prétraitement);
- Techniques de construction déficientes;
- Stabilisation du bassin tributaire non complétée avant la mise en place du système de conduites perforées;
- Mauvaises conditions de sol (type de sol, nappe phréatique).

Volume de stockage

Le volume de stockage dans le bassin de pierre nette et la conduite perforée pourra varier en fonction des applications. Pour un contrôle de la qualité, le volume devrait permettre de stocker le débit pour cet aspect sans débordement. Le système peut également être conçu de façon à ce que des débits plus importants (période de retour de 1 dans 2 ans ou 1 dans 5 ans) puissent être véhiculés. Une hauteur minimale de 75-150 mm de pierre nette devrait être prévue au-dessus de la conduite perforée, comme le montre la figure 11.63. La profondeur maximale de la tranchée s'établit par l'équation suivante :

$$D = P T / 1000$$

Où D est la hauteur d'eau maximale (m), P est le taux de percolation (mm/h) et T est le temps pour évacuer le volume (24 h).

Débit d'exfiltration

Contrairement à une tranchée d'infiltration où le débit de sortie dépend exclusivement du taux de perméabilité des sols en place, les débits de sortie dans le cas d'une conduite

perforée sont reliés aux caractéristiques des perforations qui agissent comme des orifices. Le guide ontarien (MOE, 2003) propose d'utiliser l'équation suivante pour établir les débits de sortie :

$$Q_{\text{exfiltration}} = (15 A - 0,06 S + 0,33) Q$$

Où $Q_{\text{exfiltration}}$ est le débit d'exfiltration à travers les perforations (m^3/s). A est la surface des perforations par longueur de conduite (m^2/m), S est la pente de la conduite (%) et Q est le débit dans la conduite perforée (m^3/s). Cette équation a été établie avec des conduites de 300 mm et des perforations de 12,7 mm et 7,9 mm. D'autres approches sont également possibles pour simuler les débits d'exfiltration (Rivard, 2005).

11.6.6 Système de stockage en surface des rues et en conduites

Description générale

La réhabilitation de réseaux de drainage existants où des problèmes de surcharge peut se faire en augmentant le volume de stockage dans le réseau, ce qui contribue à diminuer les risques d'inondations localement sans déplacer le problème ailleurs dans le réseau (ce qu'une augmentation de la capacité de transport des tronçons jugés insuffisants peut dans certains cas produire). Le principe, illustré à la figure 11.64, est de limiter l'entrée au réseau à l'aide de restricteur de débit et de combiner cette limitation à des conduites de stockage qui pourront venir soulager les réseaux lors de pluies importantes. Les volumes de stockage supplémentaires qui sont disponibles à la surface des rues, en particulier pour des secteurs avec des pentes relativement faibles, peuvent également être mis à contribution. Welsh (2000) décrit en détail ce type de systèmes qui a été utilisé pour les premières fois à grande échelle dans des villes en Illinois pour des réseaux unitaires.

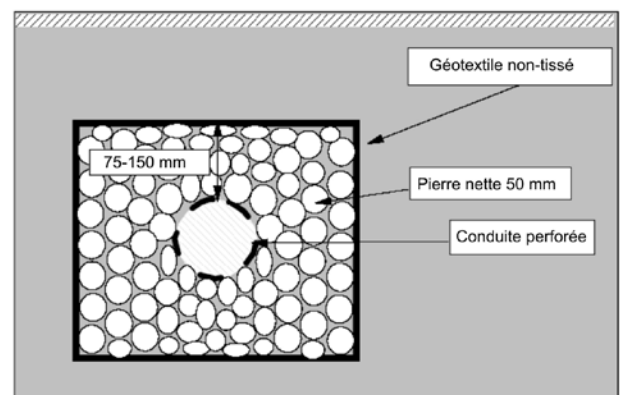


Figure 11.63 Détails pour système avec conduite perforée (adapté de MOE, 2003).

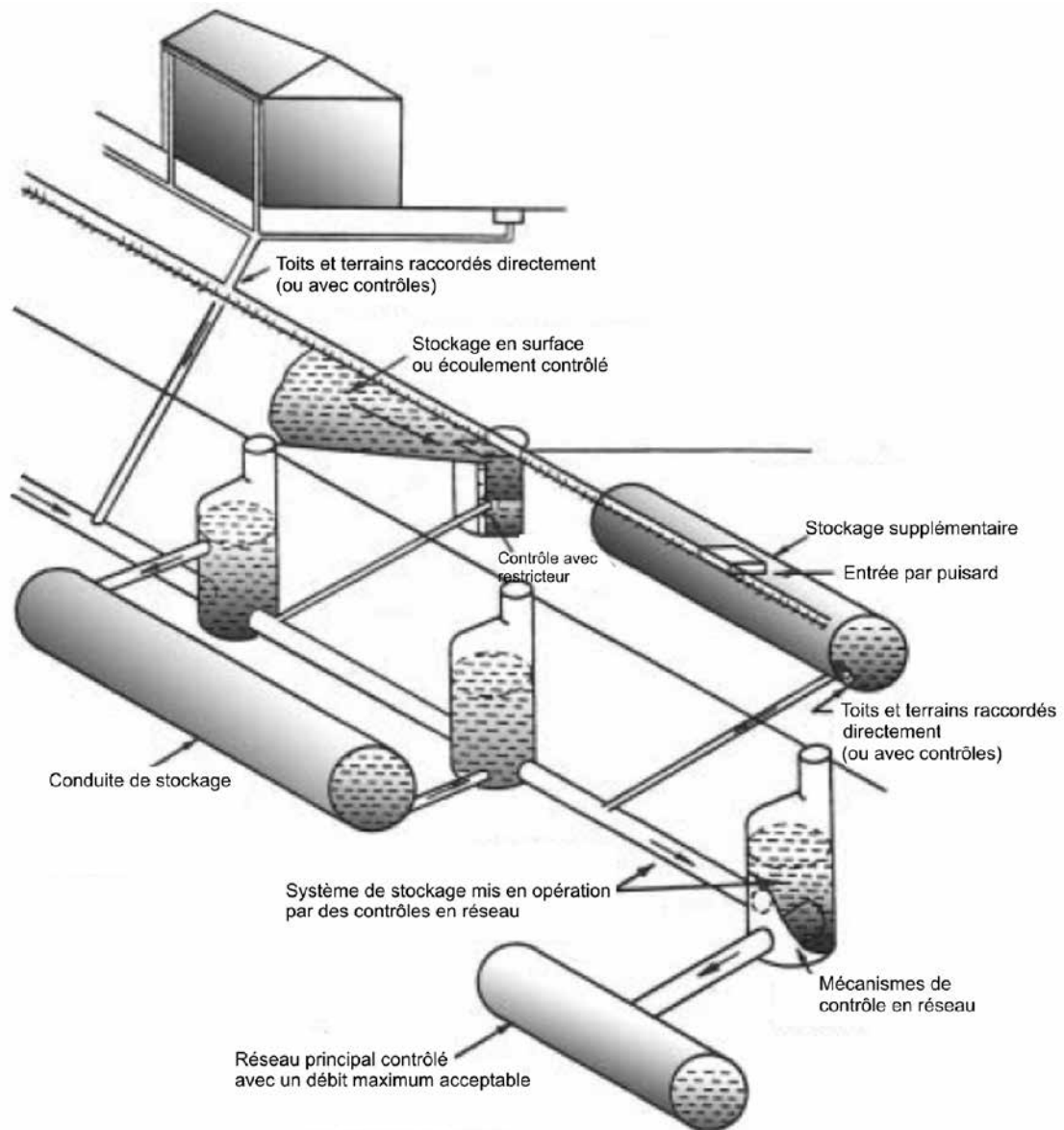


Figure 11.64 Composantes pour un système de soulagement pour des secteurs existants (adapté de WEF, 1999).

Applicabilité

Bien que ces systèmes puissent être mis en place pour de nouveaux réseaux, ils peuvent être dans ce cas plus coûteux que d'autres approches et c'est surtout pour la réhabilitation de réseaux existants où il manque d'espace pour pouvoir utiliser des pratiques plus conventionnelles comme des bassins de rétention.

Avantages

- Pour la réhabilitation de secteurs existants, cette approche, combinée à d'autres pratiques, peut permettre d'offrir une solution optimale quant au rapport coût/bénéfices;

- Peut être utilisé autant dans des secteurs résidentiels à faible densité (stockage en surface des rues avec faible circulation) que dans des secteurs à moyenne ou haute densité (avec l'ajout de stockage souterrain);
- Permet de contrôler les débits de pointe près de la source, sans transférer les apports trop élevés vers l'aval;
- Interventions plus localisées.

Limitations

- Impact seulement sur les débits de pointe et non pas sur les volumes de ruissellement ni sur la qualité des eaux rejetées;

- Peut causer des inconforts ponctuels aux usagers (rétention en surface des rues ne devrait pas par exemple se faire sur des voies à circulation importante);
- La rétention en surface doit être limitée et des relevés doivent établir les conséquences associées à la rétention en surface des rues (par exemple pour les sec-teurs avec entrée d'auto en dépression);
- Demande une modélisation plus détaillée pour l'analyse des interventions.

Principes et critères de conception

La mise en œuvre de ce type d'interventions nécessite généralement l'utilisation d'un modèle détaillé qui doit permettre l'analyse de réseaux en charge et de l'interaction entre des conduites de stockage et les réseaux de transport (par exemple en utilisant SWMM5 ou ses dérivés).

11.7 PRATIQUES DE GESTION OPTIMALES EN FIN DE RÉSEAU

Les pratiques de gestion optimales (PGO) qui peuvent être mises en œuvre en fin de réseau comprennent :

- Bassin sec (sans retenue permanente), avec ou sans retenue prolongée;
- Bassin avec retenue permanente;
- Bassin d'infiltration;
- Marais;
- Système hybride (bassin avec retenue permanente/marais);
- Filtres.

Les 2 premières PGO sont les plus communes au Québec, où l'on compte beaucoup moins d'applications pour les autres techniques jusqu'à maintenant. Peu de bassins d'infiltration ont été construits et il est vrai que ceux mis en place au cours des années 1980 aux États-Unis n'ont pas offert de très bonnes performances ni une longévité adéquate, principalement dû à un colmatage prématuré ou à des critères de conception déficients. Avec des conditions de sols appropriées, des critères révisés et une attention particulière lors de la construction, ce type de bassin peut toutefois être à considérer (Washington, 2005; Barraud *et al.*, 2006). Des systèmes avec marais peuvent aussi se révéler des approches intéressantes pour des applications spécifiques alors que les systèmes avec filtres sont de nature plus expérimentale, en particulier pour des régions nordiques.

Au Québec jusqu'à maintenant, la plupart des bassins

de rétention construits ont été des bassins sans retenue permanente. La notion de retenue prolongée est apparue aux États-Unis et ailleurs au Canada lorsque différentes études ont établi que les bassins secs, en ne retenant l'eau que pendant quelques heures, avaient en comparaison aux bassins avec retenue permanente un effet beaucoup moins prononcé sur la qualité des eaux pluviales rejetées. La prolongation de la durée pendant laquelle se faisait la rétention (typiquement d'au moins 24 h) est donc apparue comme un élément de conception important pour les bassins secs. Plusieurs états américains ne recommandent d'ailleurs plus l'utilisation de bassin sec sans retenue prolongée.

Avant de décrire spécifiquement chaque PGO, certains éléments communs à plusieurs pratiques seront abordés. On traitera donc tout d'abord des éléments qu'on retrouve à l'entrée et à la sortie ainsi que des plantations.

11.7.1 Ouvrages à l'entrée et à la sortie

Ces éléments ont été discutés de façon très générale à la section 11.2.3 et on présentera ici une discussion plus approfondie et qui concerne directement l'aménagement de ces ouvrages pour les PGO à la fin des réseaux. L'ampleur des dimensions des ouvrages de rétention et de contrôle en fin de réseau fait en sorte qu'il devient important d'accorder une attention particulière aux mécanismes retenus à l'entrée et à la sortie. Une bonne conception pourra non seulement contribuer à abaisser les coûts d'entretien mais, permettra également d'assurer le bon fonctionnement des ouvrages à long terme.

Conditions à l'entrée

Dans certains cas, une structure spécifique devra être mise en place à l'entrée des bassins pour n'y envoyer qu'une par-

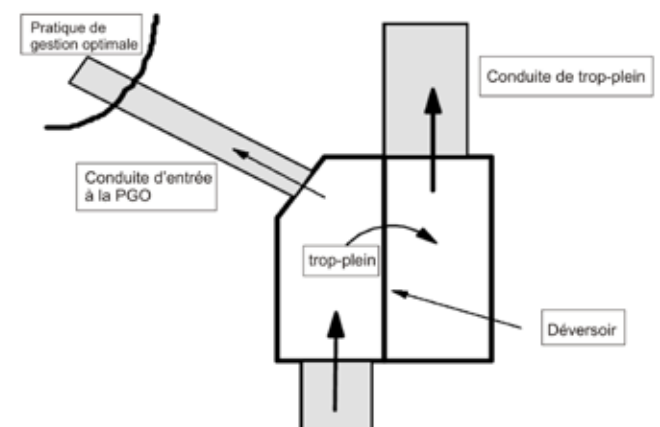


Figure 11.65 Séparateur de débit à l'entrée (adapté de MOE, 2003).

