

Rapport technique

**Optimisation des marais épurateurs construits de
l'Artimon et du Verger**

Présenté à

Ville de Québec

N/Réf : 51374-001

Avril 2009

Rapport technique

Optimisation des marais épurateurs construits de l'Artimon et du Verger

N/Réf : 51374-001

Présenté à

Ville de Québec

Préparé par :

Noémie Julien, ing. jr (O.I.Q. 5001621)

Approuvé par :

Pierre Jobin, ing. (O.I.Q. 36318)

Avril 2009

Table des matières

Liste des tableaux	iv
Liste des figures	iv
1. Introduction	7
2. État actuel	8
2.1 Marais de l'Artimon	8
2.1.1 Morphométrie	8
2.1.2 Structures de contrôle des débits	9
2.1.3 Végétation	9
2.1.4 Faune	11
2.1.5 Entretien	12
2.2 Marais du Verger	12
2.2.1 Morphométrie	13
2.2.2 Structures de contrôle des débits	13
2.2.3 Végétation	13
2.2.4 Faune	15
2.2.5 Entretien	16
3. Vérification hydraulique	17
3.1 Marais de l'Artimon	17
3.1.1 Bassin versant	17
3.1.2 Débits de conception	19
3.1.3 Volume de conception	19
3.2 Marais du Verger	19
3.2.1 Bassin versant	19
3.2.2 Modifications du bassin versant	19
3.2.3 Débit de conception	19
3.2.4 Volume de conception	20
4. Qualité de l'eau	21
4.1 Caractérisation de l'eau	21
4.2 Performance de traitement	21
5. Critères de conception d'un MEC	23
5.1 Bilan hydrique	23
5.2 Morphométrie	24

5.2.1 Généralités	24
5.2.2 Bassin de sédimentation	24
5.2.3 Bassin de traitement	25
5.2.3.1 Bassins d'entrée et de sortie.....	25
5.2.3.2 Zones basses et hautes	25
5.2.3.3 Péninsules.....	25
5.3 Structures de contrôle des débits.....	26
5.4 Végétation	27
5.4.1 Plantes émergentes	27
5.4.2 Végétation ligneuse.....	28
5.5 Performance.....	28
6. Recommandations proposées	29
6.1 Validation des limites des bassins versants.....	29
6.2 Prise en compte des changements apportés aux courbes IDF	29
6.3 Vérification de la présence de branchements croisés	30
6.4 Marais de l'Artimon	30
6.4.1 Morphométrie	30
6.4.2 Structures de contrôle des débits	31
6.4.3 Végétation	33
6.5 Marais du Verger.....	34
6.5.1 Morphométrie	34
6.5.2 Structures de contrôle des débits	34
6.5.3 Végétation	35
6.6 Entretien	36
7. Entretien général	37
7.1 Hydrologie	37
7.1.1 Débits et niveau de l'eau.....	37
7.1.2 Écoulement de l'eau.....	37
7.1.3 Structures de contrôle des débits	37
7.2 Végétation	38
7.3 Faune	39
7.4 Programme de suivi et d'entretien général	39
8. Conclusion	41
8.1 Marais de l'Artimon	41
8.2 Marais du Verger.....	41

Liste des annexes

Annexes.....	42
Annexe 1 Localisation des marais épurateurs construits à l'étude	43
Annexe 2 Rapport d'analyses de la qualité de l'eau	45
Références	1

Liste des tableaux

Tableau 2.1	Paramètres physiques du marais de l'Artimon	9
Tableau 2.2	Plantes présentes dans le marais de l'Artimon.....	10
Tableau 2.3	Paramètres physiques du marais du Verger.....	13
Tableau 2.4	Plantes présentes dans le marais du Verger	14
Tableau 3.1	Superficies du bassin versant de l'Artimon retenues lors de la conception.....	17
Tableau 3.2	Superficies du bassin versant de l'Artimon actuel	18
Tableau 3.3	Superficie du bassin versant du Verger retenue lors de la conception	19
Tableau 5.1	Profondeurs recommandées pour les parties du marais	25
Tableau 5.2	Plantes émergentes recommandées pour les MEC	27
Tableau 5.3	Arbres et arbustes recommandés pour les MEC	28
Tableau 5.1	Performances de traitement.....	28
Tableau 6.1	Pourcentage de la surface du marais par rapport au bassin versant	31
Tableau 6.1	Pourcentage de la surface du marais par rapport au bassin versant	34
Tableau 7.1	Activités de base d'un programme de suivi et d'entretien général	40

Liste des figures

Figure 2.1	Vue générale du MEC de l'Artimon.....	8
Figure 2.2	Végétation dominante dans le bassin de filtration du marais de l'Artimon (2008).....	11
Figure 2.3	Végétation partielle dans le bassin de sédimentation du marais de l'Artimon (2008) ...	11
Figure 2.4	Vue générale du MEC du Verger.....	12
Figure 2.5	Végétation dominante dans le bassin de filtration du marais du Verger (2008)	15
Figure 2.6	Végétation partielle dans le bassin de décantation du marais du Verger (2008)	15
Figure 3.1	Diverses limites du bassin versant de l'Artimon	18
Figure 5.1	Marais avec zones boisées.....	26
Figure 6.1	Structures d'entrée des eaux pluviales	31
Figure 6.2	Traverse du seuil en deux points uniques	32

Figure 6.3	Zone d'eau stagnante dans le bassin de filtration	33
Figure 6.4	Rives sujettes à l'érosion	33
Figure 6.5	Structures d'entrée et de sortie du marais du Verger	35
Figure 6.6	Zone de plantation d'arbres dans la pente latérale.....	36

1. Introduction

De plus en plus utilisés aux États-Unis et en Europe, les marais épurateurs construits (MEC) représentent une alternative simple et peu coûteuse pour le contrôle et le traitement des eaux usées d'origine pluviale, municipale, industrielle, agricole, etc. Par un procédé de traitement imitant les marais naturels, ces systèmes d'épuration permettent de réduire la pollution des eaux usées en interceptant les polluants et en favorisant la sédimentation des particules en suspension.

Situés sur le territoire dans la ville de Saint-Augustin-de-Desmaures, les marais de l'Artimon (de l'Hêtrière) et du Verger ont été construits afin de capter les eaux de ruissellement urbain de deux (2) développements résidentiels et d'assurer le traitement de ces eaux avant leur rejet au Lac Saint-Augustin. Toutefois, construits dans les années 1990, ces MEC présentent aujourd'hui quelques lacunes de rendement et acheminent des eaux toujours chargées de polluants divers vers le lac.

Dans ce contexte, la Ville de Québec a mandaté Roche ltée, Groupe-conseil pour réaliser une étude de ces MEC. Cette expertise a pour but de :

- Présenter l'état actuel des MEC,
- Introduire les nouveaux critères de conception de MEC basés sur des études récentes,
- Proposer des modifications aux MEC afin d'améliorer le fonctionnement, le rendement et l'entretien de ces derniers.

Il nous fait donc plaisir de vous soumettre notre rapport technique à ce propos.

