

COÛTS DE CONSTRUCTION ET D'OPÉRATION

CHAPITRE 13

13.1 INFORMATIONS GÉNÉRALES

Ce chapitre fournit de l'information de base sur les différents coûts pouvant être associés à la mise en œuvre des pratiques de gestion optimales (PGO). Les coûts des pratiques de gestion sont évidemment une composante de planification importante à évaluer pour établir la viabilité économique d'un développement et ils doivent être considérés lorsqu'il est nécessaire de comparer différentes variantes de ces pratiques. Les coûts d'opération et de maintenance, qui sont souvent sous-évalués ou négligés lors des étapes préalables de conception et de construction, sont par ailleurs des éléments critiques à prendre en compte pour les évaluations globales de coûts puisque les ouvrages devront être maintenus en bonne condition d'opération (voir chapitre 12).

Évidemment, les coûts de construction seront appelés à varier dans le temps et selon les régions et, dans ce contexte, les coûts unitaires présentés ici ne devront être utilisés qu'à titre préliminaire pour des besoins de planification. Les coûts de construction incluent notamment le coût des différents éléments de prétraitement, les coûts des différentes PGO proprement dites, les coûts pour l'acquisition des terrains ainsi que les frais contingents et d'ingénierie. Les coûts totaux de mise en œuvre des PGO incluent par ailleurs, en plus des coûts de construction, les coûts d'opération et on devra dans le calcul du coût global prendre en considération la valeur présente d'activités qui seront réparties sur une certaine durée. Ces différents éléments sont discutés aux sections qui suivent; de l'information complémentaire sur les coûts est donnée dans différents documents (MOE, 2003; Heaney, 2002; Weiss et Gulliver, 2005; EPA, 1999; Brown et Schueler, 1997). L'an-

nexe 13-1 fournit des coûts unitaires par type de PGO tirés de différentes références (des coûts locaux devraient être utilisés lorsque disponibles).

13.2 COÛTS DE MISE EN ŒUVRE DES COMPOSANTES

13.2.1 Coûts de construction

Les éléments à prendre en compte pour établir les coûts de construction incluent notamment l'excavation de masse, les remblais et déblais, le nivellement, les structures, les coûts de matériaux ainsi que les contrôles à mettre en place lors de la construction pour l'érosion et la sédimentation. Le tableau 13.1 résume les éléments de coûts qui sont généralement à considérer pour la construction des PGO. Les éléments avec un x sont généralement requis. Soulignons que les coûts d'aménagement paysager peuvent dans certains cas représenter une part appréciable des coûts de construction et qu'ils devront être bien évalués.

La plupart des PGO nécessitent un prétraitement pour assurer une opération adéquate et une longévité appropriée. Dans certains cas, par exemple pour les PGO avec des mécanismes d'infiltration, un prétraitement est exigé dans tous les cas; pour d'autres PGO, un prétraitement permettra d'accentuer la performance alors que pour d'autres PGO encore, le prétraitement est facultatif ou non requis. Le tableau 13.2 fournit une liste de PGO qui requièrent ou non des unités de prétraitement et les types d'ouvrages qui peuvent être mis en place pour ce faire. On pourra avoir recours aux coûts unitaires donnés à l'annexe 13-1 pour l'évaluation préliminaire des coûts (l'utilisation de coûts provenant de source locale est cependant recommandée).

Tableau 13.1

Éléments pouvant être considérés pour l'établissement des coûts de construction de différentes PGO.

Type de construction ou matériau	Bassin avec retenue permanente	Marais	Bassin sec	Bassin d'infiltration	Tranchée d'infiltration	Puits d'infiltration	Bande filtrante	Filtre à sable	Séparateur huile et sédiments	Fossé engazonné	Répartiteur de débit
Excavation (sortie des matériaux)	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X
Excavation et nivellement sur le site	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X
Blocs ou enrochement pour érosion	X	X	X								
Conduite de sortie en béton	X	X	X								
Ouvrage de sortie avec perforations	X	X	X								
Grille de protection pour sortie	X	X	X								
Puits d'observation pour infiltration					X						
Enrochement	X	X	X							X	
Conduite perforée				X	X	X	X	X			
Ensemencement et terre végétale (arable)	X	X			X						
Pierre nette (gravier)					X	X		X			
Géotextile					X	X		X			
Matériau filtrant					X			X			
Plantations (submergées et émergentes)	X	X									
Plantations (bande riveraine et bande inondée)	X	X	X								
Végétation pour aménagement	X	X	X	X			X				
Clôture temporaire	X	X									
Gazon en plaque et terre végétale			X	X			X	X		X	
Béton coulé en place									X		X
Grille de protection									X		
Conduite avec coude inversé									X		
Contrôles / vannes de sortie	X	X	X								X

Tableau 13.2

Pratiques de gestion optimale et ouvrages de prétraitement.

Pratiques de gestion optimale	Besoin pour prétraitement	Ouvrages de prétraitement utilisables				
		Fossé engazonné	Écran Filtrant	Bande filtrante	Séparateur huile et sédiments	Bassin avec retenue permanente
Bassin avec retenue permanente	R	X		X	X	X
Marais	R	X		X	X	X
Bassin sec	A	X			X	X
Bassin d'infiltration	R	X		X	X	X
Tranchée d'infiltration	R	X		X	X	X
Puisard perméable	R	X			X	
Puits d'infiltration	R	X				
Bande filtrante	A		X			
Filtre à sable	A	X				X
Séparateur huile et sédiments	N	X		X	X	X
Fossés engazonnés	N					

R : Prétraitement requis

A : Prétraitement améliore la performance

N : Prétraitement non requis

13.2.2 Acquisition de terrain

La mise en place d'ouvrages de contrôle pour la gestion des eaux pluviales implique généralement l'utilisation de terrains qui pourraient autrement être disponibles pour le développement (puisque les PGO sont construites à l'extérieur des zones inondables). On doit donc reconnaître cet aspect lorsqu'on procède à la planification des mesures et à l'estimation des coûts globaux. Même en reconnaissant que les coûts d'acquisition des terrains peuvent être très variables, la prise en compte de cet élément deviendra dans plusieurs cas un aspect très important dans l'évaluation globale des différentes alternatives de contrôle et fera souvent l'objet de négociations entre le promoteur et la municipalité responsable de la mise en place des ouvrages de contrôle. Plusieurs municipalités exigent qu'un pourcentage minimal du développement soit cédé pour l'aménagement d'espaces verts.

Les coûts de terrain dépendent de la localisation et des dimensions. La surface de terrain requise pour l'implantation de bassins de retenue dépend par ailleurs du volume de stockage à fournir, des pentes latérales et de la forme du bassin. Certaines équations simplifiées, qui seront données ci-dessous, peuvent être utilisées pour obtenir de l'information de planification qui pourra être utilisée afin de comparer des concepts de contrôle. Une donnée de base pour la conception des bassins et qui doit être connue pour l'établissement des surfaces de terrain nécessaire est la profondeur moyenne; le tableau 13.3 fournit les gammes de valeurs acceptables pour ce paramètre.

Par ailleurs, le pourcentage approximatif de terrain qui devra être dédié à la mise en place des PGO varie évidemment en fonction du type et de la nature des techniques. Les valeurs du tableau 13.4 peuvent servir pour une évaluation lors de la planification; une évaluation plus précise peut être faite à l'aide des relations définies ci-après.

Bassins avec retenue permanente

La configuration suivante a été assumée pour l'établissement de la surface nécessaire pour des bassins avec retenue permanente :

- La forme du fond du bassin/marais est rectangulaire;
- Le ratio longueur/largeur est de 3 :1;
- Les pentes latérales sont de 4H :1V à l'intérieur de la retenue permanente;
- Les pentes latérales sont de 5H :1V pour la retenue variable.

Tableau 13.3

Gammes acceptables de valeurs
pour les profondeurs d'eau moyennes des bassins.

Élément de conception	Bassin avec retenue permanente	Bassin sec	Marais	Bassin d'infiltration
Profondeur d'eau pour la retenue permanente	1 à 3 m		0,15 à 0,30 m	
Profondeur d'eau pour le stockage	1 à 1,5 m	0,6 à 3 m	Inférieur ou égal à 1 m	Inférieur ou égal à 0,6 m

Tableau 13.4

Pourcentage approximatif de terrain affecté
à la mise en place des PGO (adapté de EPA, 1999).