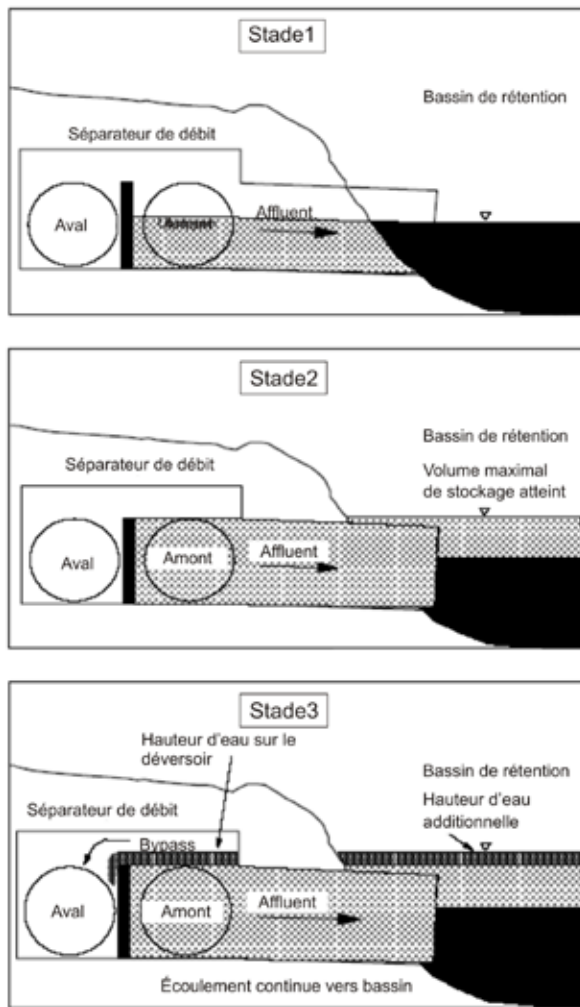


Figure 11.66 Fonctionnement d'un séparateur de débit à l'entrée (adapté de MOE, 2003).

tie des débits (figure 11.65), par exemple lorsque les PGO ne sont conçus que pour recevoir les débits pour contrôler la qualité. Ces répartiteurs de débits seront généralement nécessaires pour les cas suivants (MOE, 2003) :

- Bassin sec avec retenue prolongée (sans cellule de prétraitement);
- Marais artificiels (sans une cellule de prétraitement);
- Tranchées/bassins d'infiltration;
- Séparateurs huiles/sédiments;
- Filtres

La figure 11.66 illustre le fonctionnement d'un tel ouvrage.

Une des principales préoccupations sera de minimiser le potentiel d'érosion en limitant avec différents mécanismes les vitesses d'arrivée et d'admission à la PGO et en répartissant au besoin les débits (limiter la possibilité d'un écoulement trop concentré). Une autre préoccupation pour l'entrée et aussi à l'intérieur de l'ouvrage

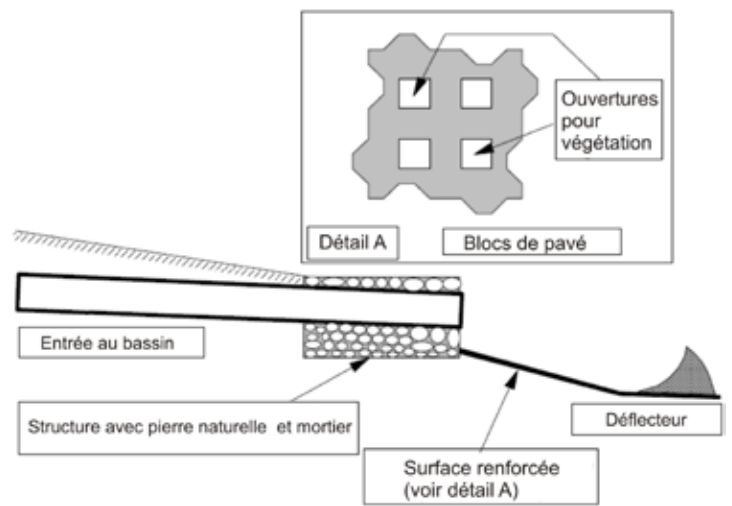


Figure 11.67 Configuration à l'entrée (non submergée – bassin sec) (adapté de MOE, 2003).

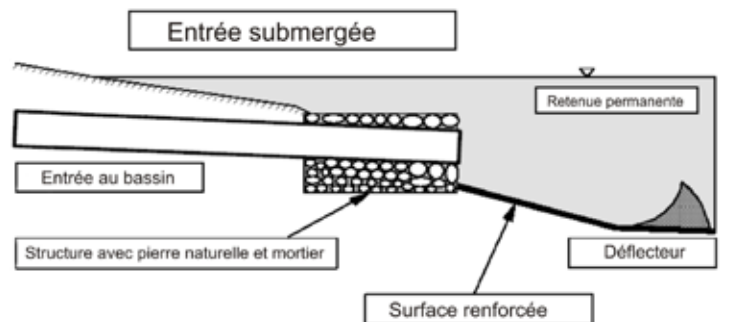


Figure 11.68 Configuration à l'entrée (submergée – bassin avec retenue permanente) (adapté de MOE, 2003).

concerne la répartition et le cheminement des débits à l'intérieur de l'ouvrage : on devra en général maximiser la longueur d'écoulement et minimiser la possibilité de court-circuitage pour permettre un traitement optimal (Minton, 2005; MOE, 2003).

De façon générale, on devra viser d'avoir une entrée non submergée (figure 11.67), en prévoyant une protection adéquate. La figure 11.68 illustre le cas avec une entrée submergée.

Conditions à la sortie

La figure 11.69 montre la configuration pour un bassin sec, qui peut également être utilisée pour un bassin avec retenue permanente. On notera que l'eau entre dans une chambre où s'effectuent par la suite les contrôles, avec une plaque (ou un mur) avec différents orifices, auxquels s'ajoutent des déversoirs (non montrés à la figure) qui peuvent contrôler les débits plus importants.

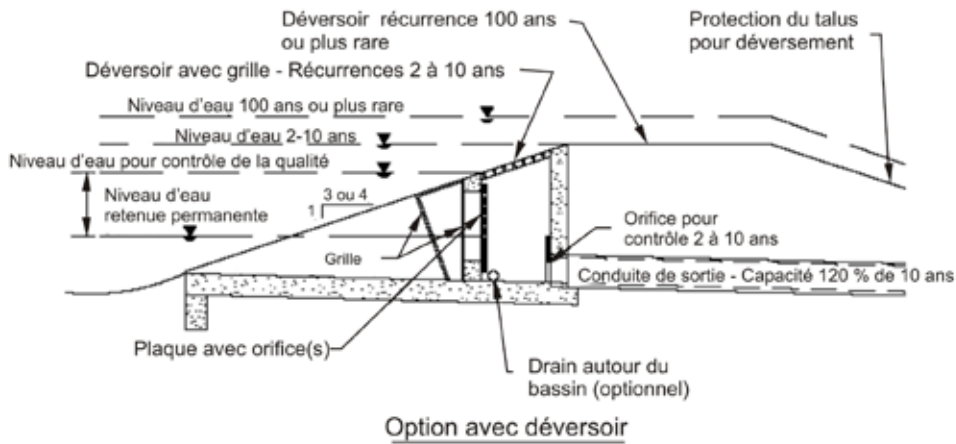
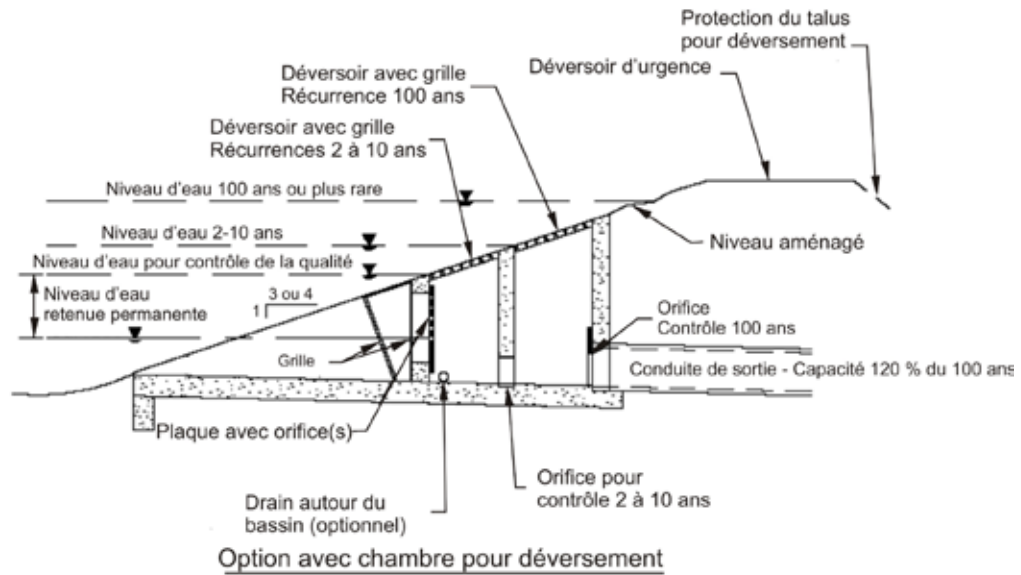


Figure 11.69 Configurations possibles à la sortie (adapté de UDFCD, 2005).

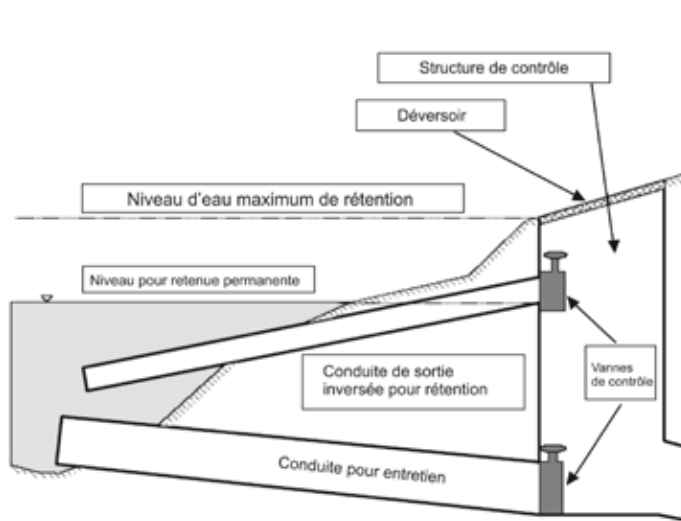


Figure 11.70 Configuration avec conduite à pente inversée (adapté de MOE, 2003).

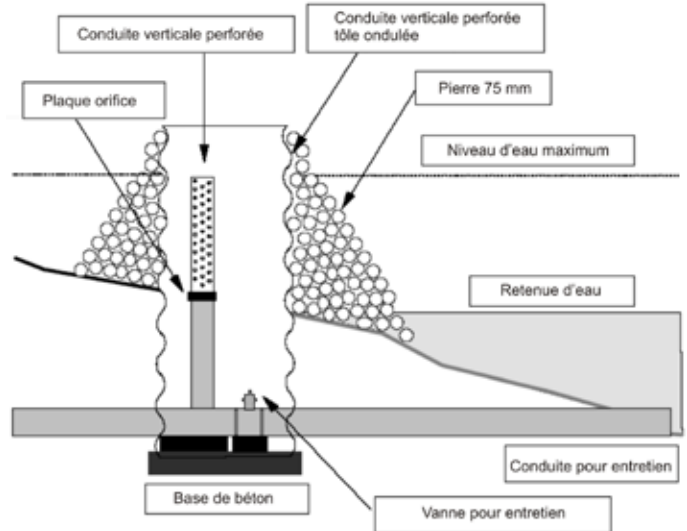


Figure 11.71 Configuration avec conduite verticale avec perforations (adapté de MOE, 2003).