2. État actuel

2.1 Marais de l'Artimon

Construit en 1991, le marais de l'Artimon est situé au bout de la rue de l'Artimon, à l'est du Lac Saint-Augustin (voir Annexe 1, figure A.2). Les plans et devis de ce marais ont été réalisés par *Sercodev* en juillet 1989. La figure suivante présente une vue générale de l'ouvrage :



Figure 2.1 Vue générale du MEC de l'Artimon

2.1.1 Morphométrie

Le marais de l'Artimon est doté de deux (2) bassins. Le premier, en béton, permet la décantation des matières en suspension (MES) tandis que le deuxième bassin, couvert de végétation, permet la sédimentation et la filtration des eaux. Le tableau suivant présente les caractéristiques physiques utilisées lors de la conception du bassin :

Tableau 2.1 Paramètres physiques du marais de l'Artimon

Paramètre	Unité	Valeur
1. Temps de vidange maximum	h	48
2. Temps de rétention minimal	h	12
3. Bassin total		
a. largeur	m	33
b. longueur	m	115
4. Bassin de sédimentation		
a. largeur	m	33
b. longueur	m	15
c. rapport longueur / largeur	--	0.45
d. hauteur d'eau	mm	800
5. Bassin de filtration		
a. largeur	m	33
b. longueur	m	100
c. rapport longueur / largeur	--	3.03

2.1.2 Structures de contrôle des débits

Séquentiellement, suivant le sens de l'écoulement d'eau, le marais de l'Artimon est doté d'un puisard de sédimentation primaire, d'un tuyau d'arrivée de l'égout pluvial, d'un seuil de béton, d'un appareil de vidange (vide-étang et tuyau d'évacuation) et d'un déversoir de sécurité.

D'autre part, lors de la conception, des boudins absorbants ont été prévus dans le bassin de sédimentation afin de retenir les hydrocarbures (C_{10} - C_{50}) contenus dans les eaux d'alimentation. Ces boudins étaient ancrés par deux (2) tiges d'armature (12 mm de diamètre) avec une base de béton (type *Sonotube* de 200 mm diamètre) espacées de 6 000 mm. Ces boudins devaient être installés au début du printemps et enlevés avant l'hiver.

2.1.3 Végétation

Entre 1991 et 1995, plusieurs espèces de plantes ont été introduites dans le bassin afin d'assurer le processus de traitement (oxydoréduction, floculation, sédimentation, filtration). Le tableau suivant liste ces plantes ainsi que leur emplacement et leurs fonctions :

Tableau 2.2 Plantes présentes dans le marais de l'Artimon

Espèce	Localisation	Fonctions
Plantes émergentes		
Phragmites communs <i>phragmites communis</i>	2/3 du bassin de filtration	- filtration - oxydoréduction - sédimentation des MES - protection du vent - isolation en hiver
Quenouilles <i>typha latifolia</i> / <i>typha angustifolia</i>	1/3 du bassin de filtration	- floculation et sédimentation - limite la croissance d'algues - protection du vent - isolation en hiver
Sagittaires <i>sagittaria latifolia</i>	bassin de filtration	- enlèvement du phosphore - esthétisme
Pontédéries <i>pontederia cordata</i>	bassin de filtration	- enlèvement du phosphore - esthétisme
Plantes à feuilles flottantes		
Lentilles d'eau <i>lemna minor</i>	bassin de filtration	- enlèvement du phosphore - esthétisme
Plantes submergées		
Potamogeton pectiné <i>potamogeton pectinatus</i>	bassin de sédimentation près de l'entrée d'eau	- enlèvement du phosphore - enlèvement de l'azote - oxygénation de l'eau

En 2008, lors de la visite du marais, les phragmites communs ainsi que les quenouilles dominaient le bassin de filtration tandis que des potamogetons pectinés recouvraient environ 70 % du bassin de sédimentation. Les figures suivantes illustrent les parties du marais envahies par les phragmites communs et les quenouilles ainsi que par les potamogetons pectinés.

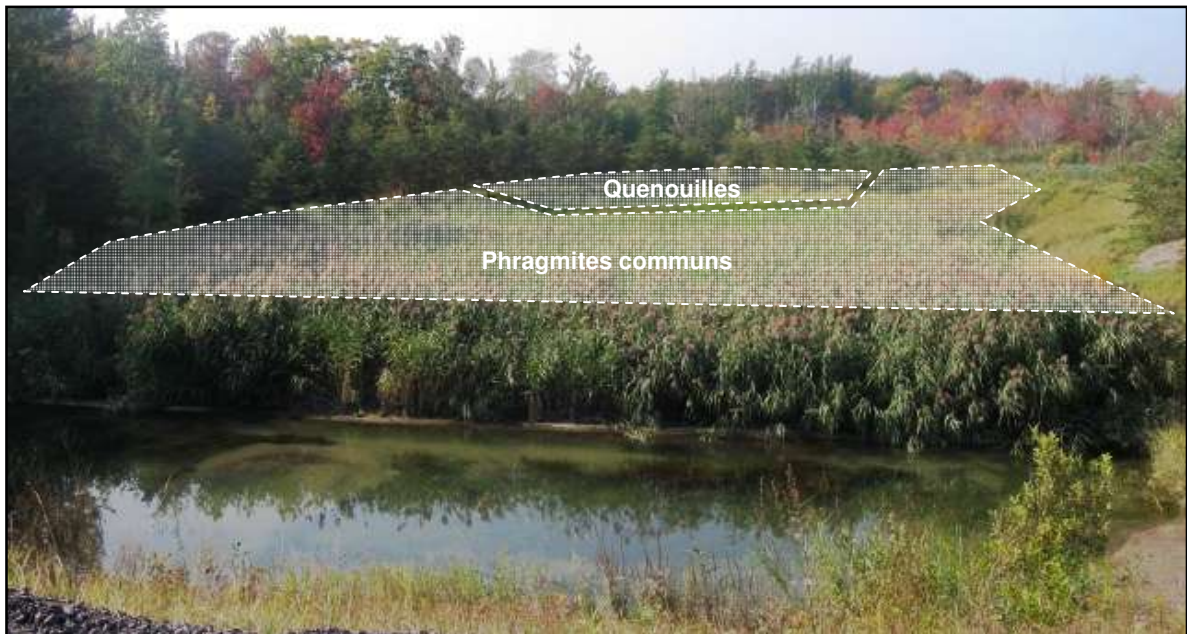


Figure 2.2 Végétation dominante dans le bassin de filtration du marais de l'Artimon (2008)

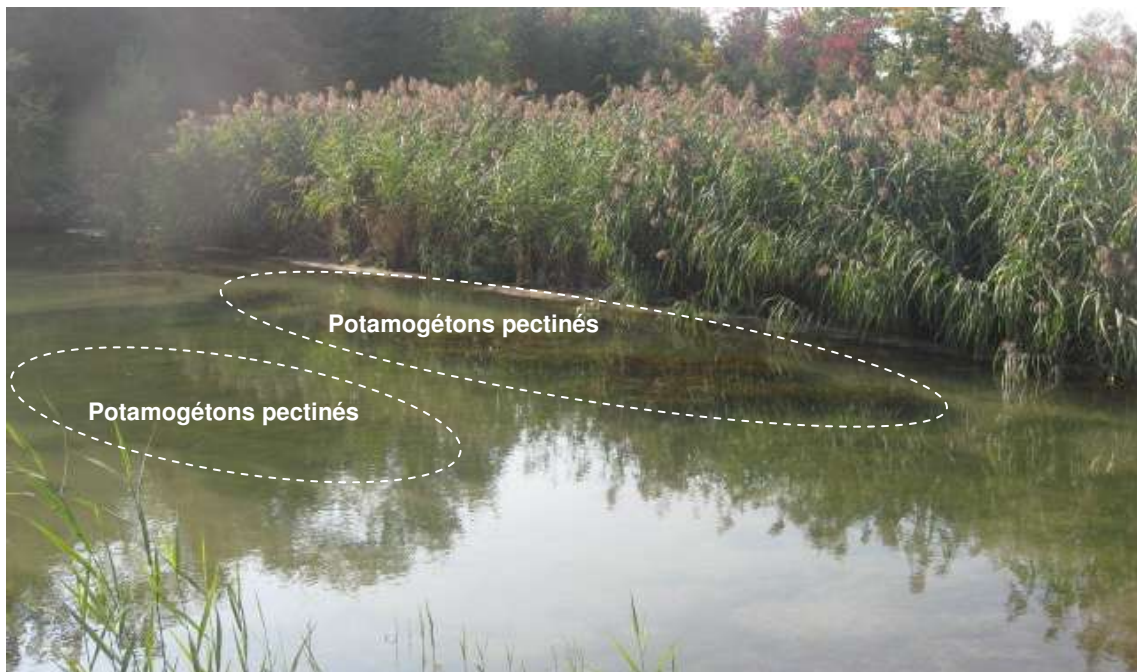


Figure 2.3 Végétation partielle dans le bassin de sédimentation du marais de l'Artimon (2008)

2.1.4 Faune

Constituant un habitat faunique riche et diversifié, ce bassin abrite de nombreuses espèces animales : canards noirs, canards malards, carouges à épaulettes, poissons, rats musqués et marmottes communes.