Type de PGO	Pourcentage de la superficie drainante imperméable dédié à la PGO
Bassin de rétention	2-3 %
Marais artificiel	3-5 %
Tranchée d'infiltration	2-3 %
Bassin d'infiltration	2-3 %
Pavage poreux	0 %
Filtres à sable	0-3 %
Biorétention	5 %
Fossés engazonnés	10-20 %

En se basant sur ces hypothèses, la surface de terrain requise pour un bassin avec retenue permanente peut être estimée avec l'approche suivante :

Étape 1 Établissement de la largeur au fond du bassin (X en m) (MOE, 2003).

$$X = \frac{\sqrt{256 h_p^4 - 12 h_p \left(\frac{64}{3} h_p^3 - PV\right) - 16 h_p^2}}{6 h_p} \quad (13-1)$$

où h_p est la profondeur moyenne de la retenue permanente (m) et PV est le volume de la retenue permanente (m^3).

Étape 2 Établissement de la profondeur dans la partie de la retenue variable (h_c en m)

$$h_c = \frac{\sqrt{(X + 8h_p)^2 (3X + 8h_p)^2 + 20(3X + 8h_p)EV}}{10(3X + 8h_p)} - \frac{X + 8h_p}{10} \quad (13-2)$$

où EV est le volume de la retenue variable (m^3).

Étape 3 Détermination de la surface de terrain requise pour le bassin (S en m²)

$$S = (X + 8 h_p + 10 h_c) (3 X + 8 h_p + 10 h_c) \quad (13-3)$$

Bassins secs et bassins d'infiltration

La même approche peut être utilisée pour estimer la surface de terrain requise pour des bassins secs et des bassins d'infiltration, en utilisant les hypothèses de base suivantes :

- La forme du fond du bassin est rectangulaire;
- Le ratio longueur/largeur est de 3 :1;
- Les pentes latérales sont de 5H :1V.

Étape 1 Établissement de la largeur au fond du bassin (X en m).

$$X = \frac{\sqrt{400 h^4 - 12 h \left(\frac{100}{3} h^3 - EV\right) - 20 h^2}}{6 h} \quad (13-4)$$

où h est la profondeur moyenne de la retenue variable (m) et EV est le volume de la retenue variable (m³).

Étape 2 Détermination de la surface de terrain requise pour le bassin (S en m²)

$$S = (X + 10 h) (3 X + 10 h) \quad (13-5)$$

13.2.3 Frais contingents et d'ingénierie

Ces coûts varieront de façon significative de site en site ou de projet en projet. Aux fins de planification, ces coûts sont souvent basés sur l'expérience acquise sur d'autres projets similaires.

Les frais contingents représentent les coûts imprévus qui peuvent survenir en cours de construction. Ils peuvent comprendre des coûts additionnels de construction (par exemple excavation de roc, maintien des excavations à sec avec du pompage, etc.), des coûts additionnels de matériaux ou des modifications à la conception qui sont rendues nécessaires suite aux conditions différentes qui seront révélées sur le chantier. Ces frais sont habituellement exprimés comme un pourcentage des coûts de construction des ouvrages (généralement de l'ordre de 15 %).

Les frais contingents pour les ouvrages qui requièrent de la maintenance (par exemple les ouvrages qui sont conçus pour le contrôle qualitatif ou le contrôle de l'érosion) devraient être estimés à 15 % du coût total de

construction et en tenant compte aussi de la valeur présente des coûts d'opération et maintenance qui aura été établie.

Les coûts d'ingénierie incluent ceux encourus lors des étapes de planification, de conception et de construction de toutes les mesures de gestion des eaux pluviales. Aux fins de planification, les coûts sont généralement basés sur les coûts totaux de construction des ouvrages (de l'ordre de 10 %, mais qui peut varier en fonction de l'ampleur du projet). Certaines directives gouvernementales comme le décret 1235-87 ou encore les barèmes produits par l'association des ingénieurs-conseils du Québec peuvent être utilisés pour l'estimation des frais d'ingénierie. Soulignons par ailleurs que les activités d'ingénierie associées à la planification des ouvrages sont souvent rémunérées selon une approche forfaitaire ou horaire en fonction de l'ampleur du secteur couvert et de la complexité des analyses. La phase de planification est une activité essentielle qui permettra souvent d'avoir une influence non négligeable sur l'ensemble des coûts des autres activités; il est donc une bonne pratique de toujours en prévoir une.

13.3 COÛTS D'OPÉRATION ET DE SUIVI

Ces coûts sont requis afin de s'assurer que les ouvrages fonctionneront de la façon prévue lors de la conception, avec une durée de vie adéquate et tout en maintenant les fonctions esthétiques qui peuvent être associées à différentes PGO. Les activités de suivi et de maintenance, décrites plus en détail au chapitre précédent, peuvent inclure notamment l'enlèvement des sédiments et des débris, la maintenance pour les plantations et la végétation ainsi que l'inspection des ouvrages d'entrée et de sortie.

En se basant sur les analyses de suivi complétées au cours des récentes années, les PGO qui utilisent des processus d'infiltration ont une longévité qui peut être plus courte que les autres pratiques et il y a lieu dans ces cas de porter une attention particulière aux activités d'entretien. Les pratiques de prétraitement ne peuvent permettre d'enlever toutes les matières en suspension présentes dans les eaux de ruissellement et il y a donc un danger potentiel que les ouvrages d'infiltration ne se colmatent avec le temps. Lorsque le colmatage devient trop important, la seule issue sera souvent de reconstruire les ouvrages. On devra tenir compte des coûts d'opération et de suivi et les coûts de reconstruction devront être basés sur la longévité estimée.

L'estimation de cette longévité peut être subjective jusqu'à un certain point mais l'équation 13-6 et les valeurs du tableau 13.5 pourront servir de guide.

$$L = (P \times T) 0,4 \quad (13-6)$$

où L est la longévité (en années), P est la perméabilité du sol (mm/h) et T est un facteur de longévité avec des valeurs données au tableau 13.5. Les valeurs fournies au tableau ont été établies en assumant qu'il y avait un prétraitement adéquat en amont. Sans prétraitement, la durée de vie peut être considérablement réduite (approximativement de l'ordre de 5 ans). De plus, la méthode proposée pour estimer la longévité présuppose que le niveau de la nappe phréatique et du roc est favorable pour la mise en place d'ouvrages fonctionnant avec infiltration, ce qui est d'ailleurs un préalable nécessaire à la construction de tels ouvrages.

Le tableau 13.6 fournit finalement une liste de coûts unitaires pour les différentes activités d'entretien et de suivi. Ces coûts n'incluent pas les frais de transport pour les divers équipements pour compléter l'entretien et l'évaluation des coûts unitaires s'est faite en assumant que l'entretien serait effectué par la municipalité et que l'équipement requis serait disponible.

13.4 CALCUL DU COÛT GLOBAL

Le coût global peut finalement s'établir en tenant compte des différentes composantes :

Étape 1 Revue du tableau 13.1 pour s'assurer que tous les différents éléments pertinents pour la PGO ont été identifiés.

Étape 2 Revue du tableau 13.2 pour identifier les besoins en prétraitement en fonction du type de PGO choisi et du tableau 13.1 pour identifier les éléments de coûts pour les ouvrages de prétraitement.

Étape 3 Selon la conception préliminaire de la PGO choisie et les besoins en prétraitement, estimer les quantités requises de chacun des éléments de coûts (incluant évidemment ceux qui n'auraient pas été identifiés au tableau 13.1) identifiés aux étapes 1 et 2.

Étape 4 Utiliser les coûts unitaires pour calculer le coût de chacun des éléments identifiés aux étapes 1 et 2 et calculer ensuite le coût total en effectuant la somme de tous les coûts.

Tableau 13.5

Facteurs de longévité pour des PGO avec infiltration.

Type de PGO	Facteur de longévité
Puits d'infiltration	60
Bassin d'infiltration	15
Tranchée d'infiltration	25

Tableau 13.6

Coûts unitaires pour opération et suivi.