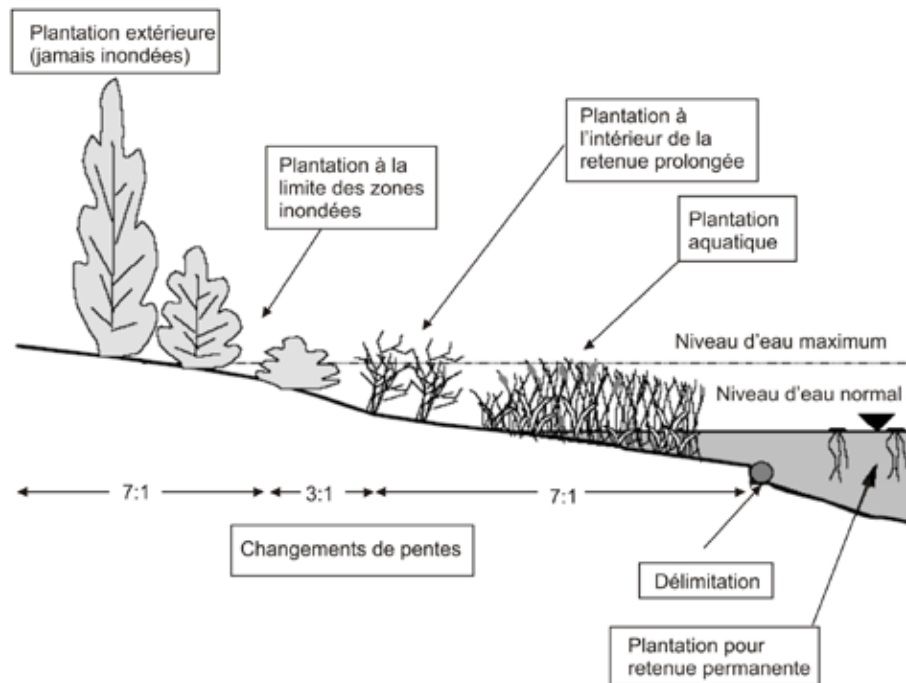


Figure 11.72 Délimitation des différentes zones pour les plantations (adapté de MOE, 2003).

Pour les bassins avec retenue permanente, il faut tenir compte de la présence de glace; deux types de configuration peuvent être utilisés à la sortie pour contrôler les débits (MOE, 2003) :

- Conduite à pente inversée (figure 11.70);
- Conduite verticale avec perforations (figure 11.71).

La configuration avec la conduite à pente inversée est préférable pour les bassins avec des profondeurs d'au moins 1 m (MOE, 2003).

11.7.2 Plantations

Le développement d'une stratégie de plantations est un élément important pour l'aménagement de plusieurs types de PGO. Plusieurs guides décrivent en détail les espèces d'arbres, d'arbustes et de plantes qui sont les plus appropriés pour différentes situations (MOE, 2003; MPCA, 2005; Minnesota, 2003; SWAMP, 2006). Cinq différentes zones peuvent normalement être définies (figure 11.72):

- Zones d'eau profondes;
- Zones d'eau peu profondes;
- Zone en bordure à l'intérieur de la retenue prolongée;
- Zone à la limite des zones inondées (*flood fringe areas*);
- Zones qui ne sont jamais inondées (*upland areas*).

L'annexe A résume les recommandations concernant les types de plantations pour les différentes zones et les techniques de mise en place.

11.7.3 Bassin de rétention sans retenue permanente (sec)

Description générale

Un bassin sans retenue permanente est conçu pour stocker temporairement les eaux pluviales et en les relâchant à des débits contrôlés vers les milieux récepteurs. Ils se vident complètement après le stockage (généralement en moins de 24 h) et contrôlent essentiellement les aspects quantitatifs, avec un impact limité sur l'enlèvement des sédiments et des divers polluants. Si le contrôle de la qualité est un des objectifs de la construction du bassin, un bassin avec retenue permanente ou au moins un bassin sec avec retenue prolongée constituent des pratiques plus appropriées.

Comme règle de base, le sous-bassin tributaire du bassin de rétention devrait avoir une superficie supérieure à environ 5 ha, ce qui permet de ne pas avoir des dimensions trop petites pour les ouvrages de contrôle (les exposant ainsi à un blocage possible). Les débits de contrôle devraient normalement correspondre aux différents objectifs (qualité, érosion et débits plus importants), avec des mécanismes de contrôle pour chaque critère. Une coupe typique d'un bassin sec est montrée à la figure 11.73, alors que la figure 11.74 montre un aménagement de base. Comme la plupart des types de bassins de rétention, un bassin sec peut n'accueillir que les eaux provenant du réseau majeur (il sera alors moins profond – voir figure 11.75) ou les eaux du réseau mineur également (figure 11.76), ce qui produira inévitablement un bassin plus profond.

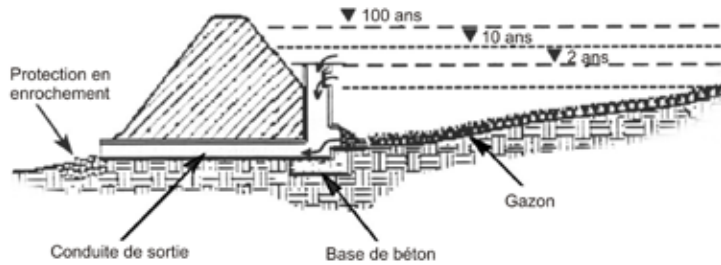


Figure 11.73 Coupe typique d'un bassin de rétention sec (adapté de Barr, 2001).

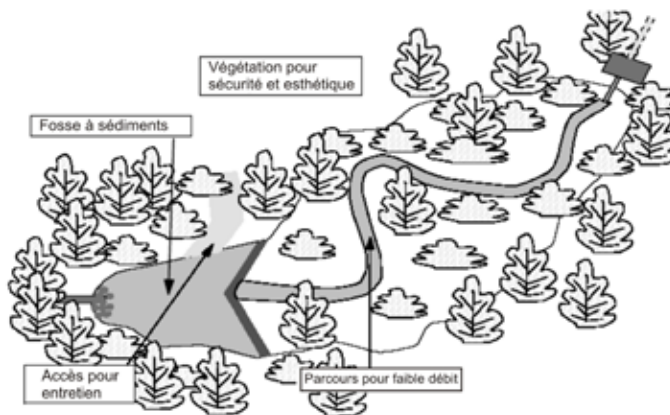


Figure 11.74 Éléments d'un bassin de rétention sec (adapté de MOE, 2003).

Différents éléments peuvent être ajoutés pour améliorer la performance des bassins secs (Barr, 2001), comme une cellule de prétraitement et de sédimentation à l'entrée, une retenue prolongée (de 24 ou idéalement de 48 h (MOE, 2003)), une cellule de traitement additionnel à la sortie, une forme allongée pour minimiser la possibilité de court-circuitage, des chicanes ou bermes avec des chemins d'écoulement en courbes favorisant une meilleure décantation et un canal pour les petits débits.

Applicabilité

Un bassin sec peut s'utiliser dans plusieurs types de contexte comme des développements résidentiels de densités variables, des secteurs industriels ou commerciaux lorsqu'on veut essentiellement réduire les débits de pointe rejetés et agir également sur le contrôle de l'érosion en cours d'eau. Un bassin sec, en particulier s'il n'y a pas de retenue prolongée, a un effet plus marginal sur le contrôle de la qualité et il doit dans ce cas être conçu comme un des éléments dans une série de mesures.

Avantages

- Se comporte bien en climat froid;



Figure 11.75 Exemple de bassin de rétention sec (pour le réseau majeur).



Figure 11.76 Exemple de bassin de rétention sec (pour les réseaux mineur et majeur).

- Peut limiter les débits en aval et l'érosion en cours d'eau;
- Peut être utilisé pour plusieurs fonctions autres que pour la gestion des eaux pluviales (terrain de jeux, parcs).

Limitations

- Généralement pas approprié pour des surfaces tribuaires de moins de 5 ha (Barr, 2001);
- Ne produit qu'en effet marginal sur l'enlèvement des polluants;
- Exposé à un blocage des ouvrages de sortie;
- Les sédiments peuvent être remis en suspension s'ils ne sont pas enlevés à intervalles réguliers;
- S'il est mal aménagé, peut être considéré comme une nuisance visuelle par les résidents. Des bassins mal entretenus peuvent également conduire à une accumulation de débris et le développement d'odeurs ou de mauvaises herbes;
- Dépendant de leurs volumes et profondeurs, les bassins peuvent requérir des approbations nécessaires en vertu de la loi sur la sécurité des barrages.

Principes et critères de conception

Les figures 11.77a et 11.77b montrent une configuration

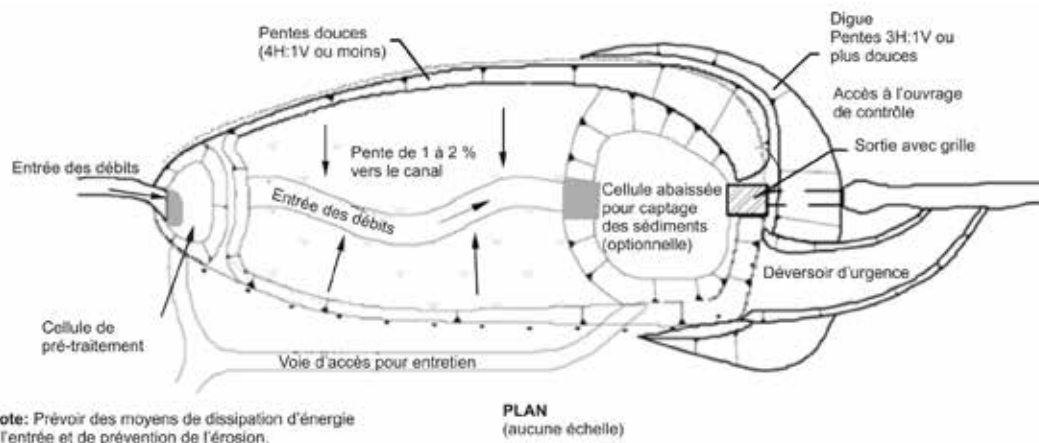


Figure 11.77a Configuration typique pour un bassin de rétention sec avec rétention prolongée (adapté de UDFCD, 2005).

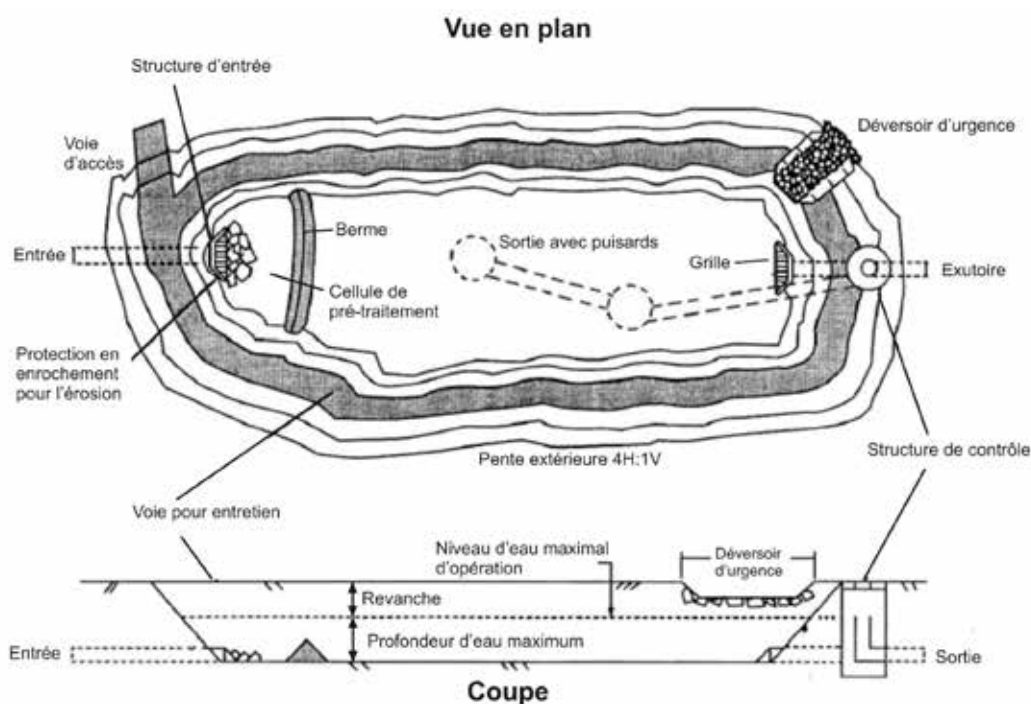


Figure 11.77b Configuration typique pour un bassin de rétention sec avec rétention prolongée (adapté de Jaska, 2000).

typique d'un bassin sec alors que le tableau 11.17 fournit un résumé des principales recommandations pour la conception des bassins secs. Une discussion plus approfondie de certains éléments est donnée ci-après.

Superficie du bassin versant tributaire

La surface minimale spécifiée pour le bassin versant tributaire (5 ha) est simplement pour s'assurer que les ouvrages de contrôle à la sortie ne seront pas trop petits et trop exposés à un colmatage par des débris.