2.1.5 Entretien

Selon les informations reçues, jusqu'en 2005, divers travaux d'entretien ont été réalisés : nettoyage du bassin de sédimentation, ajustement du niveau de l'eau pour l'été et l'hiver, nettoyage de la sortie d'eau, nettoyage des plantes émergentes saturées du bassin de filtration (phragmites communs et quenouilles), élimination des plantes salicaires communes¹ ainsi qu'élimination des plantes submergées saturées (les algues filamenteuses, les élodées du Canada et les caragnes vulgaires). Ces travaux étaient effectués environ aux deux (2) semaines, du début du mois de mai à la fin du mois d'août.

2.2 Marais du Verger

Construit en 1996, le marais du Verger a été aménagé dans un ancien verger, au nord de la rue du même nom et à deux (2) km à l'ouest du marais de l'Artimon (voir Annexe 1, figures A.1 et A.3). Les plans et devis ont été réalisés par la firme *Roche Itée*. La figure suivante présente une vue générale de l'ouvrage :



Figure 2.4 Vue générale du MEC du Verger

¹ La salicaire commune est une plante vivace, provenant de l'Eurasie, très répandue, agressive et envahissante. Elle est un réel fléau aux États-Unis et au sud du Canada. Référence : http://www.qc.ec.gc.ca/csl/inf/inf034_f.html.

2.2.1 Morphométrie

Le marais du Verger est doté de deux (2) bassins. Le premier bassin permet la décantation des MES tandis que le deuxième bassin, couvert de végétation, permet la sédimentation et la filtration. Le tableau suivant présente les caractéristiques physiques utilisées lors de la conception du bassin :

Tableau 2.3 Paramètres physiques du marais du Verger

Paramètre	Unité	Valeur
1. Temps de vidange maximum	h	48
2. Temps de rétention minimal	h	12
3. Bassin total		
a. largeur	m	12
b. longueur	m	125
4. Bassin de sédimentation		
a. largeur	m	10
b. longueur	m	23
c. rapport longueur / largeur	--	2,30
d. hauteur d'eau	mm	300
5. Bassin de filtration		
a. largeur	m	12
b. longueur	m	100
c. rapport longueur / largeur	--	8,33
d. hauteur d'eau en période d'étiage	mm	300

2.2.2 Structures de contrôle des débits

Les eaux pluviales sont acheminées au marais via un tuyau d'amenée. Un seuil de béton sépare le bassin de sédimentation du bassin de filtration. Un tuyau d'évacuation et un déversoir de sécurité acheminent les eaux par la suite au lac.

2.2.3 Végétation

Lors de la construction, plusieurs espèces de plantes ont été introduites dans le bassin afin d'assurer le processus de traitement (oxydoréduction, floculation, sédimentation, filtration). Le tableau suivant liste ces plantes ainsi que leur emplacement et leurs fonctions :

Tableau 2.4 Plantes présentes dans le marais du Verger

Espèce	Localisation	Fonctions
Plantes émergentes		
Phragmites communs <i>phragmites communis</i>	bassin de filtration	- filtration - oxydoréduction - sédimentation des MES
Quenouilles <i>typha latifolia</i> / <i>typha angustifolia</i>	autour du bassin de sédimentation bassin de filtration	- floculation et sédimentation - limite à la croissance d'algues - protection du vent - isolation en hiver
Sagittaires <i>sagittaria latifolia</i>	bassin de sédimentation	- enlèvement du phosphore - esthétique
Pontédéries <i>pontederia cordata</i>	bassin de sédimentation	- enlèvement du phosphore - esthétique
Iris versicolore <i>iris versicolor</i>	bassin de sédimentation	- esthétique
Plantes submergées		
Élodées du Canada <i>elodea canadensis</i>	bassin de sédimentation centre du bassin de filtration	- précipitation des MES - enlèvement phosphore - enlèvement azote
Charagne vulgaire <i>chara vulgaris</i>	bassin de sédimentation centre du bassin de filtration	- précipitation des MES - enlèvement phosphore - enlèvement azote
Plantes à feuilles flottantes		
Nénuphar à fleurs panachées <i>nuphar variegatum</i>	bassin de sédimentation	- enlèvement phosphore - enlèvement azote - oxygénation de l'eau - esthétique
Nénuphar blanc <i>nymphaea tuberosa</i>	bassin de sédimentation	- enlèvement phosphore - enlèvement azote - oxygénation de l'eau - esthétique
Potamogeton pectiné <i>potamogeton pectinatus</i>	bassin de sédimentation	- enlèvement phosphore - enlèvement azote - oxygénation de l'eau

Lors de la visite, les quenouilles envahissaient complètement le bassin de filtration et la charagne vulgaire était observable dans le bassin de sédimentation. Les figures suivantes illustrent l'emplacement des ces plantes.



Figure 2.5 Végétation dominante dans le bassin de filtration du marais du Verger (2008)