Type de maintenance	Intervalle pour entretien (années)	Unité	Coût
Enlèvement des débris	1	ha	2 000 \$
Coupe de gazon	***	ha	250 \$
Contrôle des mauvaises herbes	1	ha	2 500 \$
Entretien plantation (Bande riveraine/Aquatique)	5	ha	3 500 \$
Entretien plantation (Bande inondée/extérieure)	5	ha	1 000 \$
Enlèvement des sédiments (chargeur)	*	m ³	15 \$
Enlèvement des sédiments (manuel ou camion-aspirateur)	*	m ³	120 \$
Tests pour sédiments (en laboratoire, pour la qualité)	*	chacun	365 \$
Évacuation des sédiments (hors site)	*	m ³	300 \$
Évacuation des sédiments et aménagement (sur le site)	*	m ³	5 \$
Inspection (Entrée/Sortie, etc.)	1		100 \$
Nettoyage conduite perforée (rinçage)	5	m	1 \$
Nettoyage conduite perforée (nettoyage radial)	5	m	2 \$
Opération saisonnière du bypass pour infiltration	0,5	**	100 \$
Scarification du fond pour bassin d'infiltration et nouvelle plantation	2	ha	2 800 \$

* Fréquence de l'enlèvement dépend du type de PGO et du volume.

** Dépend de l'ouvrage d'infiltration (évaluation basée sur un ouvrage centralisé). L'opération saisonnière d'un système avec plusieurs entrées (par exemple un système de conduite perforée) serait plus coûteuse.

*** Pas de coupe de gazon ou fréquence minimale (une ou deux fois par année).

- Étape 5** Revue du tableau 12.1 pour identifier les activités d'opération et de maintenance qui sont requises pour la PGO sélectionnée.
- Étape 6** Utiliser l'information du tableau 13.6 afin d'identifier l'intervalle de temps pour l'entretien et le coût unitaire de chacune des activités.
- Étape 7** Estimer les quantités pour les activités d'opération/maintenance selon la conception préliminaire de la PGO et calculer ensuite le coût de maintenance pour chaque activité. La quantité de sédiments accumulés et la fréquence d'enlèvement peuvent être évaluées avec l'information fournie au chapitre 12.
- Étape 8** Grouper les coûts d'opération/maintenance pour les activités qui sont complétées plusieurs fois par année dans un coût annuel de maintenance. Additionner les autres coûts d'opération/maintenance qui ont la même fréquence d'occurrence (2 ans, 5 ans ou 10 ans). Les sommations devraient inclure la reconstruction des PGO avec infiltration lorsque jugé nécessaire (en se basant sur l'équation 13-1 et le tableau 13.5).
- Étape 9** Calculer la valeur présente des activités d'opération/maintenance pour des fréquences d'occurrence similaires. L'équation 13-7 peut être utilisée pour calculer la valeur présente de ces activités basée sur un taux d'intérêt annuel et la durée de

vie anticipée de la PGO. Cette équation peut être utilisée avec un chiffrier simple, avec une durée de vie et un taux d'intérêt définis par l'utilisateur. Des valeurs typiques seraient une durée de vie de 50 ans et des taux d'intérêt de 3 % (les taux d'intérêt devant tenir compte des taux d'inflation, par exemple taux d'intérêt de 8 % - 5 % taux d'inflation = 3 %).

$$VP = \sum [OM_t^T \times (1+r)^{-t}] \quad (13-7)$$

où VP = Valeur présente

OM = Somme des coûts opération/
maintenance qui sont requis à chaque
t années

t = intervalle de temps entre les activités
de maintenance (en années)

(si l'intervalle est 3 ans, la sommation
se fait à t = 3 ans,

t = 6 ans, jusqu'à t = T)

r = taux d'intérêt annuel

T = la durée de vie de la PGO

Les étapes 1 à 9 peuvent être utilisées pour estimer les coûts globaux de différents types de PGO, ce qui facilitera la comparaison entre différentes alternatives pour le contrôle.

RÉFÉRENCES

- Brown, W. and T. Schueler. 1997. *The Economics of Stormwater BMPs in the Mid-Atlantic Region*. Center for Watershed Protection. Chesapeake Research Consortium. Ellicott City, MD.
- Heaney, J.P., Sample, D. et Wright, L. (2002). *Costs of urban stormwater control*. Rapport EPA-600/R-02/021, Environmental Protection Agency, Edison, NJ.
- MOE (2003). *Stormwater Management Planning and Design Manual*. Ministère de l'environnement de l'Ontario, Toronto, On.
- USEPA. (1999). *Preliminary Data Summary of Urban Stormwater Best Management Practices*. EPA-821-R-99-012. Office of Water, United States Environmental Protection Agency, Washington, D.C.
- Weiss, P. T. et Gulliver, J. S. (2005). *The cost and effectiveness of stormwater management practices*. Minnesota local roads research board, Twin Cities, Minnesota.

ANNEXE 13-1

Les graphiques reproduits dans cette annexe ont été tirés d'études américaines et permettent d'obtenir des coûts globaux pour les différentes PGO. Il est important de prendre en considération les années pour les différentes études ainsi que le fait qu'il s'agit de coûts en dollars américains. Les conversions appropriées doivent par ailleurs être effectuées puisque les unités des graphiques sont dans le système américain (impérial).

Extraits de Heaney (2002)

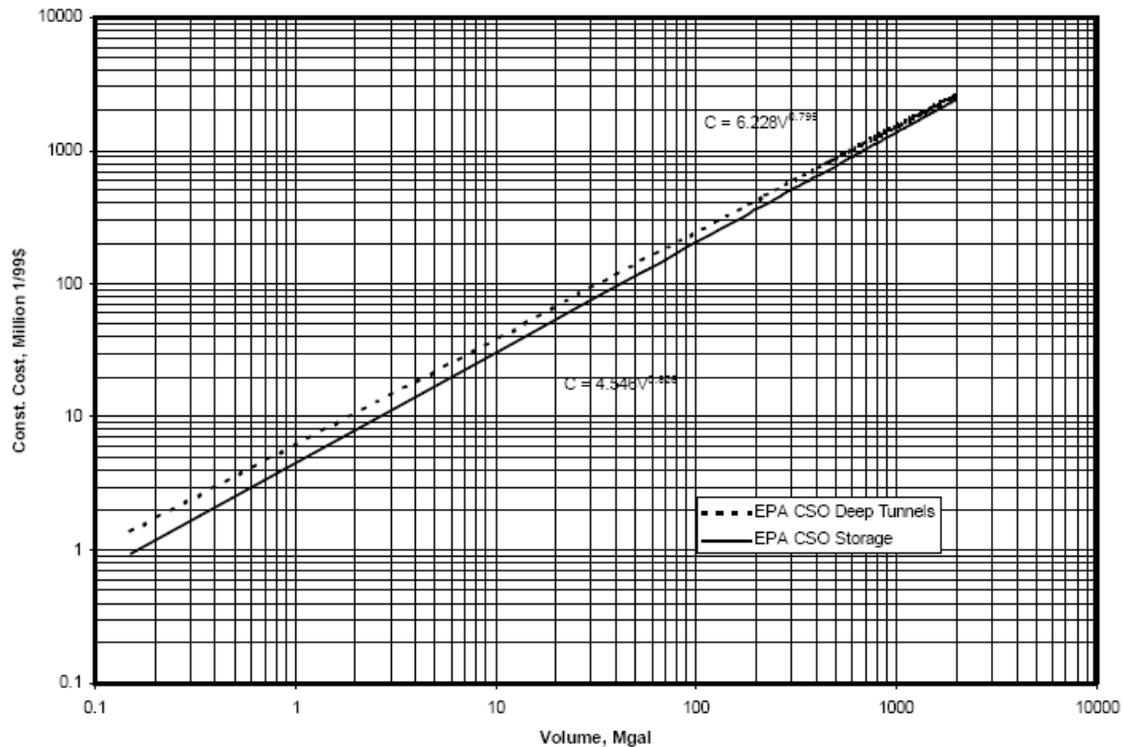


Figure 4-1. Construction costs of offline storage. (Updated to 1/99 \$, ENR = 6000, Adapted from US EPA, 1993)