Volume pour le contrôle de la qualité

Typiquement, si le bassin n'a que pour objectif le contrôle des débits de pointe, on devrait viser à faire en sorte que les débits après le développement soient les mêmes que ceux avant le développement, pas seulement pour les débits plus rares (comme pour une période de retour de 1 dans 100 ans) mais aussi pour des périodes de retours inférieures à 1 dans 1 an. Un ouvrage de contrôle conçu pour contrôler uniquement le débit 1 dans 100 ans n'aura que peu d'effet pour les débits plus fréquents.

Tableau 11.17

Résumé des critères de conception – bassin sec (adapté de MOE, 2003, UDFCD, 2005; Vermont, 2002; MPCA, 2005).

Paramètre ou élément de conception	Objectif pour la conception	Critère minimal	Critère recommandé
Superficie du bassin versant tributaire	Dimensions minimales des ouvrages de contrôle à la sortie	5 ha	10 ha
Volume pour le contrôle de la qualité	Fournir un certain pourcentage d'enlèvement des polluants	Événement de conception pour la qualité	
Durée de la retenue prolongée	Décantation des matières en suspension	24 h	48 h
Cellule à l'entrée	Prétraitement	Profondeur min. : 1 m Conçue pour ne pas produire des vitesses favorisant l'érosion à la sortie de la cellule	Profondeur min. : 1,5 m
Ratio longueur/largeur	Maximiser le parcours de l'écoulement et minimiser le potentiel de court-circuitage	3 :1 (peut être accompli par des bermes ou autres moyens)	De 4 :1 à 5 :1
Profondeur	Sécurité	Profondeur max. : 3 m Profondeur moy. : 1 - 2 m	Profondeur max. : 2 m Profondeur moy. : 1 - 2 m
Pentes latérales	Sécurité	Pente moyenne de 4 :1 ou plus douce	
Entrée	Éviter blocage ou gel	Minimum : 450 mm	Pente de la conduite > 1 %
Sortie	Éviter blocage ou gel	Minimum : 450 mm pour conduite de sortie Si un contrôle par orifice est utilisé, diam. Minimum de 75 mm (à moins d'être protégé)	Pente de la conduite > 1 % Diamètre minimal d'un orifice de contrôle : 100 mm
Accès pour la maintenance	Accès pour camion ou petite rétrocaveuse	Soumis à l'approbation des Travaux Publics	Prévoir un mécanisme pour vider au besoin les cellules à l'entrée ou à la sortie

Un contrôle pour la qualité impliquera l'utilisation d'un orifice de plus petit diamètre (minimum recommandé de 75 mm) qui nécessitera une protection adéquate contre le colmatage.

Durée de la retenue prolongée

La retenue prolongée devrait être au minimum de 24 h pour le débit associé au contrôle de la qualité, avec idéalement une durée de 48 h (pour laquelle il a été démontré que la décantation était optimale (SWAMP, 2005)).

Cellule à l'entrée

Une cellule de prétraitement à l'entrée facilitera l'entretien et augmentera la capacité pour l'enlèvement des polluants en retenant les particules de plus grandes dimensions à

cet endroit. La cellule devrait comprendre une zone plus profonde (1 m) pour minimiser l'érosion et la remise en suspension des particules.

La cellule devrait être séparée du reste du bassin par une berme en matériau granulaire, qui devra être protégée contre l'érosion par de l'enrochement. Un mécanisme approprié (conduite avec vanne) devrait être prévu de façon à pouvoir vider complètement la cellule pour l'entretien (en 3 à 5 minutes; UDFCD, 2005). Des plantations sur la berme devraient également être prévues pour promouvoir une certaine filtration lorsque l'eau passera sur la berme.

Le volume d'eau retenu en permanence devrait correspondre à un certain pourcentage du volume pour le contrôle de la qualité (3-5 %; UDFCD, 2005) ou encore, être établi en fonction de la superficie imperméable du

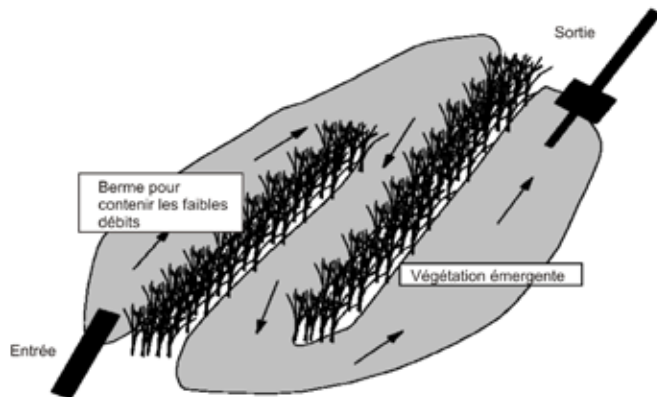


Figure 11.78 Utilisation de bermes pour allonger le parcours d'écoulement (adapté de MOE, 2003).

bassin tributaire (environ 6,25 mm par ha; Georgia, 2000).

Le fond de la cellule devrait être en béton ou avec un autre type de matériau relativement lisse et résistant, de façon à faciliter l'enlèvement des sédiments (UDFCD, 2005).

Ratio longueur/largeur

Idéalement, le ratio longueur/largeur devrait être le plus long possible et l'entrée du bassin devrait être en principe le plus loin possible de la sortie. L'utilisation de bermes, produisant un parcours sinueux (figure 11.78), peut aider à allonger le temps de parcours.

Profondeur

La profondeur d'eau devrait être limitée à 2-3 m, englobant tous les différents volumes de rétention (qualité, érosion et contrôle des débits plus rares). Ces profondeurs maximales devraient toutefois être limitées à certaines zones du bassin, avec la majorité des zones produisant des profondeurs moyennes inférieures. L'aspect sécuritaire devra demeurer toujours un élément important de la conception.

Pentes latérales

Les pentes latérales d'un bassin sec sont en général moins critiques que pour un bassin avec retenue permanente, mais comme l'eau pourra rester pour une période de 24 à 48 h avant une vidange complète, les pentes devraient être idéalement de 4 : 1 ou plus douces si possible.

Entrée

On devra de façon générale limiter le nombre d'entrées au bassin pour minimiser surtout l'entretien. Une protection adéquate devra toujours être prévue pour minimiser

l'érosion (voir section sur les éléments communs aux différents types de bassins).

Sortie

Il y a plusieurs types de mécanismes de contrôle et d'aménagement possibles à la sortie d'un bassin sec. Généralement, les ouvrages devraient être localisés dans la digue et dans une chambre pour faciliter l'accès et les activités d'entretien. Un système avec conduite à pente inversée peut être utilisé pour acheminer l'eau dans une chambre, où les différents mécanismes de contrôle pour comprendre une conduite perforée installée verticalement ou un petit orifice dans un mur pour le contrôle des plus petits débits (qualité et érosion) et d'autres orifices et déversoir pour le contrôle des débits plus importants (10 ans et 100 ans). Un déversoir d'urgence devrait toujours être prévu au cas où il y aurait colmatage des autres orifices. La conduite de sortie de la chambre devrait par ailleurs être de dimensions suffisantes pour accepter les débits maximaux (typiquement 1 dans 100 ans en tenant compte du laminage dans le bassin).

Canal pour faible débit

Ce canal est utile pour prévenir l'érosion lorsque l'eau entre au bassin au début et concentre également les faibles débits à la fin de la vidange du bassin. Un canal perméable ou imperméable peut être utilisé.

Drainage de la nappe

Des analyses géotechniques devraient être complétées pendant la conception et les eaux provenant de la nappe phréatique devraient être au besoin interceptées et acheminées vers la structure de sortie du bassin. Les analyses devraient également inclure la stabilité des talus du bassin.

Revanche

Une revanche minimale de 300 mm devrait être prévue entre le niveau maximal de conception et le niveau de débordement du bassin. Un déversoir d'urgence doit également être prévu et on devra évaluer au besoin les conséquences d'un débordement pour les secteurs environnants.

Protection pour l'érosion

Cette protection est importante à prévoir, tant à l'entrée

qu'à la sortie du bassin de rétention. Des mécanismes de diffusion pour diminuer l'énergie du courant, comme des bassins ou des bermes particulières, peuvent être employés. La grosseur de l'enrochement à prévoir dépend des vitesses attendues pour les conditions de design.

Étanchéisation du fond

Si les conditions de sol le permettent, le fond des bassins peut être laissé sans être imperméabilisé, ce qui peut contribuer à diminuer les volumes qui pourront s'infiltrer en partie. Dans certains cas cependant (remontée de nappe, présence de bâtiments à moins de 10 m ou dont les fondations peuvent être influencées par un écoulement souterrain provenant du bassin, possibilité de contamination de la nappe phréatique), le fond devra être rendu imperméable à l'aide d'une couche d'argile ou avec une membrane spécifique (MPCA, 2005; Washington, 2005).

Plantations

La stratégie de plantations pour un bassin sec n'a pas besoin d'être aussi élaborée que pour un bassin avec retenue permanente ou un marais (moins d'espèces et une densité plus réduite). Les plantations peuvent se diviser en trois zones (MOE, 2003) :

- Zone de rétention prolongée;
- Zone en bordure de la cellule de traitement à la sortie (pour une performance améliorée en ce qui concerne la qualité);
- Zone au pourtour du bassin.

La section 11.7.2 donne des suggestions et recommandations pour les plantations les plus appropriées pour ces différentes zones.

Opération en conditions hivernales

Les bassins secs sont normalement peu affectés par les conditions hivernales parce qu'il n'y a pas de retenue d'eau en permanence et qu'ils ne sont pas directement dépendant des capacités d'infiltration dans le sol. Des précautions doivent être prises pour le gel des conduites et des orifices. D'autres problèmes ou conditions spécifiques incluent (Vermont, 2002; MPCA, 2005) :

- Volumes de ruissellement plus importants au printemps, avec une charge polluante plus élevée durant la fonte des neiges;
- Accumulation du sable utilisé pour les routes;

- Stockage de neige.

Pour les volumes printaniers avec une charge plus élevée de polluants, certains guides ont suggéré l'utilisation d'une approche de gestion adaptée aux différentes saisons (MPCA, 2005; Vermont, 2002), en ajustant les degrés de contrôle à la sortie (en retardant par exemple la relâche des débits printaniers et en la faisant graduellement pour mieux diluer les rejets). Le guide du Minnesota (MPCA, 2005) fournit une discussion approfondie de ce type de gestion.

11.7.4 Bassins de rétention avec retenue permanente

Description générale

Un bassin avec retenue permanente conserve un certain volume d'eau entre les événements pluvieux et possède un volume de stockage supplémentaire qui varie en fonction des débits d'arrivée. Le principal mécanisme pour l'enlèvement des polluants est la décantation (Minton, 2005; Barr, 2001) auquel s'ajoutent également d'autres processus, ce qui fait que ce type de bassin a une ca-



Figure 11.79 Exemples d'aménagement de bassins avec retenue permanente.

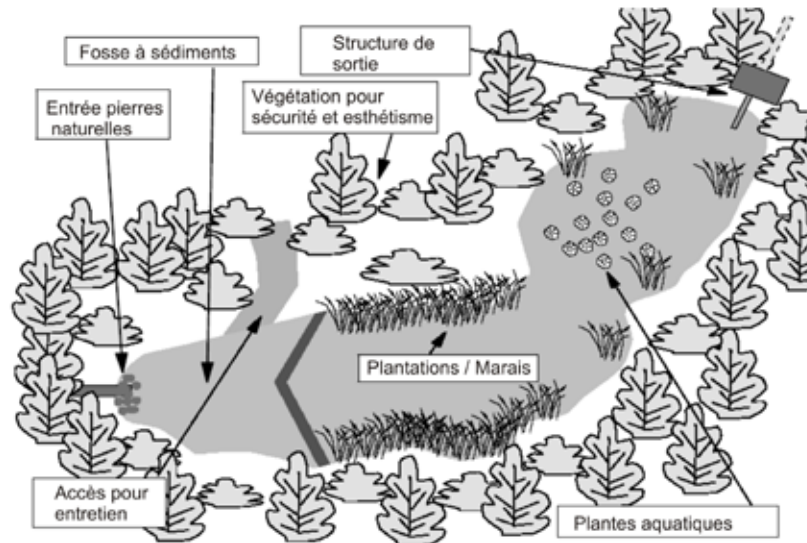


Figure 11.80 Principaux éléments d'un bassin avec retenue permanente (adapté de MOE, 2003).

pacité modérée à haute pour l'enlèvement de la plupart des polluants associés au ruissellement urbain. La figure 11.79 montre différents aménagements alors que la figure 11.80 en illustre de façon schématique les principales composantes.

Les bassins avec retenue permanente offrent un excellent niveau de performance, ce qu'on peut attribuer à plusieurs facteurs (MOE, 2003) :

- La performance ne dépend pas des caractéristiques des sols;
- La retenue permanente minimise la possibilité de remise en suspension des sédiments;
- La retenue permanente minimise la possibilité de blocage de la sortie;
- L'enlèvement des polluants peut se faire par décantation, mais aussi avec des processus biologiques;
- La retenue permanente permet de maximiser la décantation des sédiments.