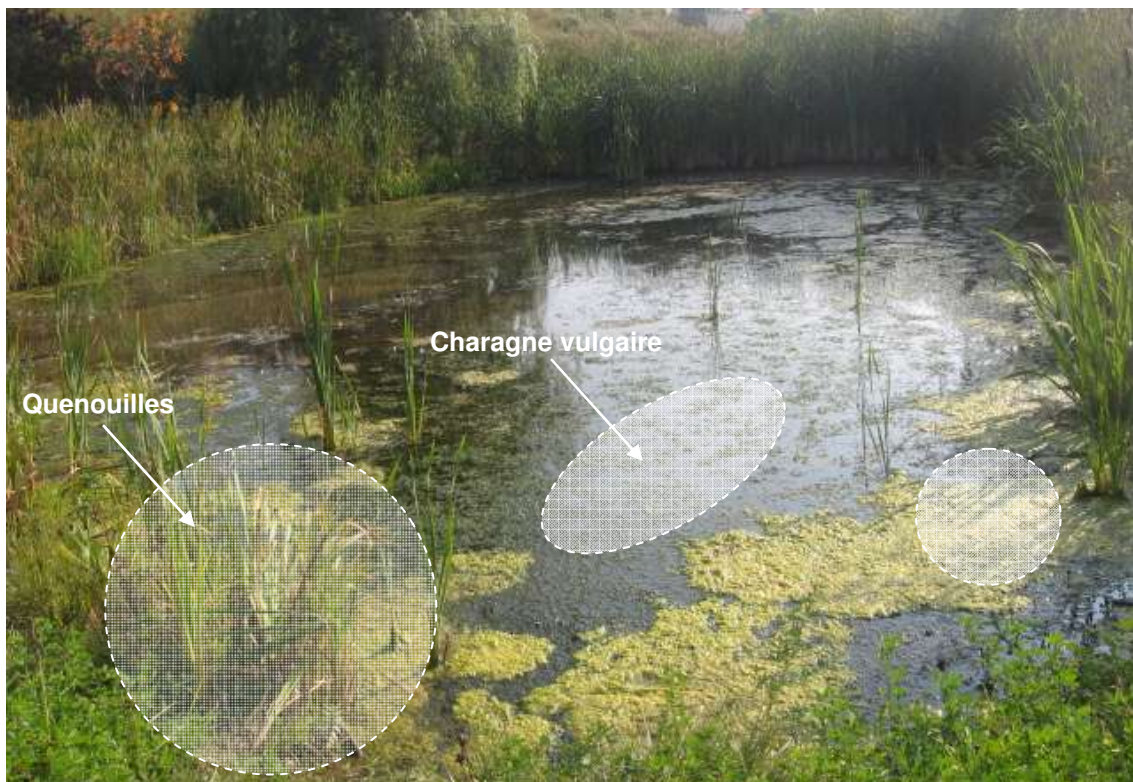


Figure 2.6 Végétation partielle dans le bassin de décantation du marais du Verger (2008)

2.2.4 Faune

La même faune que celle présentée pour le MEC de l'Artimon est observable pour le présent marais.

2.2.5 Entretien

Toujours selon les informations reçues, le marais du Verger a bénéficié, jusqu'en 2005, des mêmes travaux d'entretien que le marais de l'Artimon, soit le nettoyage du bassin de sédimentation, l'ajustement du niveau de l'eau pour l'été et l'hiver, le nettoyage de la sortie d'eau, le nettoyage des plantes filtrantes et saturées, l'élimination des plantes salicaires communes, au besoin, et l'élimination des plantes submergées et saturées en substances polluantes.

3. Vérification hydraulique

En vue de porter un jugement technique sur le fonctionnement actuel des ouvrages présentés précédemment, nous avons réalisé en premier lieu une évaluation des débits à traiter.

3.1 Marais de l'Artimon

3.1.1 Bassin versant

Les eaux usées alimentant le bassin sont d'origine pluviale et le débit acheminé au MEC est fonction de la superficie drainée. Selon le « Manuel de gestion et d'exploitation » de *Sercodev*, la superficie du bassin versant retenue par le concepteur pour ce marais se subdivise de la façon suivante :

Tableau 3.1 Superficies du bassin versant de l'Artimon retenues lors de la conception

Sous-bassin	Superficie
	(m ²)
Secteur commercial	51 142
Secteur résidentiel	317 881
Secteur de la carrière	42 117
Total	411 140

La superficie totale du bassin versant utilisée lors de la conception est donc de 411 000 m², soit 41 hectares.

Par ailleurs, une ambiguïté subsiste par rapport aux limites réelles actuelles du sous-bassin, en fonction de la configuration du réseau pluvial. Une première source d'informations indique que la superficie du bassin versant est délimitée par la partie en rouge sur la figure suivante, alors qu'une autre source indique que la superficie en vert représente le sous-bassin réel.

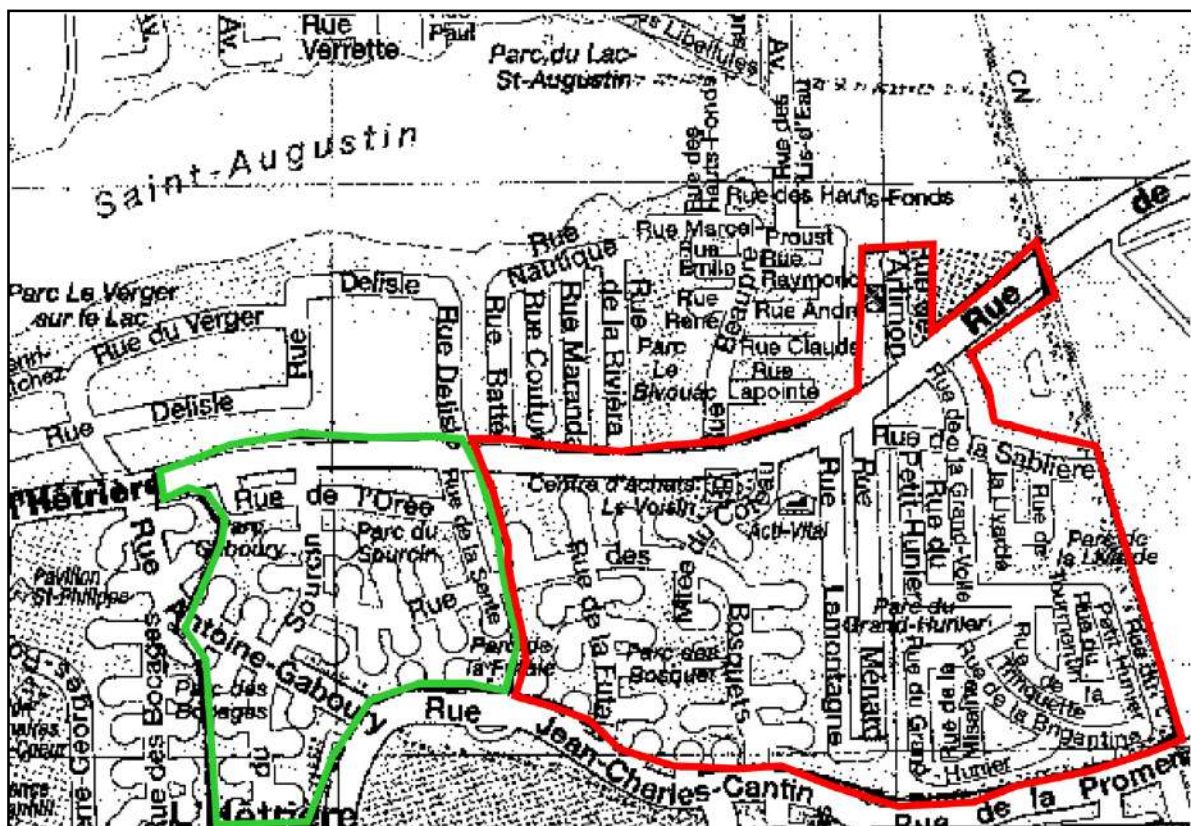


Figure 3.1 Diverses limites du bassin versant de l'Artimon

Aux fins de notre analyse, la superficie totale des deux secteurs (rouge et vert) a été retenue. Nous avons validé le lotissement actuel, et le tableau suivant présente les valeurs obtenues :

Tableau 3.2 Superficies du bassin versant de l'Artimon actuel

Sous-bassin	Superficie
	(m ²)
Secteur commercial	140 200
Secteur résidentiel	
secteur en rouge	635 700
secteur en vert	284 300
Secteur de la carrière	0
Total	1 060 200

L'appréciation de ce dernier tableau indique que le bassin versant actuel du MEC de l'Artimon est de 106 hectares. En comparaison avec la superficie utilisée en conception, soit 41 hectares, le bassin versant actuel est 2,6 fois plus grand, ce qui constitue une énorme différence.

3.1.2 Débits de conception

Pour estimer les débits de conception, le concepteur a recouru à la méthode rationnelle en utilisant divers coefficients de perméabilité. Ces débits ont été calculés pour différentes durées de pluies, soit de 1 heure à 48 heures, et pour les périodes de retour suivantes 1/2, 5, 10 et 25 ans.