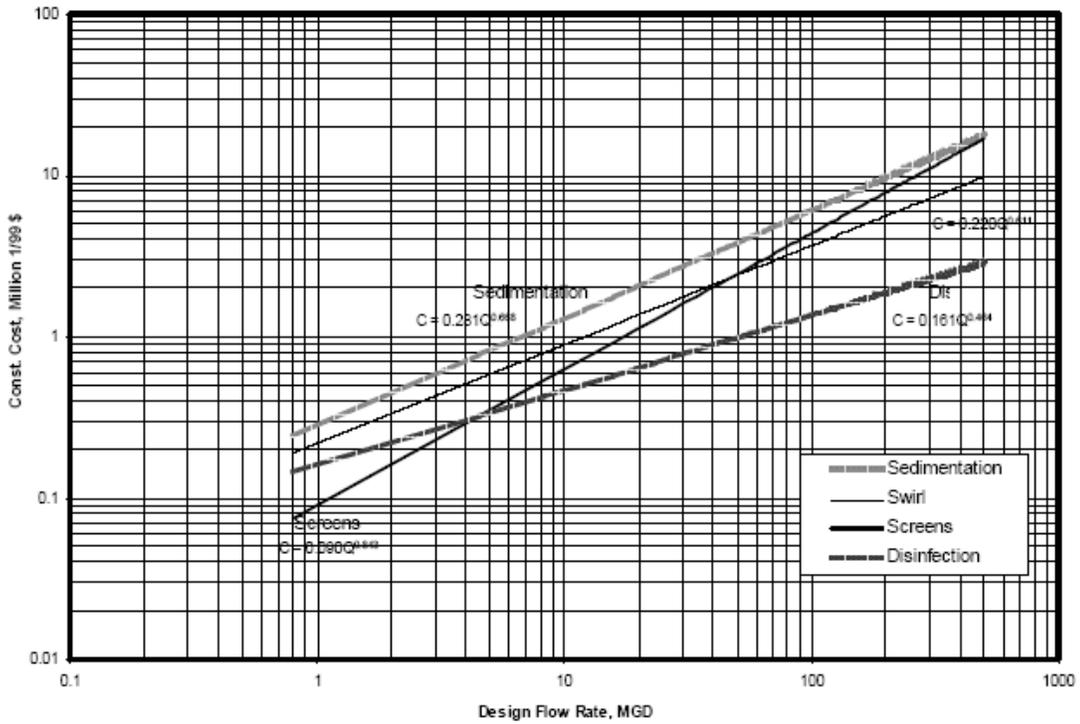


Figure 4-2. Construction costs for swirl concentrators, screens, sedimentation basins, and disinfection. (Updated to 1/99 \$, ENR = 6000, Adapted from US EPA, 1993).

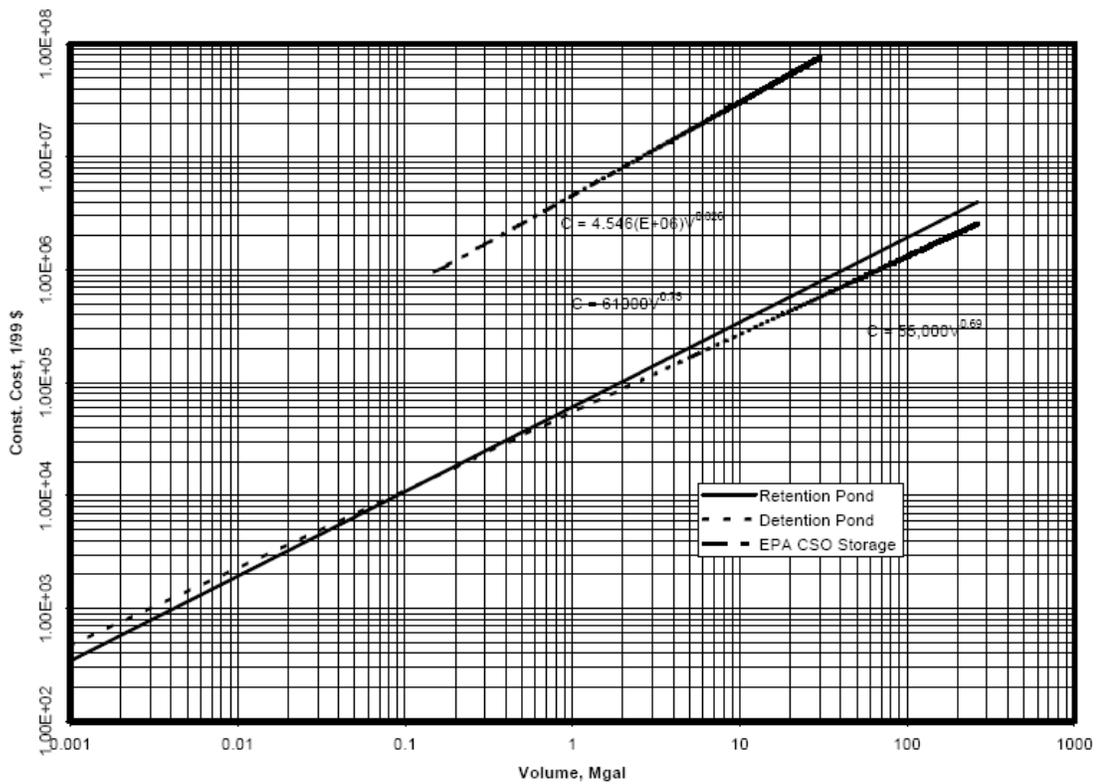
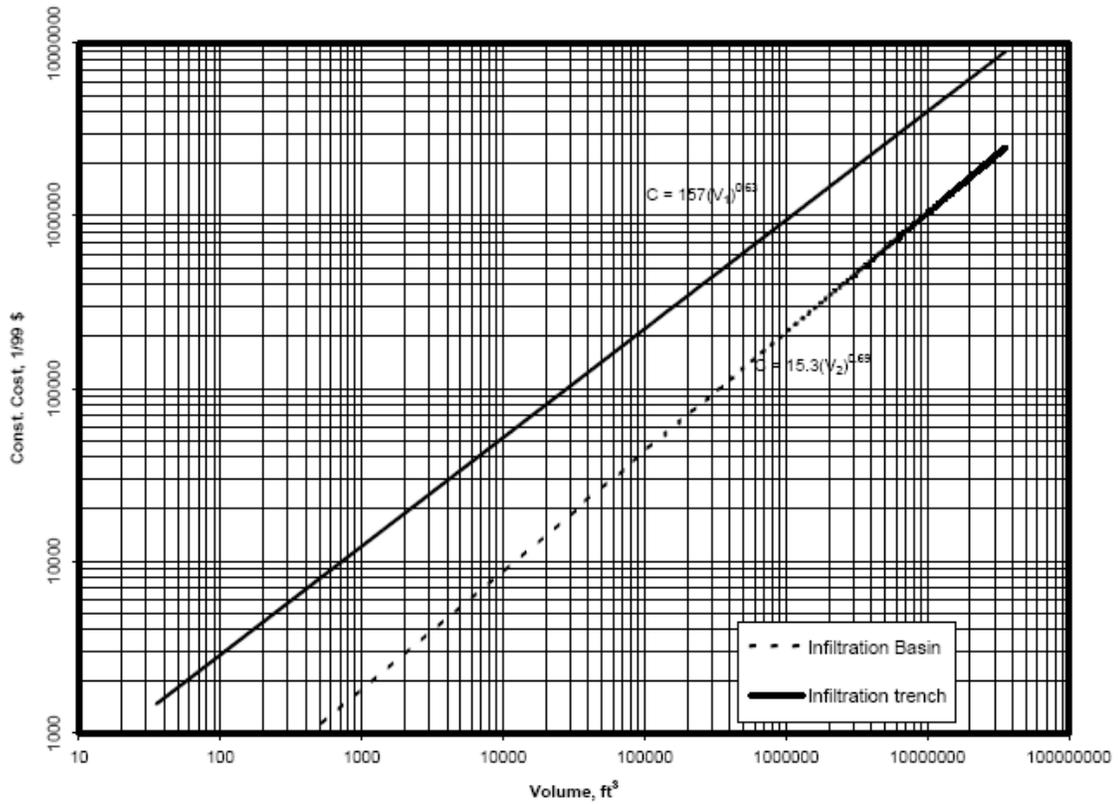


Figure 4-3. Construction costs of detention, retention, and offline surface units (Adapted from Young et al., 1996).



Note: V_1 = trench volume; V_2 =basin volume

Figure 4-4. Construction cost, infiltration trenches and basins (Adapted from Young et al., 1996).