Conçu et aménagé avec soin, un bassin avec retenue permanente peut offrir plusieurs bénéfices non directement reliés à la gestion des eaux pluviales (esthétique, parc ou espace vert, usage communautaire).

Applicabilité

Un bassin avec retenue permanente peut s'utiliser dans plusieurs types de contexte comme des développements résidentiels de densités variables, des secteurs industriels ou commerciaux et pour lesquels il peut être utilisé pour remplir toutes les fonctions (qualité, érosion, contrôle des débits plus rares). Une des différences fondamentales avec

un bassin sec est qu'on doit avoir un approvisionnement continu en eau et maintenir le volume retenu en rendant imperméable au besoin le fond du bassin. Des analyses de bilan hydrique doivent donc être complétées, afin de s'assurer que le débit d'étiage dépassera les pertes par évaporation, évapotranspiration et exfiltration.

Avantages

- Peut enlever un pourcentage relativement élevé des polluants, tant solides que sous une forme dissoute (Minton, 2005; Barr, 2001);
- Aménagé avec soin, les bassins peuvent être agréablement intégrés au paysage urbain en rehaussant la valeur esthétique d'un secteur;
- Des habitats peuvent se développer avec des plantations bien choisies et correctement entretenues;
- Lorsque bien planifié, conçu et entretenu, ce type de bassin peut augmenter la valeur des propriétés limitrophes;
- L'enlèvement des sédiments est généralement moins fréquent que pour d'autres types de PGO.

Limitations

- Généralement pas applicables pour des bassins tributaires dont la superficie est inférieure à 5 ha;
- Plus coûteux que des bassins secs (avec ou sans retenue prolongée);
- Requiert une surface plus grande de terrain;
- Un bassin mal conçu ou entretenu peut produire des conditions menant à une dégradation de l'eau qui peut conduire à une relâche des nutriments et des

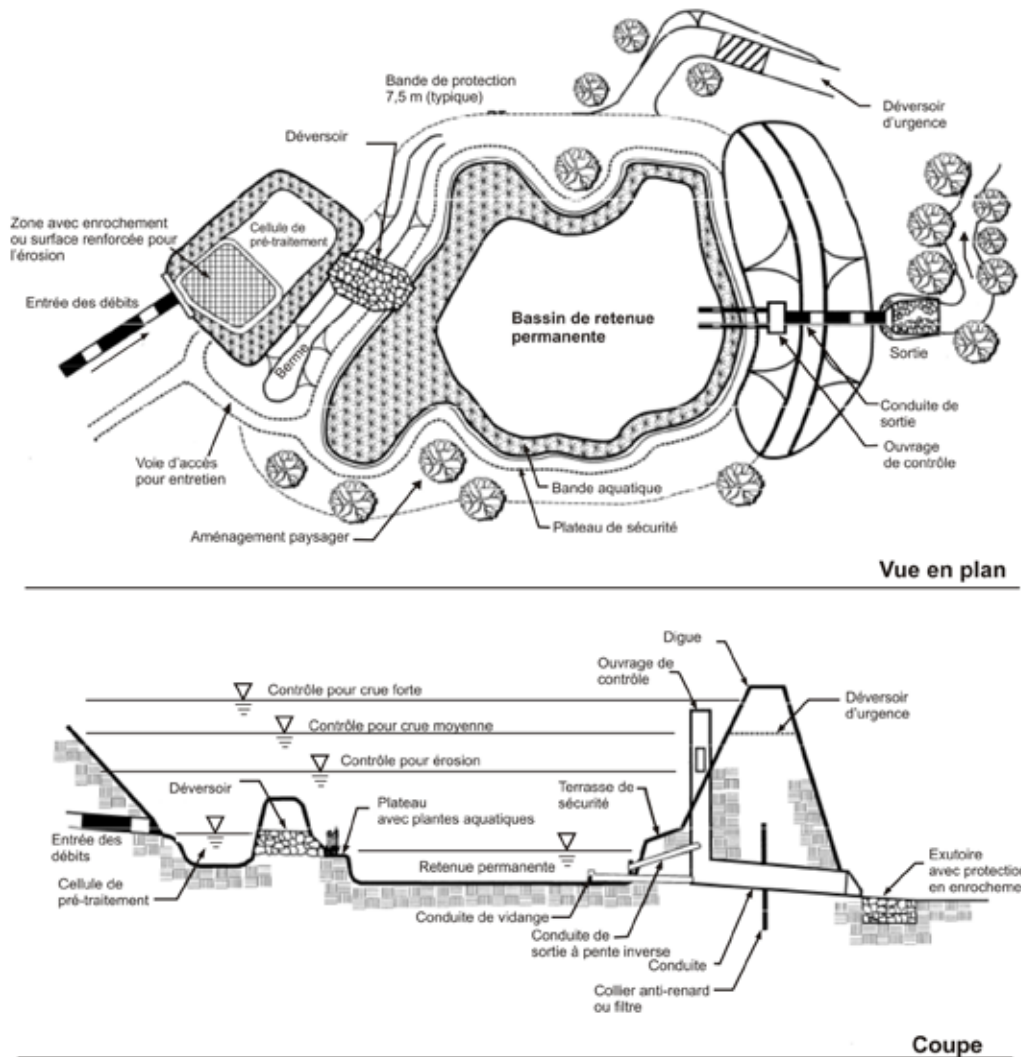


Figure 11.81 Configuration typique d'un bassin avec retenue permanente (adapté de Vermont, 2002; MPCA, 2005; UDFCD, 2005).

métaux (Barr, 2001);

- Les débits relâchés contiennent de l'eau chaude en été, ce qui peut limiter l'utilisation de ce type de bassin lorsque les espèces de poissons sont plus sensibles à des chocs thermiques ou de l'eau trop chaude.

Principes et critères de conception

La figure 11.81 montre une configuration typique d'un bassin avec retenue permanente et le tableau 11.18 fournit un résumé des principales recommandations pour la conception. Une discussion plus approfondie de certains éléments est donnée ci-après.

Superficie du bassin versant tributaire

La surface minimale spécifiée pour le bassin versant tributaire (5 ha) vise à s'assurer que les ouvrages de contrôle à la sortie ne seront pas trop petits et trop exposés à un

colmatage par des débris et également à avoir des apports d'eau suffisants. Une superficie plus grande que 10 ha est toutefois jugée préférable (MOE, 2003).

Volumes de stockage

La planification à l'échelle du bassin versant pourra fournir des critères de conception pour les différents débits de contrôle. En ce qui concerne le volume de la retenue permanente, plus il sera grand et meilleur sera le pourcentage d'enlèvement des matières en suspension; des mesures sur des bassins construits en Ontario (figure 11.82) ont permis d'établir une relation entre la retenue permanente et la concentration des matières en suspension à la sortie.

La performance d'enlèvement des MES d'un bassin de rétention avec retenue permanente dépend à la fois du volume de la retenue permanente et de la durée de la retenue temporaire (soit le volume d'eau s'accumulant au-dessus

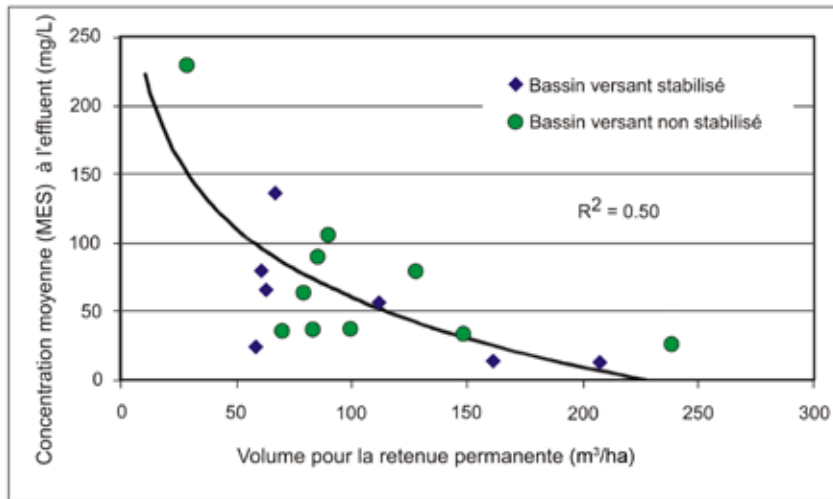


Figure 11.82 Relation entre le volume de la retenue permanente et la concentration moyenne des MES à la sortie (adapté de SWAMP, 2005).

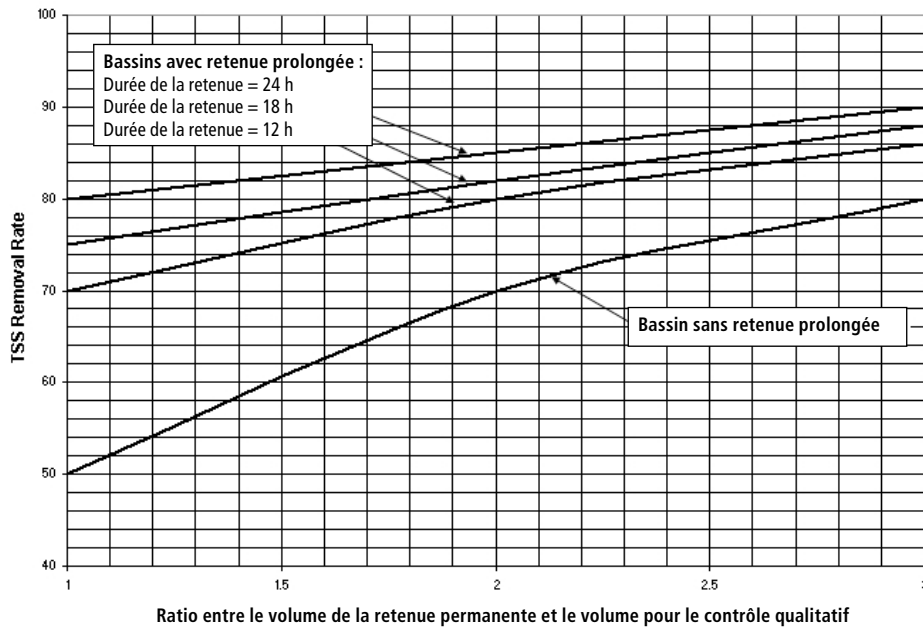


Figure 11.83 Performance d'enlèvement des MES de bassins à retenue permanente (adapté de New Jersey 2004)

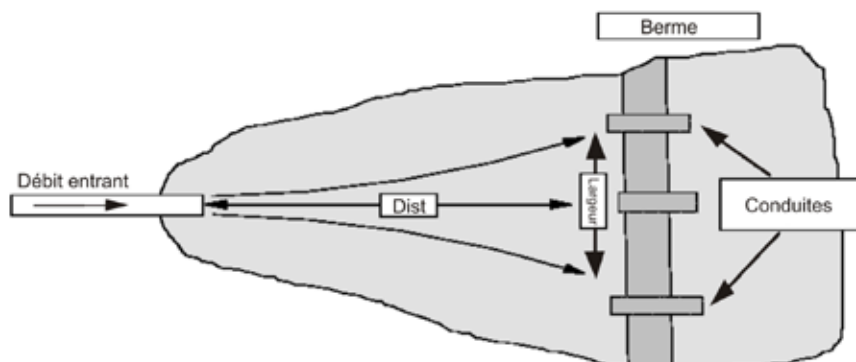


Figure 11.84 Paramètres de conception pour la cellule de prétraitement (adapté de MOE, 2003).

de la retenue permanente). Tel que le montre la figure 11-83, un bassin ayant une retenue permanente importante mais pas de retenue prolongée présenterait une performance d'enlèvement des MES différente de celle d'un autre bassin qui aurait une retenue permanente faible mais une retenue prolongée de longue durée. Le volume de la retenue permanente devrait minimalement correspondre au volume calculé pour le contrôle qualitatif (tel que présenté au chapitre 8) pour atteindre une performance de 80 % d'enlèvement des MES.

Un contrôle pour la qualité impliquera l'utilisation d'un orifice de plus petit diamètre (minimum recomman-

dé de 75 mm) qui nécessitera une protection adéquate contre le colmatage.

Cellule à l'entrée

Une cellule de prétraitement à l'entrée facilitera l'entretien et augmentera la capacité pour l'enlèvement des polluants en retenant les particules de plus grandes dimensions à cet endroit. La cellule devrait comprendre une zone plus profonde (1 m) pour minimiser l'érosion et la remise en suspension des particules.

La cellule devrait être séparée du reste du bassin par une berme en matériau granulaire, qui devra être

Tableau 11.18

Résumé des critères de conception – bassin avec retenue permanente
(adapté de MOE, 2003, UDFCD, 2005; Vermont, 2002; MPCA, 2005), Calgary, 2011.