Une vérification sommaire des débits calculés démontre que ceux-ci ont été effectués correctement par le concepteur. Selon les informations disponibles, le débit correspondant au volume de rétention considéré par le concepteur serait 0,23 m³/s (836 m³/h).

3.1.3 Volume de conception

Pour estimer le volume de conception, le concepteur a procédé par itération en considérant le volume résiduel à conserver dans l'ouvrage, c'est-à-dire en soustrayant le débit de sortie du vide-étang du débit entrant dans le MEC, et ce, pour les divers débits ruisselés calculés. Selon les informations disponibles, le volume total requis était de 7 100 m³.

3.2 Marais du Verger

3.2.1 Bassin versant

Les eaux d'alimentation proviennent d'un réseau pluvial desservant un milieu résidentiel. Le bassin versant inclut les rues Henri-Bernatchez, du Verger et Delisle. La superficie du bassin versant qui a été retenue par le concepteur pour ce marais se subdiviserait de la façon suivante :

Tableau 3.3 Superficie du bassin versant du Verger retenue lors de la conception

Sous-bassin	Superficie
	(m ²)
Secteur résidentiel	121 400
Total	121 400

Aux fins de notre analyse, cette superficie de 12,14 hectares a été retenue étant donné qu'elle est quasi-identique à celle que nous avons obtenue, soit 12,15 hectares.

3.2.2 Modifications du bassin versant

Selon les informations disponibles, aucune modification du bassin versant n'est survenue, outre la construction de nouvelles résidences.

3.2.3 Débit de conception

Les débits de conception utilisés à l'origine sont respectivement 1,28 m³/s à l'entrée du bassin et 0,07 m³/s à la sortie. Ceci correspond en fait à un temps de séjour de 29 heures. Pour ces calculs, la

méthode rationnelle a été utilisée, au même titre que le concepteur du MEC de l'Artimon, pour différentes durées de pluie et périodes de retour.

3.2.4 Volume de conception

Le volume calculé en conception, en fonction de la géométrie retenue, était de 3 100 m³. Cette valeur provient du volume de réserve de 462 m³, soit le volume engendré entre le fond du bassin et le radier de la première conduite de sortie située à 300 mm du fond, et le volume total de stockage de 2 638 m³.

4. Qualité de l'eau

Au cours des dernières années, la Ville de Québec a procédé à une caractérisation ponctuelle des eaux entrant et sortant des deux (2) marais.

4.1 Caractérisation de l'eau

Les tableaux présentés à l'annexe 2 contiennent les résultats obtenus pour la caractérisation des eaux des MEC, effectuée en 2003 et 2008². À la lecture de ces données, il est possible de constater que la concentration en MES, en coliformes fécaux, en phosphore total, en azote total, en chlorures, en manganèse et en fer ne respecte pas les critères de qualité édictés pour les eaux de surface par le ministère de Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) à l'effluent des MEC.

Le suivi de la qualité³ des eaux circulant dans les marais, effectué de la mi-mai à la mi-août 2008, a permis de caractériser les eaux à l'entrée et à la sortie des marais. La collecte des eaux a d'ailleurs toujours été effectuée suite à une pluie.

Ce suivi a démontré que, pour le marais de l'Artimon, la charge en MES ainsi que la concentration en phosphore total sont inférieures en amont qu'en aval et ce, dans presque tous les cas. Les concentrations en coliformes fécaux et en phosphore dissous sont, pour leur part, dans la majorité des cas, supérieures en amont qu'en aval. Il est important de noter que lors de la caractérisation, l'échantillonneur a éprouvé des difficultés à récolter l'eau sans soulever de particules. Les résultats peuvent donc être biaisés.

Lors de ce suivi, la présence de papier hygiénique à l'entrée d'eau a été observée. Des eaux d'égouts sanitaires se retrouvent donc dans l'affluent de ce marais. Des traces d'hydrocarbures et de peinture se retrouvent également dans le tributaire.

Pour le marais du Verger, le suivi a permis de constater que, dans la majorité des cas, tous les paramètres mesurés sont inférieurs en amont qu'en aval.

4.2 Performance de traitement

En considérant que ces résultats représentent la réalité de traitement des marais, il est possible de constater que les marais offrent une efficacité relative de traitement. En effet, l'analyse des résultats du suivi de la qualité des eaux entrant et sortant des marais montrent que la concentration de la plupart des éléments mesurés (MES, coliformes fécaux, phosphores dissous et totaux) est inférieure en amont qu'en aval.

² Référence : Marc, MARIN, *Marais épurateurs construits Lac Saint-Augustin*, Ville de Québec, 2007, 7 p.

³ Référence : Étienne, WALKER, *Suivi des marais épurateurs du Lac Saint-Augustin, saison 2008*, Ville de Québec, Service de l'environnement, 2008, 15p.

La concentration supérieure en MES, en amont, peut s'expliquer par divers phénomènes. Entre autres, il est probable que le MEC accumule des sédiments au cours des faibles averses et que lors d'une averse plus importante, il y ait brassage et remontée des sédiments. Le lessivage des terrains situés en hauteur et adjacents au marais du Verger peut également être la source de ce phénomène. L'augmentation de la concentration en coliformes fécaux à l'intérieur des MEC peut, quant à elle, s'expliquer par la présence d'oiseaux et d'animaux divers. Le phénomène de largage lors de la décomposition des plantes peut aussi expliquer la hausse de la concentration des sels minéraux, du phosphore et de l'azote.

Il faut noter que la campagne de caractérisation de 2003 ne présente pas de résultats plus probants qu'en 2008, malgré le fait qu'à cette époque, un programme d'entretien régulier était appliqué.

Ces résultats prouvent donc que les marais n'offrent pas un traitement adéquat des eaux pluviales avant leur rejet au Lac St-Augustin. Il devient donc primordial d'apporter certaines modifications aux marais afin d'améliorer le processus de traitement. Les changements proposés à la section 6 tiennent compte de l'expansion des développements résidentiels et des critères de conception proposés dans de récentes études effectuées sur les MEC. La section 5 résume d'ailleurs ces critères.

5. Critères de conception d'un MEC

Les critères de conception ont évolué depuis la construction des MEC à l'étude. Les recommandations pour le design des MEC présentées ci-dessous sont tirées de plusieurs sources, dont un ouvrage, publié en février 2008, par le *Center for Watershed Protection (CWP)*, de l'Agence de protection environnementale des États-Unis (EPA).

Le CWP propose deux nouveaux concepts de MEC :

- les marais avec zones émergentes et
- les marais avec zones boisées.

Les objectifs de conception de ces marais visent à réduire les fluctuations du niveau de l'eau, qui influencent directement la qualité et la diversité des plantes, et à intégrer des portions d'arbres et arbustes, qui améliorent le processus de traitement.

Les critères de conception du marais avec zones boisées seront présentés puisque le design s'applique davantage aux marais de l'Artimon et du Verger à l'étude. Toutefois, il est important de noter que ces données proviennent de la littérature technique et que chaque critère doit être évalué en fonction des caractéristiques du bassin versant, de l'espace disponible et de la fonction environnementale envisagée pour le MEC à l'étude.

5.1 Bilan hydrique

Le dimensionnement d'un MEC est basé sur les débits d'eau à traiter. Les apports en eau sont liés au bilan climatique prévalant dans la région cible et proviennent à la fois des précipitations nettes tombant directement dans le marais de même que de celles tombant sur le bassin versant (amont). Ils contribuent au régime hydrologique du marais en faisant varier le niveau et participent aux phénomènes chimiques et biologiques en transportant des matières dissoutes, des sédiments tractés par roulement ou saltation et des sédiments en suspension. Aucun apport en eaux souterraines ne doit alimenter le marais. Les pertes en eau sont reliées principalement à l'évaporation de ces bassins et au débit sortant à l'exutoire ou au trop-plein.