Extraits de Weiss et Gulliver (2005)

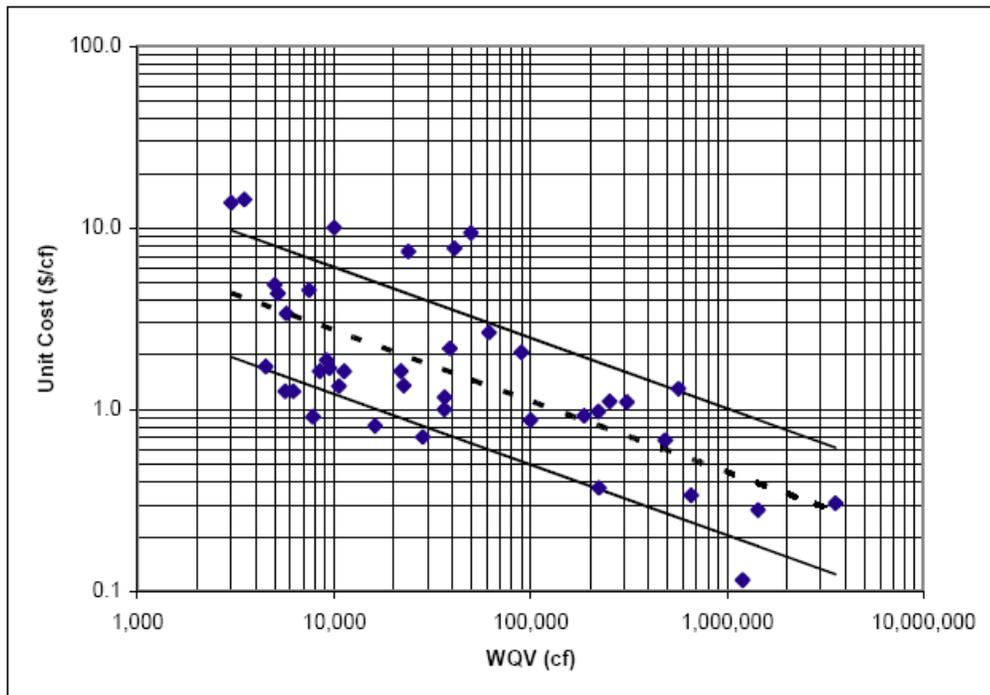


Figure 5. Unit construction costs of dry detention basins.

(Data from Brown and Schueler, 1997; ASCE, 2004; Caltrans, 2004)

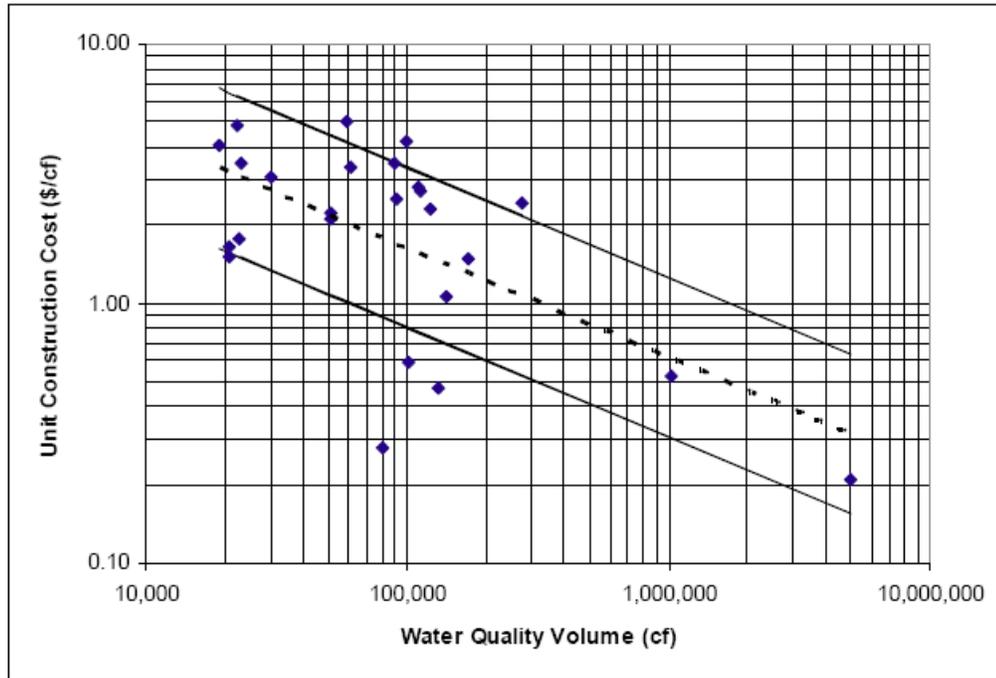


Figure 6. Unit construction costs of wet basins.
 (Data from Brown and Schueler, 1997; Caltrans, 2004)

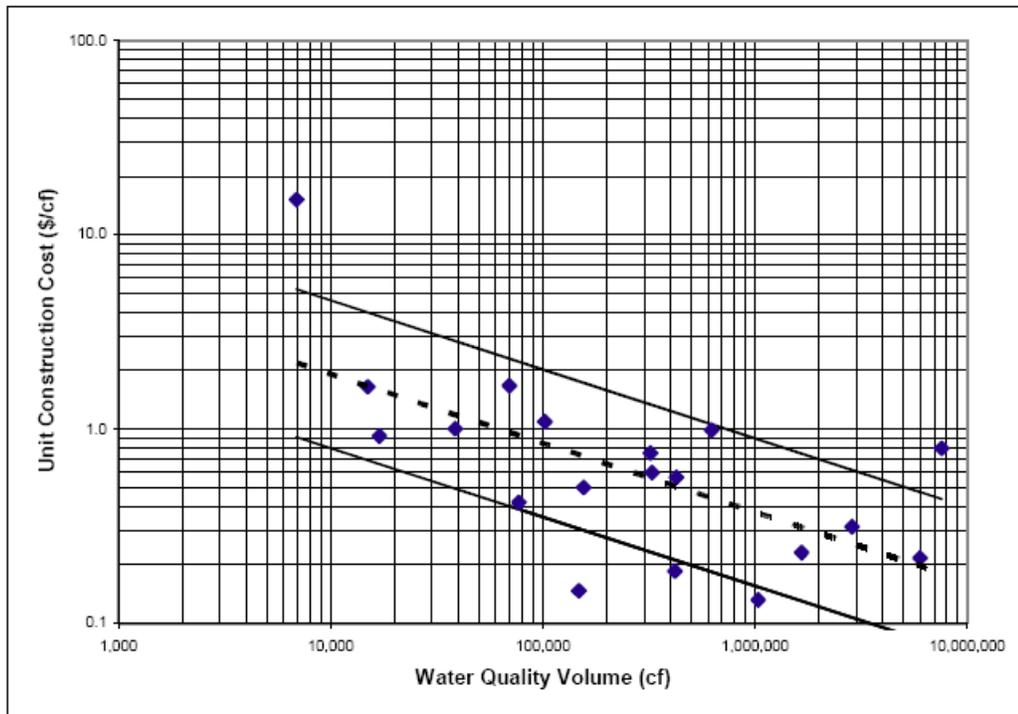


Figure 7. Unit construction costs of constructed wetlands.
 (Data from Brown and Schueler, 1997, Caltrans, 2004; ASCE, 2004)