Paramètre ou élément de conception	Objectif pour la conception	Critère minimal	Critère recommandé
Superficie du bassin versant tributaire	Dimensions minimales des ouvrages de contrôle à la sortie	5 ha	≥ 10 ha
Volume de la retenue variable	Fournir un certain pourcentage d'enlèvement des polluants	Une fois le volume calculé pour le contrôle qualitatif	Une fois le volume calculé pour le contrôle qualitatif
Volume de la retenue permanente	Fournir un certain pourcentage d'enlèvement des polluants	Une fois le volume calculé pour le contrôle qualitatif	Volume de la retenue permanente augmenté pour tenir compte de l'épaisseur de glace anticipée et de l'espace occupé par l'accumulation de sédiments
Durée de la retenue prolongée	Décantation des matières en suspension	24 h	48 h
Cellule à l'entrée	Prétraitement	Profondeur min. : 1 m Conçue pour ne pas produire des vitesses favorisant l'érosion à la sortie de la cellule Surface maximale : 33 % de la retenue permanente	Profondeur min. : 1,5 m Volume maximum : 20 % de la retenue permanente
Ratio longueur/largeur	Maximiser le parcours de l'écoulement et minimiser le potentiel de court-circuitage	3 : 1 (peut être accompli par des bermes ou autres moyens) Pour la cellule de prétraitement : minimum 2 : 1	De 4 : 1 à 5 : 1
Profondeur de la retenue permanente	Minimiser la remise en suspension, mauvaises conditions pour l'eau Sécurité	Profondeur max. : 3 m Profondeur moy. : 1 - 2 m	Profondeur max. : 2,5 m Profondeur moy. : 1 - 2 m
Profondeur de la retenue variable	Contrôle des débits	Qualité et érosion : max. 1,5 m Total (incluant les débits plus rares) 2 m	Qualité et érosion : max. 1 m Profondeur moy. : 1 - 2 m
Pentes latérales	Sécurité Maximiser la fonctionnalité du bassin	5 : 1 pour 3 m de chaque côté de la retenue permanente Maximum 3 : 1 ailleurs	7 : 1 près du niveau d'eau normal avec l'utilisation de marches de 0,3 m 4 : 1 ailleurs
Entrée	Éviter blocage ou gel	Minimum : 450 mm Pente > 1 % Si submergée, le dessus de la conduite devrait être 150 mm sous le niveau maximal de la glace	Pente de la conduite > 1 %
Sortie	Éviter blocage ou gel	Minimum : 450 mm pour conduite de sortie Conduite à pente inversée comme ouvrage de sortie devrait avoir un diamètre minimum de 150 mm Pente > 1 % Si un contrôle par orifice est utilisé, diam. Minimum de 75 mm (à moins d'être protégé)	Pente de la conduite > 1 % Diamètre minimal d'un orifice de contrôle : 100 mm
Accès pour la maintenance	Accès pour camion ou petite rétrocaveuse	Soumis à l'approbation des Travaux Publics	Prévoir un mécanisme pour vider au besoin les cellules à l'entrée ou à la sortie

protégée contre l'érosion par de l'enrochement. Certains calculs peuvent permettre de configurer la cellule (figure 11.84).

La longueur de la cellule devrait être la plus grande valeur entre les 2 équations suivantes (MOE, 2003) :

$$\text{Dist} = \sqrt{\frac{r Q_p}{V_s}} \quad \text{ou} \quad \text{Dist} = \frac{8 Q}{d V_r}$$

Où Dist = la longueur de la cellule (m)

r = ratio longueur/largeur

Q_p = Débit de pointe à la sortie du bassin pour la pluie de conception pour le contrôle qualitatif

Q = Débit de pointe correspondant à la capacité de la conduite d'entrée

V_s = vitesse de décantation (qui dépend de la dimension des particules – une vitesse de 0,0003 m/s est recommandée (MOE, 2003)

d = profondeur de la retenue permanente dans la cellule (dans la partie la plus profonde)

V_r = vitesse désirée dans la cellule (m/s) – objectif : inférieure à 0,5 m/s

La première équation tient compte du mécanisme de décantation alors que la deuxième établit la longueur nécessaire pour ralentir un jet arrivant dans la cellule. Le débit pour le contrôle de la qualité devrait être établi avec la pluie de conception appropriée, ou encore avec la méthode rationnelle en utilisant l'intensité de pluie établie avec l'équation suivante (MOE, 2003) :

$$I = 43 C + 5,9$$

Où I est l'intensité de pluie (mm/h) et C est le coefficient de ruissellement de la méthode rationnelle.

La largeur de la cellule dans la partie la plus profonde devrait être établie avec l'équation suivante (MOE, 2003) :

$$\text{Largeur} = \text{Dist}/8$$

Généralement, la largeur devrait faire en sorte que le ratio longueur/largeur soit supérieur à 2 :1 (MOE, 2003).

Le volume d'eau retenue en permanence devrait également correspondre à un certain pourcentage du volume pour le contrôle de la qualité (3-5 %; UDFCD, 2005)) ou encore, être établi en fonction de la superficie imperméable du bassin tributaire (environ 6,25 mm par ha; Georgia, 2000).

Le fond de la cellule devrait être en béton ou avec un autre type de matériau relativement lisse et résistant, de façon à faciliter l'enlèvement des sédiments (UDFCD, 2005).

Les conduites installées dans la berme devraient

par ailleurs avoir leur radier au moins 0,6 m au-dessus du fond de la cellule (MOE, 2003). Si la berme est submergée (ce qui est recommandé pour ne pas inciter les personnes à y accéder), le dessus devrait être de 150 à 300 mm sous le niveau de la retenue permanente (MOE, 2003).

Ratio longueur/largeur

Idéalement, le ratio longueur/largeur devrait être le plus long possible et l'entrée du bassin devrait être en principe le plus loin possible de la sortie. L'utilisation de bermes, produisant un parcours sinueux, peut aider à allonger le temps de parcours.

Profondeur

La profondeur d'eau moyenne pour la retenue permanente devrait être de 1 à 2 m (MOE, 2003), avec un maximum de 3 m incluant tous les volumes de stockage. La hauteur maximale pour la tranche au-dessus de la retenue permanente devrait par ailleurs être limitée à 2 m.

Pentes latérales

Les pentes latérales d'un bassin sec sont en général moins critiques que pour un bassin avec retenue permanente mais, comme l'eau pourra rester pour une période de 24 à 48 h avant une vidange complète, les pentes devraient être idéalement de 4 :1 ou plus douces si possible.

Entrée

On devra de façon générale limiter le nombre d'entrées au bassin pour minimiser surtout l'entretien. Une protection adéquate devra toujours être prévue pour minimiser l'érosion (voir section sur les éléments communs aux différents types de bassins).

Sortie

Il y a plusieurs types de mécanismes de contrôle et d'aménagement possibles à la sortie d'un bassin avec retenue permanente. Généralement, les ouvrages devraient être localisés dans la digue et dans une chambre pour faciliter l'accès et les activités d'entretien. Un système avec conduite à pente inversée peut être utilisé pour acheminer l'eau dans une chambre, où les différents mécanismes de contrôle pour comprendre une conduite perforée installée verticalement ou un petit orifice dans un mur pour le contrôle des plus petits débits (qualité et érosion) et

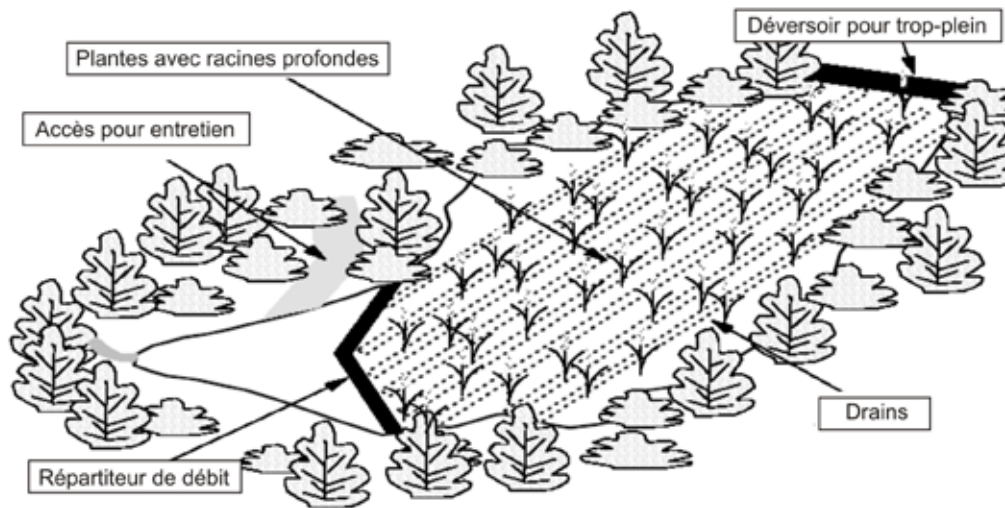


Figure 11.85 Configuration typique d'un bassin d'infiltration (adapté de MOE, 2003).

d'autres orifices et déversoir pour le contrôle des débits plus importants (10 ans et 100 ans). Un déversoir d'urgence devrait toujours être prévu au cas où il y aurait colmatage des autres orifices. La conduite de sortie de la chambre devrait par ailleurs être de dimensions suffisantes pour accepter les débits maximaux (typiquement 1 dans 100 ans en tenant compte du laminage dans le bassin).

Revanche

Une revanche minimale de 300 mm devrait être prévue entre le niveau maximal de conception et le niveau de débordement du bassin. Un déversoir d'urgence doit également être prévu et on devra évaluer au besoin les conséquences d'un débordement pour les secteurs environnants.

Protection pour l'érosion

Cette protection est importante à prévoir, tant à l'entrée qu'à la sortie du bassin de rétention. Des mécanismes de diffusion pour diminuer l'énergie du courant, comme des bassins ou des bermes particulières, peuvent être employés. La grosseur de l'enrochement à prévoir dépend des vitesses attendues pour les conditions de design.

Étanchéisation du fond

Si les analyses géotechniques indiquent que c'est nécessaire, le fond devra être rendu imperméable à l'aide d'une couche d'argile ou avec une membrane spécifique (MPCA, 2005; Washington, 2005).

Plantations

Une stratégie de plantations relativement élaborée est nécessaire pour un bassin avec retenue permanente pour fournir des bénéfices pour l'ombrage, l'esthétisme, la sécurité, les habitats et l'enlèvement des polluants.

La section 11.7.2 donne des suggestions et recommandations pour les plantations les plus appropriées pour ces différentes zones.

Opération en conditions hivernales

Pour tenir compte de la glace, il est recommandé que le volume de la retenue permanente soit augmenté par une valeur équivalente au volume occupé par le couvert de glace (MOE, 2003). Le diamètre de la conduite d'entrée devrait être au minimum de 450 mm, avec une pente minimum de 1 % si possible. L'entrée ne devrait pas être submergée ou, si c'est impossible, le dessus de la conduite devrait être au moins 150 mm plus bas que le dessous de la glace. Le diamètre minimum de la conduite de sortie (à pente inversée) devrait être de 150 mm, en tenant compte également d'un dégagement minimum de 150 mm pour la glace.

Pour les volumes printaniers avec une charge plus élevée de polluants, certains guides ont suggéré l'utilisation d'une approche de gestion adaptée aux différentes saisons (MPCA, 2005; Vermont, 2002), en ajustant les degrés de contrôle à la sortie (en évitant par exemple la relâche des débits printaniers et en la faisant graduellement pour mieux diluer les rejets). Le guide du Minnesota (MPCA, 2005) fournit une discussion approfondie de ce type de gestion.

11.7.5 Bassin d'infiltration

Description

Un bassin d'infiltration est conçu pour stocker le volume de ruissellement et l'infiltrer sur une période de plusieurs heures. Ce type de système, qui doit être construit dans des sols hautement perméables, a été très peu utilisé au Québec ou ailleurs au Canada jusqu'à maintenant (MOE, 2003). Certains pays (Barraud *et al.*, 2006) ou états américains (Washington, 2005; Maryland, 2000) ont toutefois eu l'occasion d'utiliser ce système et de proposer certaines recommandations quant à leur conception. Le prétraitement, en utilisant des séparateurs, des fossés, des bassins de sédimentation ou des bandes filtrantes, est un élément essentiel de la conception pour assurer une durée de vie acceptable.

Applicabilité

Ce type de système n'est pas applicable à des secteurs pouvant apporter une grande quantité de sédiments et lorsqu'une contamination de la nappe phréatique est pos-

sible (zones sensibles). Les sols en place doivent avoir un très bon taux de percolation (> 60 mm/h; MOE, 2003), avec les conditions usuelles pour des pratiques fonctionnant par infiltration (nappe phréatique ou roc à au moins 1 m sous le lit du bassin d'infiltration).