Le dimensionnement d'un MEC doit également tenir compte des niveaux d'eau à maintenir dans les différentes zones du marais afin d'éviter toute période de sécheresse excédant deux (2) mois et toute fluctuation de niveaux excédant 250 mm au-dessus du niveau d'eau normal. De telles conditions affectent la santé et la diversité de la communauté de plantes aquatiques (Center for Watershed Protection, 2008).

5.2 Morphométrie

5.2.1 Généralités

Les marais doivent être conçus afin de maximiser leur potentiel d'enlèvement des polluants. Afin d'offrir un rendement adéquat, la littérature propose que le marais ait une capacité de deux (2) fois le volume d'eau à traiter. Un ratio minimum longueur/largeur de trois (3) et une surface de marais entre 1 et 5 % de la surface totale du bassin hydrographique sont recommandés. La surface minimale du bassin hydrographique en amont du marais devrait d'ailleurs varier entre 0,05 et 0,10 km². Un bassin hydrographique plus petit serait acceptable dans la mesure où un apport constant en eau alimente le marais.

Le chemin d'écoulement entre l'entrée et la sortie devrait avoir une pente minimale de 1,5:1 (horizontale : verticale) et le temps de rétention minimum devrait être de 24 heures. Les pentes minimales latérales du marais devraient être de 4:1 ou 5:1. Une zone tampon de cinq (5) mètres de large devrait également être créée entre le MEC et le milieu environnant.

La littérature mentionne que la gamme de perméabilité idéale pour l'implantation d'un MEC se situe entre 10⁻⁶ à 10⁻⁷ m/s. Les argiles sablonneuses et les loams silteux peuvent être adéquats lorsque le sol est compacté. Lorsque le sol s'avère trop perméable, le fond et les parois doivent alors être imperméabilisés au moyen d'une membrane d'argile ou d'une géomembrane afin de prévenir la contamination et d'assurer la rétention d'eau.

Lorsque les eaux pluviales contiennent une forte concentration de MES, il s'avère nécessaire de prévoir un bassin de sédimentation construit à l'entrée du marais. Suivant ce bassin de sédimentation, l'eau devrait s'écouler à travers le marais à travers un bassin de traitement formé d'une multitude de cellules de profondeurs et de tailles différentes.

5.2.2 Bassin de sédimentation

Tel que mentionné, le bassin de sédimentation devrait être aménagé à l'embouchure de la structure d'entrée afin de réduire la vitesse du débit d'eau entrant et de permettre l'enlèvement des particules en suspension. Ce bassin devrait avoir une capacité d'au moins 10 % du volume d'eau total à traiter ou garantir un temps de rétention minimum d'une (1) journée. Une barrière physique (berme, socle, perré de protection) devrait le séparer du reste du marais. Il devrait aussi être assez profond, de 1,2 à 1,8 mètre, afin de permettre le dépôt et l'accumulation de sédiments. Cette accumulation représente d'ailleurs l'une des principales sources de charges internes se retrouvant à l'effluent. La vidange de ces sédiments est donc nécessaire périodiquement (voir section *Entretien général*). Le fond du bassin devrait comporter une surface de roulement solide pour faciliter la vidange des sédiments (Center for Watershed Protection, 1995).

5.2.3 Bassin de traitement

Le bassin de traitement devrait être constitué de parties distinctes : les bassins d'entrée et de sortie, les zones basses et hautes ainsi que les péninsules. L'aménagement de ces zones permet de créer une microtopographie variable et des conditions d'écoulement favorables en minimisant les courts-circuits et en maximisant le temps de rétention et la surface de contact.

5.2.3.1 Bassins d'entrée et de sortie

Le bassin d'entrée, situé à la sortie du bassin de sédimentation, permet de dissiper l'énergie et fournit un traitement additionnel. Le bassin de sortie protège la structure de sortie et empêche l'ouvrage de colmater. Une pente maximum de 5:1 (verticale : horizontale) fait la transition entre le bassin de sortie et les zones hautes. Ces bassins devraient avoir une profondeur d'environ 0,6 à 1,5 mètre et devraient représenter 20 % à 50 % de la surface totale du marais.

5.2.3.2 Zones basses et hautes

Les zones basses du bassin de filtration devraient avoir une profondeur entre 0,15 et 0,45 mètre. Les zones hautes, aménagées perpendiculairement au sens d'écoulement, agissent comme bermes submergées permettant de créer un chemin d'écoulement sinueux. Ces zones devraient avoir une profondeur entre 0 et 150 mm. Elles devraient également présenter la plus grande densité et diversité de plantes émergentes.

5.2.3.3 Péninsules

Deux à trois péninsules devraient être aménagées perpendiculairement au sens d'écoulement afin d'allonger le parcours de l'eau à travers le bassin de filtration. Des arbres feuillus, arbustes et arbrisseaux pourraient être plantés sur ces péninsules. Le point le plus bas de la surface des péninsules devrait se situer à environ un (1) mètre du fond du marais. La largeur minimale de ces dernières devrait être de 2,5 mètres afin de fournir l'espace nécessaire pour la plantation d'arbres et d'arbustes (environ 10 mètres cubes par arbre).

Tableau 5.1 Profondeurs recommandées pour les parties du marais

Zone	Profondeur sous le niveau d'eau normal m
Bassin de sédimentation	1,20 à 1,80
Bassin de filtration	
a. bassins d'entrée/sortie	0,60 à 1,50
b. zones basses	0,15 à 0,45
c. zones hautes	0,00 à 0,15