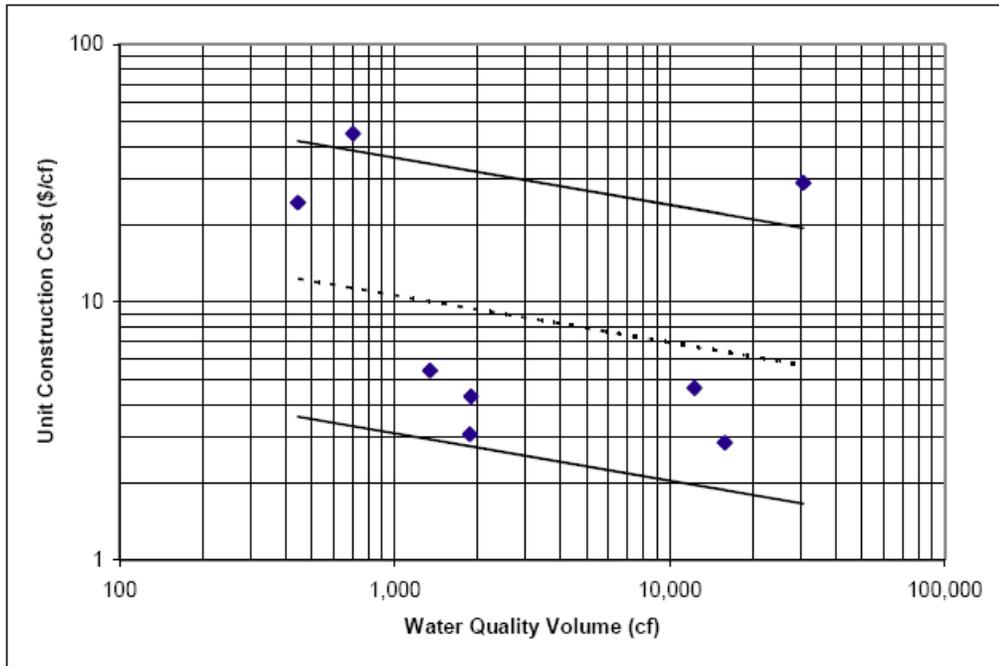


Figure 8. Unit construction costs of infiltration trenches.
(Data from Caltrans, 2004)

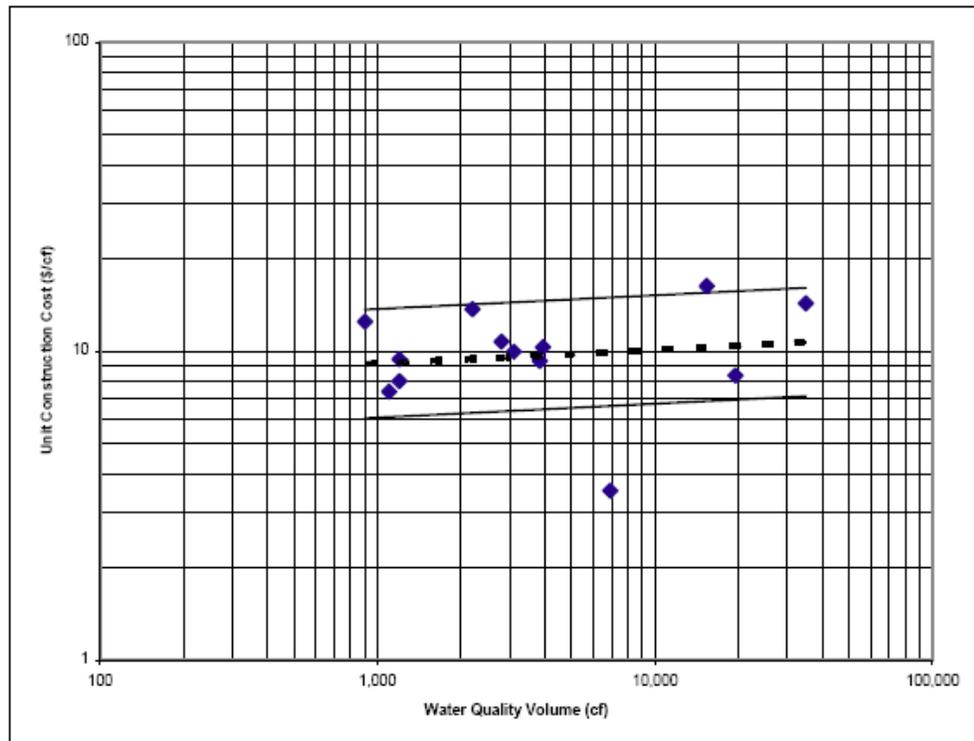


Figure 9. Unit construction costs of bioinfiltration filters.

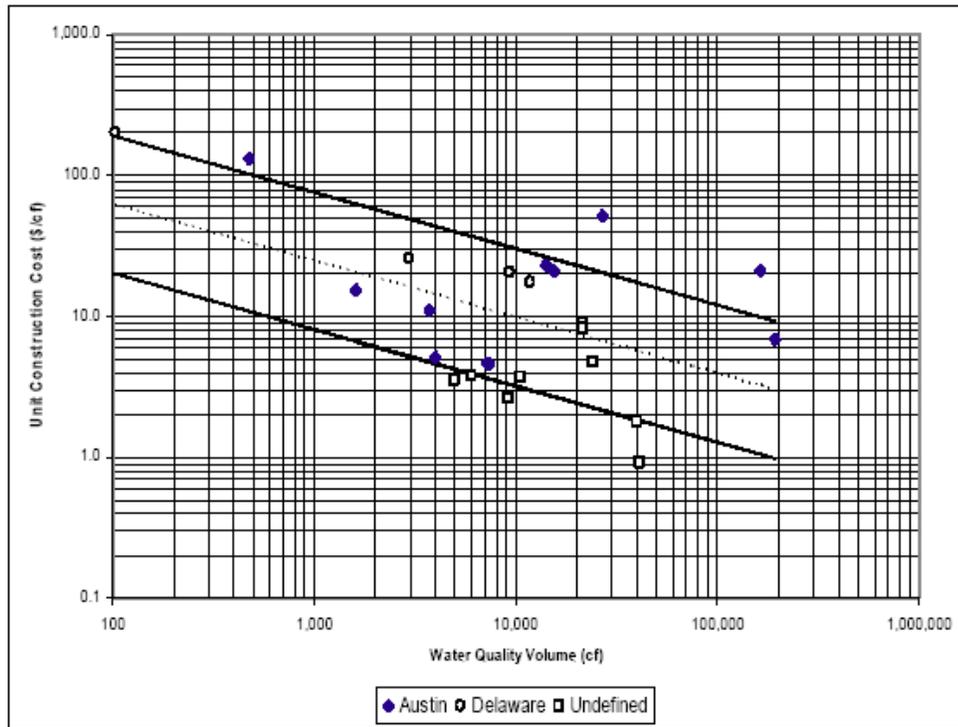


Figure 10. Unit construction costs of sand filters.
 (Data from Brown and Schueler, 1997; Caltrans, 2004)

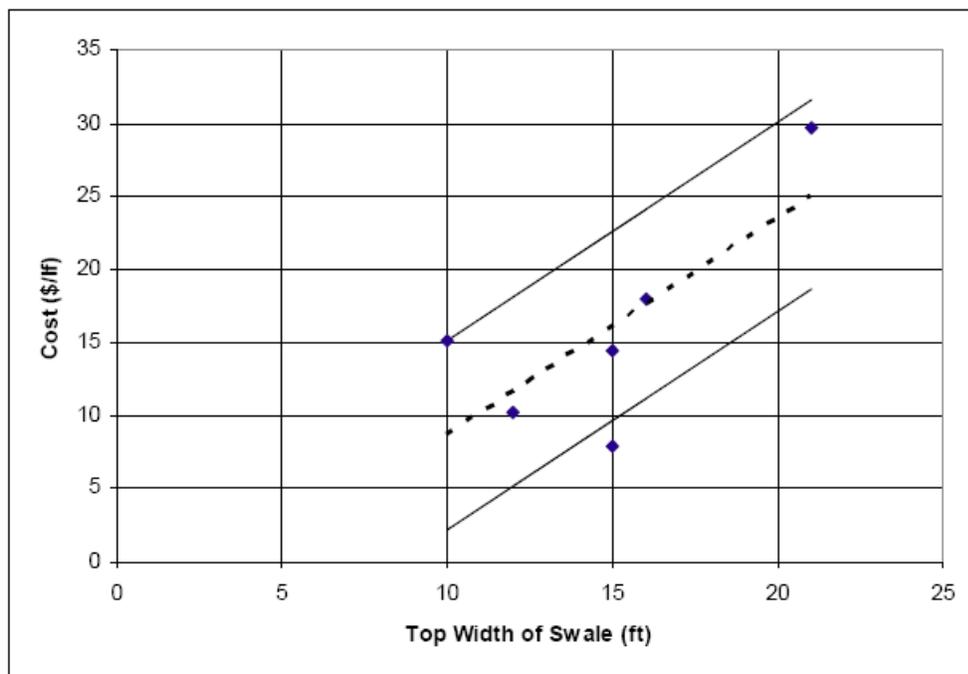


Figure 11. Unit construction costs of grassed/vegetative swales.
 (Data from SWRPC, 1991)

SMP System	SMP Area (% of Impervious Watershed) From USEPA, 1999.	SMP Area (% of Watershed) From Claytor and Schueler (1996) Except as noted.
Bioretention	5	--
Wetland	3 - 5	3 - 5
Wet/Retention Basin	2 - 3	--
Sand Filter	0 - 3	--
Dry Det Basin	--	0.5 - 2.0 (UDFCD, 1992)
Infiltration Trench	2 - 3	--
Filter Strips	100	--
Swales	10 - 20	--
Pond	--	2 - 3
Infiltration	--	2 - 3
Filter	--	2 - 7

Table 3. Reported SMP land area requirements for effective treatment.