Avantages

- Réduit le volume de ruissellement;
- Peut être très efficace pour enlever les sédiments fins, les métaux, les nutriments, les bactéries et les substances organiques;
- Réduit les surcharge en aval et contribue à contrôler l'érosion dans les cours d'eau;
- Réduit les dimensions et les coûts des infrastructures en aval;
- Contribue à la recharge de la nappe;
- Approprié pour de petits sites (superficie inférieure à 1 ha).

Limitations

- Peut mal fonctionner à cause d'une conception, d'une construction ou d'un entretien déficient, en particulier si un prétraitement approprié n'est pas incorporé à la conception;
- Dépendant des conditions de sols, de l'occupation du sol dans le bassin versant et de la profondeur de la nappe phréatique, un risque de contamination peut exister;
- Non approprié pour des sites industriels ou commerciaux où la relâche de quantités importantes de sédiments ou de polluants est possible;
- Susceptible au colmatage, ce qui implique un suivi plus rigoureux et un entretien fréquent;
- Requiert une surface plane relativement grande;
- Requiert des inspections fréquentes et un bon entretien.

Principes et critères de conception

Certaines références fournissent une discussion détaillée des éléments de conception pour ce type de système (MOE, 2003; Barr, 2001; Washington, 2005, Barraud *et al.*, 2006; CIRIA, 1996) et on pourra les consulter au besoin. Le tableau 11.19 donne les principales recommandations tirées du guide de l'Ontario (MOE, 2003).

Tableau 11.19
Résumé des critères de conception – bassin d'infiltration
(adapté de MOE, 2003).

Paramètre ou élément de conception	Objectif pour la conception	Critère minimal
Superficie du bassin versant tributaire	Infiltration	5 ha
Volume pour le contrôle de la qualité	Fournir un certain pourcentage d'enlèvement des polluants	Événement de conception pour la qualité
Taux de percolation	Infiltration	> 60 mm/h
Profondeur de la nappe phréatique	Infiltration	> 1 m
Profondeur du roc	Infiltration	> 1 m
Ratio longueur/largeur	Disperser le débit	3 :1 recommandé
Profondeur de stockage	Prévenir la compaction	< 600 mm
Prétraitement	Longévité Protection de la nappe phréatique	Requis Prévoir une redondance des mécanismes de prétraitement
Bypass	Opération hiver/printemps	Requis
Accès pour la maintenance	Accès pour équipement léger	Soumis à l'approbation des Travaux Publics
Plan d'aménagement paysager	Favoriser l'infiltration Augmenter la porosité	Gazon, herbes, légumes avec des racines profondes

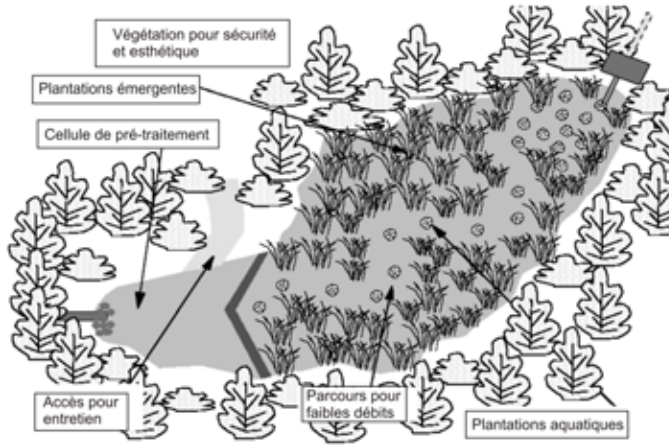


Figure 11.86 Configuration typique d'un marais artificiel (adapté de MOE, 2003).



Figure 11.87 Aménagement d'un marais artificiel.

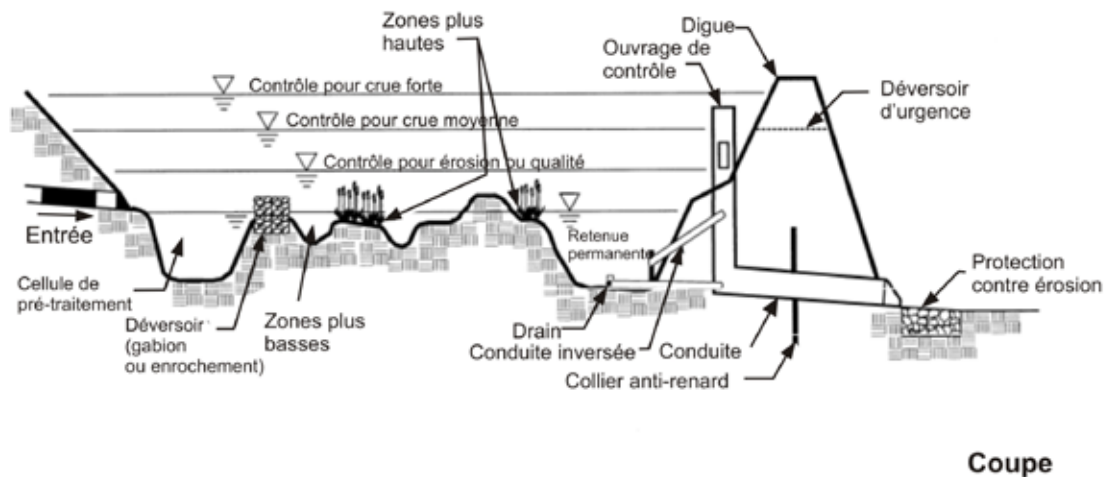
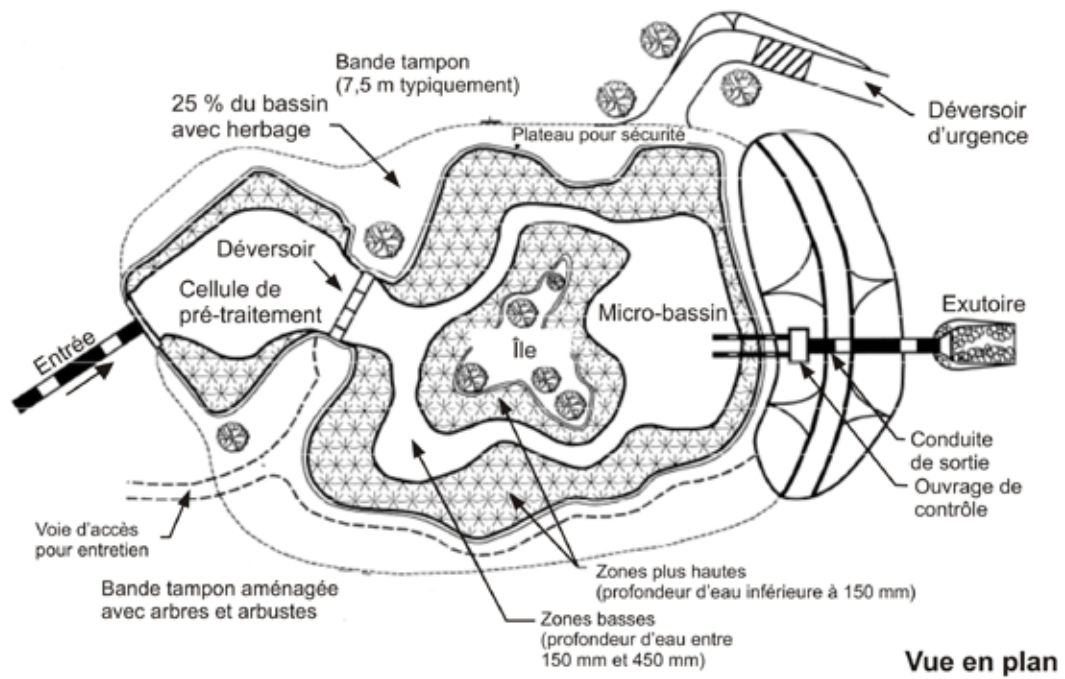


Figure 11.88 Éléments de conception d'un marais artificiel (adapté de Vermont, 2002).

11.7.6 Marais artificiels

Description générale

Les marais artificiels sont des systèmes conçus pour maximiser l'enlèvement des polluants par l'intermédiaire de plusieurs mécanismes (Minton, 2005; Barr, 2001) dont plusieurs sont associés à la présence de plantes. Ces marais stockent temporairement l'eau dans des zones de faibles profondeurs qui supportent les conditions favorables à la croissance de plantes spécifiques. La conception de marais est soumise à un certain nombre de contraintes, incluant les types de sols, la profondeur de la nappe phréatique, la superficie du bassin tributaire ainsi que la superficie de terrain disponible. Des investigations relativement poussées concernant ces différents paramètres sont donc nécessaires pour établir les caractéristiques d'un tel système (Schueler, 1992; MPCA, 2005;

Barr, 2001; MOE, 2003; Washington, 2005; Wong *et al.*, 2006; UDFCD, 2005). Les figures 11.86 et 11.87 montrent respectivement un schéma type et un aménagement d'un marais artificiel.

Avantages

- Contribue à améliorer la qualité des eaux en aval;
- Décantation des polluants ;
- Réduction des substances organiques et des bactéries dans le ruissellement urbain;
- Réduction de la pollution par l'action des plantes;
- Réduction des débits de pointe;
- Améliore la diversité de la végétation et des habitats;
- Valeur esthétique;
- Coûts d'entretien relativement bas.

Tableau 11.20

Résumé des critères de conception – marais artificiel (adapté de MOE, 2003).

Paramètre ou élément de conception	Objectif pour la conception	Critère minimal
Superficie du bassin versant tributaire	Soutenir la végétation; apport d'eau soutenu	5 ha 10 ha préférable
Volume pour le contrôle de la qualité	Fournir un certain pourcentage d'enlèvement des polluants	Événement de conception pour la qualité
Durée de la retenue prolongée	Décantation des matières en suspension	24 h (12 h si en conflit avec le critère d'orifice minimum)
Cellule à l'entrée	Prétraitement	Profondeur min. : 1 m Conçue pour ne pas produire des vitesses favorisant l'érosion à la sortie de la cellule Surface maximale : 20 % de la retenue permanente
Ratio longueur/largeur	Maximiser le parcours de l'écoulement et minimiser le potentiel de court-circuitage	3 :1 (peut être accompli par des bermes ou autres moyens) Pour la cellule de 11.5.10 : minimum 2 :1
Profondeur de la retenue permanente	Besoins pour la végétation, décantation rapide	La profondeur moyenne devrait être entre 150 mm et 300 mm
Profondeur de la retenue variable	Contrôle des débits Maintenir la végétation	Maximum 1 m pour des événements de période de retour inférieure à 10 ans
Pentes latérales	Sécurité Maximiser la fonctionnalité du bassin	5 :1 pour 3 m de chaque côté de la retenue permanente Maximum 3 :1 ailleurs
Entrée	Éviter blocage ou gel	Minimum : 450 mm Pente > 1 % Si submergée, le dessus de la conduite devrait être 150 mm sous le niveau maximal de la glace
Sortie	Éviter blocage ou gel	Minimum : 450 mm pour conduite de sortie Conduite à pente inversée comme ouvrage de sortie devrait avoir un diamètre minimum de 150 mm Pente > 1 % Si un contrôle par orifice est utilisé, diam. Minimum de 75 mm (à moins d'être protégé); min. de 100 mm préférable
Accès pour la maintenance	Accès pour camion ou petite rétrocaveuse	Soumis à l'approbation des Travaux Publics



Figure 11.89 Aménagement d'un filtre à sable de surface.

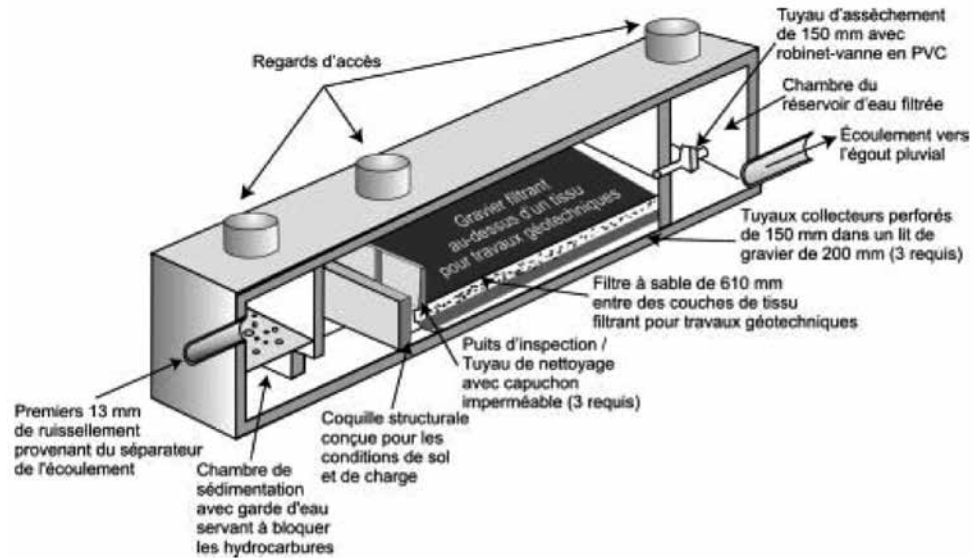


Figure 11.90 Éléments de conception filtre à sable souterrain (INFRAGuide, 2005).