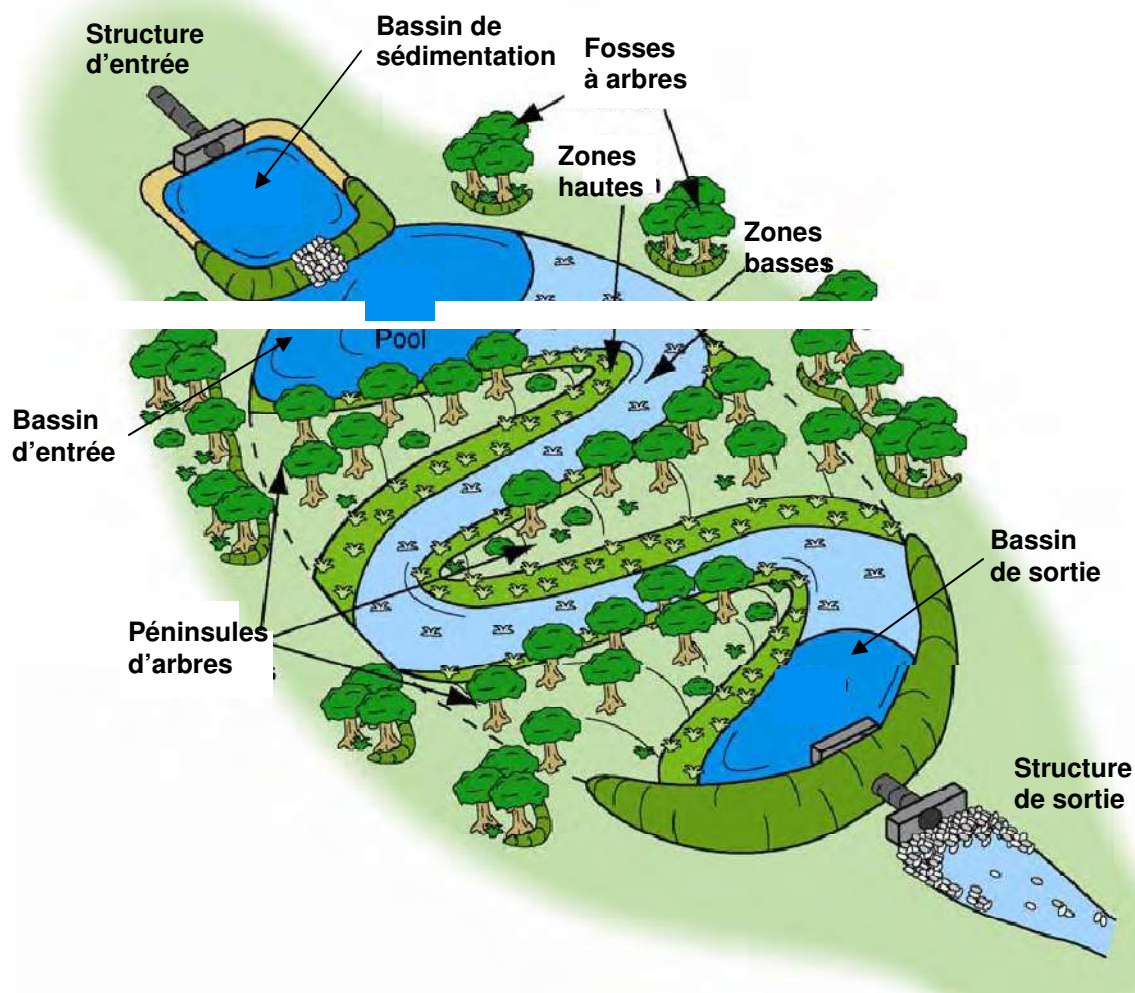


Figure 5.1 Marais avec zones boisées

5.3 Structures de contrôle des débits

Les structures de contrôle doivent être conçues pour accepter le débit maximum et être accessibles pour des fins de réparation et de maintenance. La structure d'entrée peut être en surface ou partiellement submergée et être conçue afin d'accepter des débits de 10 à 25 ans de récurrence. Cette structure doit également rejeter le débit dans le marais de manière diffuse afin de protéger de la force érosive du débit entrant. Si la structure d'entrée est une conduite, un diamètre minimum de 450 mm est recommandé afin de minimiser le potentiel d'obstruction et de colmatage.

La structure de sortie doit être dotée d'une grille pour intercepter les feuilles mortes des plantes et les débris divers. La structure de sortie à niveau variable permet de contrôler le niveau de l'eau dans le marais et de limiter ses fluctuations. Une conduite de vidange devrait être installée pour les urgences ou les routines d'entretien. Le diamètre minimum du tuyau de contrôle devrait être 150 ou 200 mm, tandis que le diamètre du tuyau de vidange devrait être de 450 mm ou devrait permettre d'effectuer la vidange dans une période de huit (8) heures.

5.4 Végétation

Selon les nouveaux critères de conception, les marais doivent présenter un couvert végétal dense formé de plantes émergentes et de végétation ligneuse. En effet, il a été démontré que l'effet combiné de ces plantes améliore le potentiel de réduction des polluants. Les plantes émergentes permettent l'enlèvement des nitrates tandis que les arbres et arbustes semblent plus effectifs au niveau de l'enlèvement des phosphores.

5.4.1 Plantes émergentes

Lors de la conception, il est primordial de sélectionner les plantes qui sont le mieux adaptées aux conditions d'exploitation prévues. La variation de profondeur à travers le MEC permet d'augmenter la diversité des plantes. Le tableau suivant présente quelques plantes émergentes recommandées pour les MEC ainsi que le niveau d'eau maximal recommandé pour chacune de ces espèces.

Tableau 5.2 Plantes émergentes recommandées pour les MEC

Espèces recommandées	Niveau d'eau max (mm)	Commentaires
Iris versicolore <i>iris versicolor</i>	75 - 150	Tolérance pour les concentrations élevées de nutriments.
Nénuphar jaune <i>nuphar luteum</i>	600 - 1500	
Arum de virginie <i>peltandra virginica</i>	305	Croissance lente. Feuillage et racines ne sont pas mangés par les oies ou rats musqués.
Phalaris roseaux <i>phalaris arundinacea</i>	150	Tolérance aux grandes variations de niveau d'eau.
Phragmites communs <i>phragmites communis</i>	75	Colonisation agressive. Résistance au sel de déglacage et au froid.
Pontédéries <i>pontedaria cordata</i>	305	Résistance au froid
Sagittaires <i>sagittaria latifolia</i>	305	Colonisation agressive. Phénomène de transpiration fort. Tubercules mangées par les rats musqués. Résistance au sel de déglacage et au froid.
Saurure penchée <i>saururus cernuus</i>	150	Croissance rapide.
Quenouilles <i>typha angustifolio</i>	305	Agressive. Tubercules mangées par les rats musqués. Résistance au froid.
Quenouilles <i>typha latifolia</i>	305 - 450	Agressive. Potentiel élevé d'enlèvement des charges polluantes. Résistance au froid.

Les plantes émergentes consomment une quantité appréciable de phosphore lors de leur croissance. Elles emmagasinent ce dernier dans leurs racines, leurs rhizomes, leurs tiges et leurs feuilles.

5.4.2 Végétation ligneuse

En plus d'améliorer le processus de traitement, l'intégration de zones boisées dans le marais permet d'éloigner les oiseaux et de régulariser la température de l'eau. Les arbres et arbustes devraient être plantés au-dessus du niveau d'eau maximal sur les pentes latérales du marais et sur les péninsules. Des fosses communes peuvent être creusées afin de planter une série d'arbres ou arbustes dans les talus entourant le marais.

Tableau 5.3 Arbres et arbustes recommandés pour les MEC

Arbres
Bouleau à feuilles de peuplier / <i>Betula populifolia</i>
Frêne rouge / <i>Fraxinus pennsylvanica</i>
Cèdre blanc / <i>Thuja occidentalis</i>
Érable rouge / <i>Acer rubrum</i>
Chêne des marais / <i>Quercus palustris</i>
Saule / <i>Salix</i>
Arbustes
Aulne blanc / <i>Alnus serrulata</i>

5.5 Performance

Selon la littérature technique, les MEC devraient permettre d'atteindre les performances d'enlèvement des polluants suivantes :

Tableau 5.1 Performances de traitement

Polluant	Pourcentage d'enlèvement (%)
Matière en suspension (MES)	65-95
Demande biologique en oxygène (DBO ₅)	50-80
Azote total (N _{tot})	40-75
Phosphore total (P _{tot})	50-90
Plomb (Pb)	50-95
Cadmium (Cd)	50-100
Zinc (Zn)	30-90
Nickel (Ni)	20-50
Chrome (Cr)	45-99

Il est important de noter que ces performances sont variables et dépendent des caractéristiques du MEC et des conditions d'exploitation.

6. Recommandations proposées

Le chapitre précédent élabore les critères de conception souhaitables pour les MEC. Bien entendu, il n'est pas question ici de reconstruire les marais existants mais plutôt tenter d'améliorer leur efficacité.

Par contre, nous nous sommes inspirés tout de même de ces concepts pour définir quelques interventions au niveau du dimensionnement, des structures de contrôle des débits et de la végétation des marais existants, en fonction des observations faites sur l'état actuel des bassins et des études hydrauliques réalisées.