SMP	Summary of Typical AOM Costs (% of Construction Cost) (USEPA, 1999A)	Collected Cost Data: Estimated Annual O&M Costs (% of Construction Costs)
Retention Basins and Constructed Wetlands	3%-6%	--
Detention Basins	<1%	1.8%-2.7%
Constructed Wetlands	2%	4%-14.1%
Infiltration Trench	5%-20%	5.1%-126%
Infiltration Basin	1%-3% 5%-10%	2.8%-4.9%
Sand Filters	11%-13%	0.9%-9.5%
Swales	5%-7%	4.0%-178%
Bioretention	5%-7%	0.7%-10.9%
Filter Strips	\$320/Acre (maintained)	--
Wet Basins	Not Reported	1.9%-10.2%

Table 5. Typical annual O&M costs of SMPs.

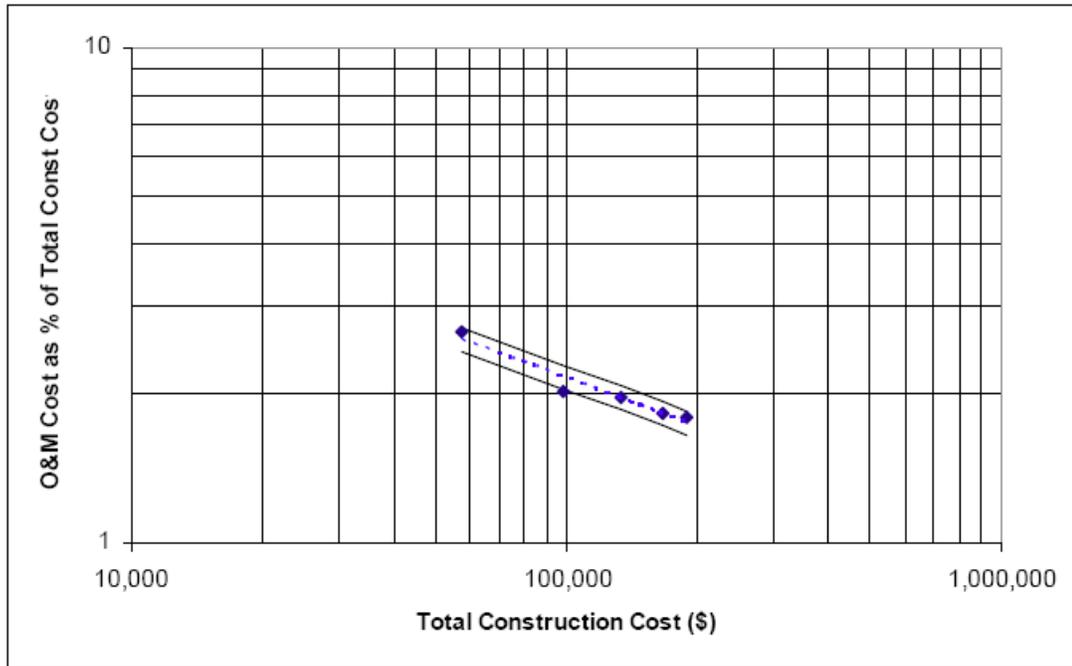


Figure 12. Annual O&M costs of dry detention basins.
 (Data from Landphair, *et al*, 2000)



Figure 13. Annual O&M costs of wet basins.
 (Data from SWRPC, 1991; Wossink and Hunt, 2003)

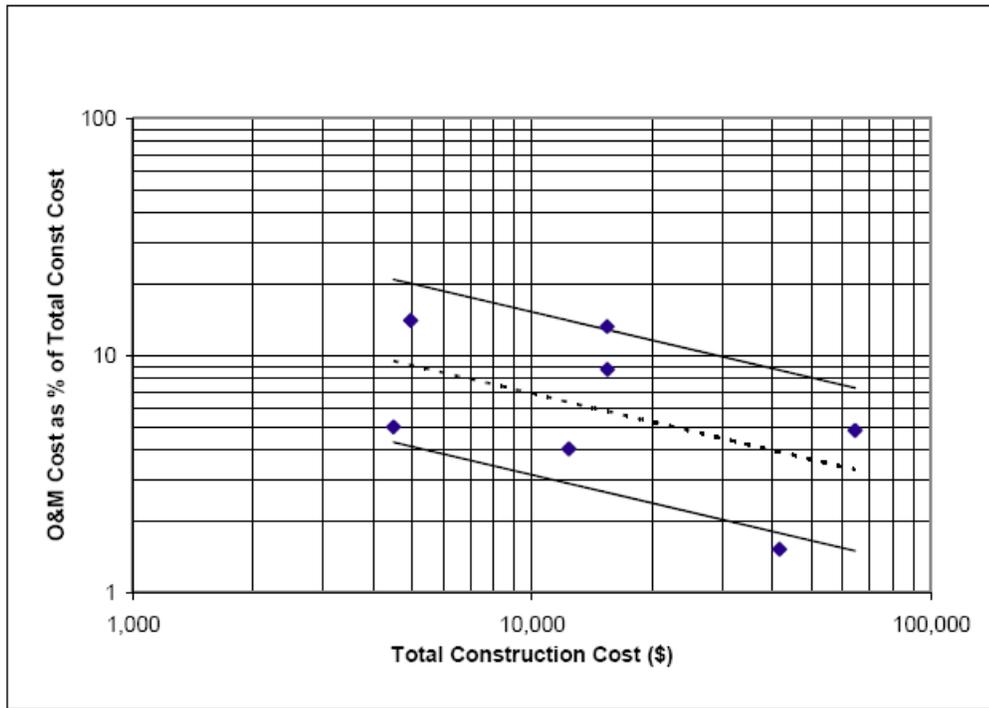


Figure 14. Annual O&M costs of constructed wetlands.

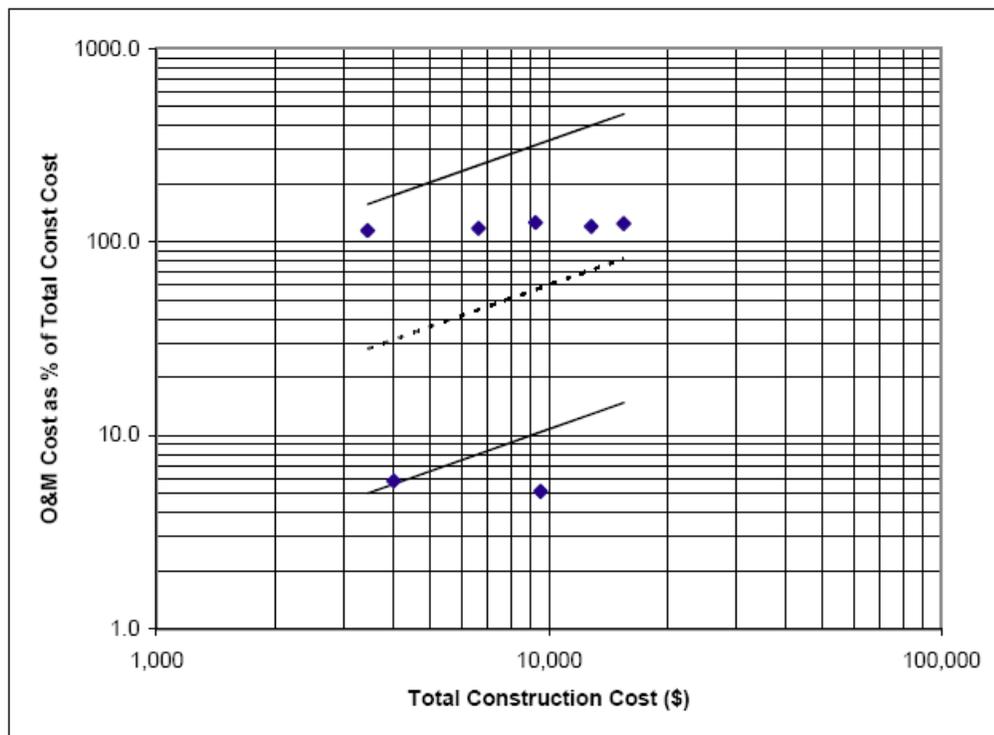


Figure 15. Annual O&M costs of infiltration trenches.