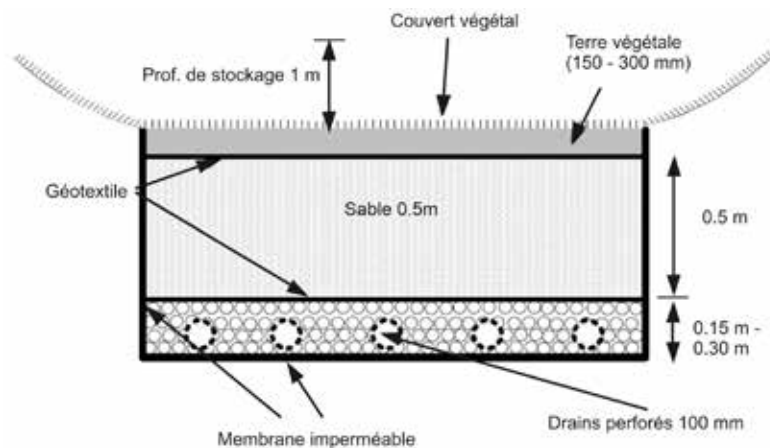


Figure 11.91 Filtre à sable de surface (adapté de MOE, 2003).

Tableau 11.21

Résumé des critères de conception – filtre à sable (adapté de MOE, 2003).

Paramètre ou élément de conception	Objectif pour la conception	Critère minimal	Critère recommandé
Superficie du bassin versant tributaire		5 ha	
Volume pour le contrôle de la qualité	Fournir un certain pourcentage d'enlèvement des polluants	Événement de conception pour la qualité	
Prétraitement	Longévité	Prétraitement avec chambre de sédimentation ou cellule, bande filtrante, noue ou séparateur	Volume de la chambre de sédimentation : Winter by-pass : 25 % du volume pour le contrôle de la qualité Opération hivernale : 50 % du volume pour le contrôle de la qualité
Stockage	Protéger la végétation	organiques : 0,5 m Filtre en surface et avec biorétention: 0,15 m	
Profondeur du substrat filtrant	Filtration	Sable : 0,5 m Organique : 0,15 – 0,3 m terre organique 0,1 m mélange terre/sable 0,5 m sable Biorétention 1,0 – 1,2 m de substrat pour plantations	
Drain	Évacuation des débits	Conduites perforées de 100 mm minimum enrobées de 150 mm à 300 mm de gravier 50 mm	Pour conditions hivernales : Conduites perforées de 200 mm minimum enrobées de 300 mm de gravier 50 mm

Limitations

- Relâche de nutriments à l'automne;
- Peut être difficile de maintenir la végétation sous plusieurs conditions de débits;
- Certaines espèces d'oiseaux ou d'animaux peuvent devenir indésirables;
- Peut devenir un puits de chaleur, relâchant des eaux chaudes;
- Dépendant du design, peut nécessiter une surface plus grande que d'autres types de PGO;
- L'efficacité pour l'enlèvement des polluants peut être moindre avant que la végétation soit adéquatement établie;
- Coûts de construction relativement plus élevés en comparaison à d'autres PGO.

Principes et critères de conception

La figure 11.88 montre une configuration typique d'un marais artificiel (plusieurs variantes sont décrites dans la littérature (Vermont, 2002; Schueler, 1992; Barr, 2001; MPCA, 2005; UDFCD, 2005)). Le tableau 11.20 résume les principales recommandations quant à la conception.

11.7.7 Filtre à sable

Description générale

Bien qu'utilisés depuis quelques années aux États-Unis, les filtres à sable n'ont pas été jusqu'à maintenant utilisés au Québec. Ils peuvent être construits en surface ou sous la surface du sol et sont généralement applicables pour de petites surfaces tributaires (inférieure à 5 ha; MOE, 2003). Ils sont utilisés spécifiquement pour le contrôle qualitatif.

Les figures 11.89 et 11.90 montrent respectivement un aménagement ainsi que les éléments typiques de conception.

Il existe plusieurs types de filtre à sable (MOE, 2003; MDE, 2000), incluant :

- Filtre à sable de surface;
- Filtre organique;
- Filtre à sable souterrain;
- Filtre à sable au périmètre;
- Filtre avec biorétention.

Les filtres à sable en surface (figure 11.91) et souterrain sont les plus communs.

Principes et critères de conception

Le tableau 11.21 fournit un résumé des principaux critères de conception pour un filtre à sable.

RÉFÉRENCES

- AEP (Alberta Environmental Protection), 1999. *Stormwater Management Guidelines for the Province of Alberta*, Edmonton (Alberta).
- ASCE/EWRI, 2001. *Guide for Best Management Practice (BMP) Selection in Urban Developed Areas*, comité de travail chargé d'évaluer les pratiques de gestion optimales du Urban Water Infrastructure Management Committee, ASCE, (Virginie) É.-U.
- ASCE/WEF, 1998. *Urban Runoff Quality Management*, WEF Manual of Practice No. 23, ASCE Manual and Report on Engineering Practice No. 87, Alexandria et Reston, (Virginie) É.-U.
- Barr Engineering, 2001. *Minnesota Urban Small Sites BMP Manual/Stormwater Best Management Practices for Cold Climates*, rédigé pour le Metropolitan Council, ville de Minneapolis (Minnesota) É.-U.
- Camp Dresser McKee, 1993. *California Stormwater Best Management Practice Handbooks*, Caltrans (Californie) É.-U.
- CIRIA, 1996. *Infiltration Drainage, Manual of Good Practice*, Rapport 156, Londres.
- Colombie-Britannique, , 2002. Ministry of Water, Lands and Air Protection : *Stormwater Planning: A Guidebook for British Columbia*, Victoria (Colombie- Britannique).
- CWP (Center for Watershed Protection), 1997. *Stormwater BMP Design Supplement of Cold Climates*, Ellicott City (Maryland). À télécharger sur le site Web www.cwp.org.
- EPA (United States Environmental Protection Agency), 1983. *Results of the Nationwide Urban Runoff Program: Volume 1 – Final Report*, Water Planning Division, Washington (D.C.), publication no 83-185552 de la NTIS (Nota. – On peut se procurer un résumé du rapport en s'adressant à l'EPA : publication n° EPA-841-S-83-109).
- EPA (United States Environmental Protection Agency), 1993. *Handbook Urban Runoff Pollution Prevention and Control Planning*, EPA 625-R-93-004, Washington (D.C.).
- _____, 1999. *Preliminary Data Summary of Urban Storm Water Best Management Practices*, EPA-821-R-99-012, Office of Water, EPA, Washington (D.C.).
- _____, 2002. <http://www.epa.gov/npdes/menuofbmps/menu.htm>.
- GVRD (Greater Vancouver Regional District), (2005). *Stormwater Source Controls Design Guidelines*. Vancouver (Colombie-Britannique).
- GVSD (Greater Vancouver Sewerage and Drainage District), 1999a. *Best Management Practices Guide for Stormwater*, Vancouver (C.-B.)
- _____, 1999b. « Appendix A – Construction Site Erosion and Sediment Control Guide », *Best Management Practices Guide for Stormwater*, Vancouver (C.-B.).
- Guide national pour des infrastructures municipales durables (InfraGuideMD), 2003. Règle de l'art en matière d'eaux pluviales et eaux usées : *Contrôles à la source et sur le terrain des réseaux de drainage municipaux*. Un partenariat du Conseil national de recherches Canada et de la Fédération canadienne des municipalités, Ottawa, Ontario.
- _____, 2004. Règle de l'art en matière d'eaux pluviales et eaux usées : *Planification de la gestion des eaux pluviales*, Un partenariat du Conseil national de recherches Canada et de la Fédération canadienne des municipalités, Ottawa, Ontario.
- Horner, R.R., J.J. Skupien, E.H. Livingston et E.H. Shaver, 1994. *Fundamentals of Urban Runoff Management: Technical and Institutional Issue*, Terrene Institute et U.S. Environmental Protection Agency, Washington (D.C.).
- Jaska, K., 2000. *Stormwater Management and Drainage Manual*, ville de Calgary (Alberta).
- Li, J., R. Orlando et T. Hogenbirk, 1998. « *Environmental Road and Lot Drainage Designs: Alternatives to the Curb-Gutter-Sewer System.* » Revue canadienne de génie civil, n° 25.
- Maksimovic, C. (ed.), 2000. *Urban Drainage in Cold Climates*, IHP-V, documents techniques en hydrologie, n° 40, vol. II, UNESCO, Paris.
- Marsalek, J. et coll. (eds), 2001. *Advances in Urban Stormwater and Agricultural Runoff Source Controls*, 1-15, compte rendu du Advanced Research Workshop on Source Control Measures for Stormwater Runoff de l'OTAN, St-Marienthal-Ostritz, Allemagne, publications universitaires Kluwer. Consulter le site <http://www.nato.int/science>.
- Mays, L. W. (Éditeur), 2000. *Stormwater Collection Systems Design Handbook*, McGraw-Hill, New York (New York) É.-U.
- MDE (Maryland Department of the Environment), 2000. *Maryland Stormwater Design Manual*, volumes I et II, rédigé pour le Center for Watershed Protection, Baltimore (Maryland) É.-U.
- MOE (Ministère de l'environnement de l'Ontario), 1994. *Stormwater Management Practices/Planning and Design Manual*, Ministère de l'Environnement de l'Ontario, Toronto (Ontario).
- _____, 2003. *Stormwater Management Planning and Design Manual*, Ministère de l'Environnement de l'Ontario, Toronto (Ontario).

- MPCA (Minnesota Pollution Control Agency), 2000. *Protecting Water Quality in Urban Areas: Best Management Practices for Minnesota*, St. Paul (Minnesota) É.-U.
- New Jersey Department of Environmental Protection, 2004. *New Jersey Stormwater Best Management Practices Manual*, (New Jersey) É.-U.
- NVPDC, 1996. *Nonstructural Urban BMP Handbook: A Guide to Nonpoint Source Pollution Prevention and Control Through Nonstructural Measures*, Annandale (Virginia) É.-U.
- NYDEC (New York Department of Environmental Conservation), 2001. *Stormwater Management Design Manual*, rédigé pour le Center for Watershed Protection, New York (New York) É.-U.
- Prince George's County, 1999a. *Low Impact Development Hydrologic Analysis*, (Maryland), É.-U.
- _____, 1999b. *Low Impact Development Design Strategies – An Integrated Approach*, (Maryland) É.-U.
- Rivard, G., et P. Dupuis, 1999. *Criteria for Surface On-Site Detention Systems: A Reality Check*, Eighth International Conference on Urban Storm Drainage, Sydney, Australie.
- Schueler, T., 1987. *Controlling Urban Runoff: A Practical Manual for Planning and Designing Urban BMPs*, Metropolitan Washington Council of Governments, Washington (D.C.)
- Seattle (Ville de), 2000. *Source Control Technical Requirements Manual*, Seattle Public Utilities, Seattle (Washington) É.-U.
- Terrene Institute, 1990. *Urban Targeting and BMP Selection*, Washington (D.C.)
- Terrene Institute, 1996. *A Watershed Approach to Urban Runoff: Handbook for Decisionmakers*, Terrene Institute et US EPA, Washington (D.C.)
- TRCA (Office de conservation de la nature de Toronto et de ses environs) et MOE (Ministère de l'environnement de l'Ontario), 2001. *Stormwater Pollution Prevention Handbook*, rédigé par Totten Sims Hubicki Associates, Donald Weatherbe Associates et Elizabeth Leedham, Toronto (Ontario).
- UDFCD (Urban Drainage and Flood Control District), 2005. *Urban Storm Drainage Criteria Manual, Volume 3 – Best Management Practices*, Urban Drainage and Flood Control District, Denver (Colorado) É.-U.
- Urbonas, B. R., et L.A. Roesner, 1993. « *Hydrologic Design for Urban Drainage and Flood Control* », *Handbook of Hydrology*, publié par D.R. Maidment, New York : McGraw-Hill, p. 28-1-28-52.
- Vermont Agency of Natural Resources, 2002. *Vermont Stormwater Management Manual*, rédigé par le Center for Watershed Protection, (Vermont) É.-U.
- Washington State Department of Ecology, 2005. *Stormwater Management Manual for Western Washington*, (Washington) É.-U.
- YOUNG, K.G. et coll., 1996. *Evaluation and Management of Highway Runoff Water Quality*, publication no FHWA-PD-96-032, Federal Highway Administration, Washington (D.C.).