(Data from SWRPC, 1991; Landphair, *et al*, 2000)

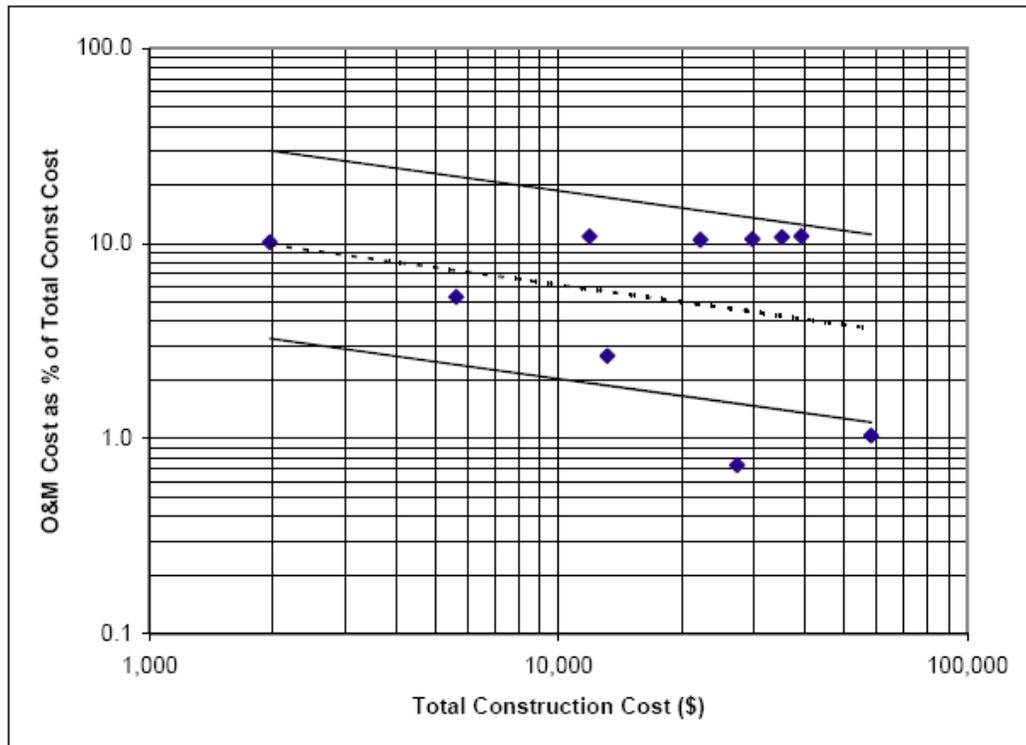


Figure 16. Annual O&M costs of bioinfiltration filters.

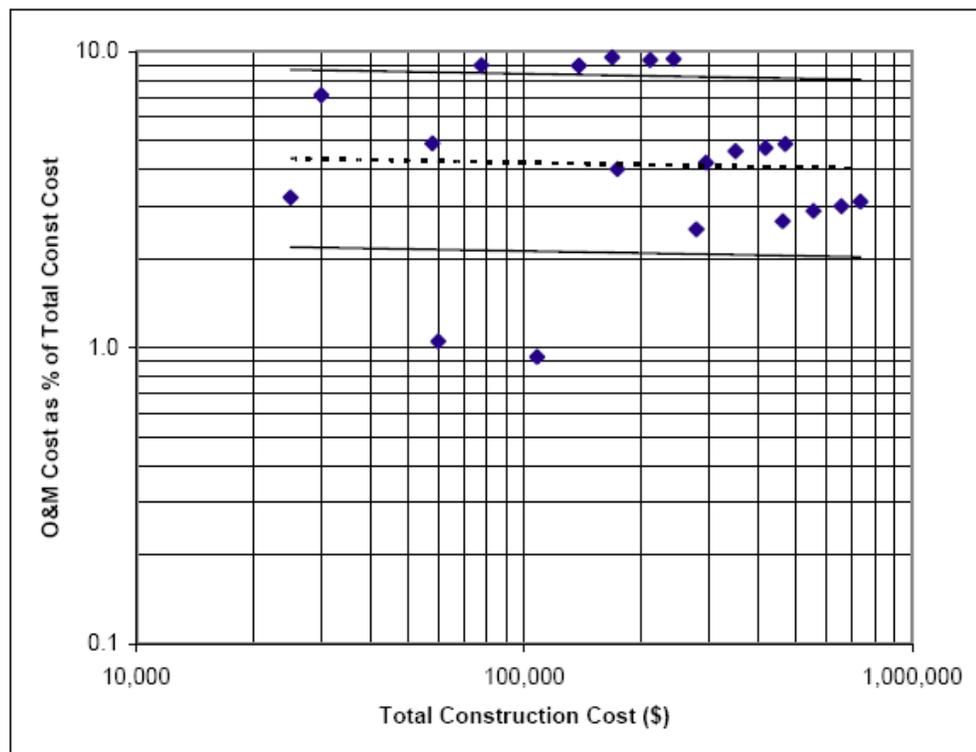


Figure 17. Annual O&M costs of sand filters.

(Data from Landphair, *et al*, 2000; Wossink and Hunt, 2003)

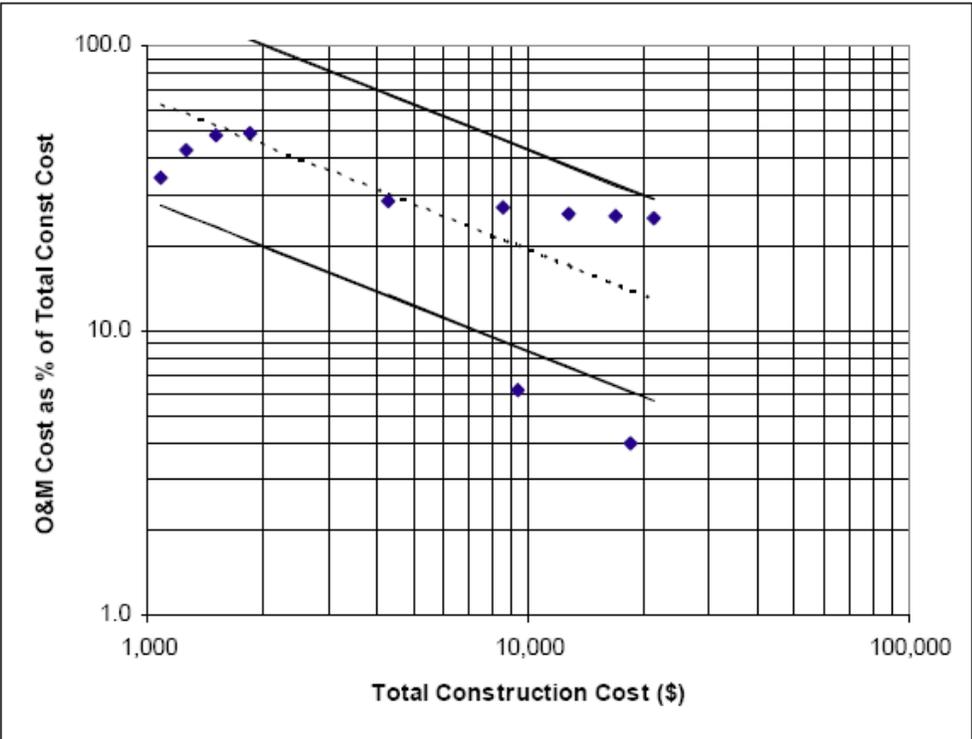


Figure 18. Annual O&M costs of grassed/vegetative swales.

(Data from Landphair, *et al*, 2000; SWRPC, 1991)