6.1 Validation des limites des bassins versants

Avant de procéder à toute intervention au niveau des MEC, il serait avisé de débiter par vérifier la délimitation des bassins versants de chaque ouvrage. En effet, tel que présenté précédemment, de nombreuses modifications sont survenues dans le sous-bassin du MEC de l'Artimon au cours des années. À titre d'exemple, notons que la carrière n'existe plus depuis l'été 2008 et a été remplacée par un supermarché Métro Plus et, en face de ce bâtiment, de l'autre côté de la rue de l'Hêtrière, loge maintenant un complexe médical abritant notamment une pharmacie et d'autres commerces. Ces exemples illustrent facilement que des superficies auparavant perméables ont été remplacées par des surfaces largement imperméables car les superficies des toitures sont importantes, de même que les dimensions des stationnements.

Il faudrait donc vérifier adéquatement les limites réelles des sous-bassins en effectuant une vérification sur le terrain du réseau pluvial.

Il est évident que, selon les informations disponibles, le MEC de l'Artimon aurait été conçu en considérant un bassin versant largement inférieur à la réalité, ce qui influence de façon marquée son fonctionnement. À ce titre, cet aspect peut contribuer de façon importante à amoindrir l'efficacité de l'ouvrage, comme en font foi les précédents rapports émis par la Ville de Québec et les campagnes d'échantillonnage réalisées dans le passé. À notre avis, vérifier cet élément serait prioritaire à toute intervention.

6.2 Prise en compte des changements apportés aux courbes IDF

Tous les intervenants qui ont à concevoir ou modifier des ouvrages de gestion des eaux pluviales, que ce soit pour dimensionner des réseaux d'égout pluvial, construire des bassins de rétention ou encore concevoir des rues en double drainage sont unanimes quant aux transformations profondes observées au niveau hydrologique au cours des dernières décennies.

Dans ce sens, il est devenu nécessaire d'anticiper l'impact éventuel des changements climatiques éventuels sur les événements pluvieux. Comme on le sait, il a été observé au cours des dernières années une augmentation marquée de la fréquence et de l'intensité des événements pluvieux

violents et les périodes de retour se trouvent à être révisées à la baisse en conséquence. Par exemple, un événement pluvieux particulier passé, avec une période de retour de 25 ans auparavant deviendra à court terme statistiquement considéré comme ayant plutôt une période de retour de 10 ans. Ceci résulte que le niveau d'intensité ou la fréquence de cet événement se rapprochent de la moyenne des événements répertoriés et ne sont plus considérés comme étant autant exceptionnels. Dans ce sens, la Ville de Québec utilise ses propres courbes IDF, nommées « Courbes IDF – Ville de Québec 2007, Climat Futur » depuis l'automne 2007. Ces courbes ont pour but d'anticiper les conditions climatiques futures notamment.

À cet effet, tout porte à croire que la conception originale des MEC abordés dans cette étude a été réalisée conformément aux connaissances et principes reconnus de l'époque. Par contre, en considérant la problématique présentée au paragraphe précédent, il apparaît évident que la conception de tels ouvrages aujourd'hui fournirait des paramètres de construction forts différents.

Soulignons qu'une simulation globale des conditions hydrologiques et hydrauliques de chaque bassin versant devrait nécessairement être réalisée lors de la validation de la conception, au lieu de simplement faire une approximation avec la méthode rationnelle, par exemple. Cette méthode est d'ailleurs totalement à proscrire pour ce type de projet de par la superficie à couvrir, le niveau de complexité à analyser et la variabilité des phénomènes hydrauliques à analyser notamment.

6.3 Vérification de la présence de branchements croisés

Comme il a été observé par les intervenants municipaux, il faudrait valider la présence de branchements de service croisés dans les bassins versants et les éliminer.

6.4 Marais de l'Artimon

6.4.1 Morphométrie

Le marais ne répond pas au rapport longueur/largeur de trois (3). Il serait alors pertinent de prolonger le marais vers le nord afin de dégager l'espace requis pour améliorer ce critère. Selon la vérification hydraulique, la surface du marais de l'Artimon équivaldrait à environ 0,36 % de la surface totale du bassin versant tandis que le critère de conception se situe entre 1 et 5 %. De plus, le bassin de sédimentation aurait dû avoir une capacité d'au moins 10 % du volume d'eau à traiter, ce qui représente pour le marais de l'Artimon 710 m³. Or, le bassin de sédimentation n'offre que 396 m³. L'agrandissement du marais et du bassin de décantation s'avère donc essentiel. La création de zones basses et hautes dans le bassin de filtration permettrait également d'améliorer les conditions d'écoulement en créant un chemin long et sinueux.

Tableau 6.1 Pourcentage de la surface du marais par rapport au bassin versant

Surface totale	m ²
Marais de l'Artimon	3 795
Bassin versant	1 060 200
Pourcentage	0,36%

6.4.2 Structures de contrôle des débits

Malgré la présence d'une structure de béton permettant de créer un certain étalement du débit d'entrée (voir figure 6.1), la géométrie actuelle du bassin de sédimentation n'est pas optimale, ce qui fait que l'eau y arrive avec une certaine vitesse entraînant le remaniement du fond de boues décantées créant des monticules et un canal d'écoulement jusqu'au seuil. Cette modification du fond amène donc l'eau à franchir le seuil en deux (2) points uniques et distincts (voir figure 6.2). Tel que les critères de conception le stipulent, l'eau devrait traverser dans le bassin de filtration d'une manière uniforme sur toute la largeur du bassin de sédimentation (voir section 5.3). Une fois dans le bassin de filtration, l'eau n'est donc pas distribuée également créant des chemins d'écoulement préférentiels. Le nettoyage du fond du bassin jusqu'au béton et l'ajout d'une goulotte permettant l'étalement du débit, amélioreraient la situation.



Figure 6.1 Structures d'entrée des eaux pluviales



Figure 6.2 Traverse du seuil en deux points uniques

La présence d'une zone d'eau stagnante (formation d'algues en surface) et exempte de plantes émergentes à la sortie du bassin de filtration prouve que le fond du bassin n'est pas uniforme et qu'il y a un écoulement préférentiel dans cette zone plus basse (voir figure 6.3). Afin d'éviter cette situation, il serait également possible de créer une zone profonde afin de former un bassin de sortie qui permettrait une dernière décantation des charges polluantes, tel que le suggère les critères de conception. Tel que les critères de conception le proposent, une profondeur d'eau d'environ un (1) mètre permettrait de limiter la propagation et la croissance des plantes émergentes à l'intérieur de cette zone.



Figure 6.3 Zone d'eau stagnante dans le bassin de filtration

6.4.3 Végétation

Lors de la visite du bassin en août dernier, les plantes du bassin de filtration semblaient en bonne santé. Toutefois, quelques mesures en termes de végétation pourraient améliorer le système de traitement. D'abord, l'ensemencement des rives du bassin de sédimentation permettrait d'éviter l'érosion et la migration de sédiments à l'intérieur de ce bassin.



Figure 6.4 Rives sujettes à l'érosion

6.5 Marais du Verger

6.5.1 Morphométrie

Selon son dimensionnement initial, le marais répond au rapport longueur/largeur de 3 exigé. Selon la vérification hydraulique, la surface du marais du Verger équivaldrait à environ 1,25 % de la surface totale du bassin versant. Le marais du Verger présente donc une surface de marais tout juste au-dessus de la limite inférieure du critère de conception de 1 à 5 %. Toutefois, compte tenu des modifications des paramètres de conception reliés aux courbes IDF depuis les dernières années, il est fort probable que le débit de conception soit sous-estimé par rapport au débit réel actuel entrant dans le marais. De plus, le bassin de sédimentation aurait dû avoir une capacité d'au moins 10 % du volume d'eau à traiter, ce qui représente pour le marais du Verger 310 m³. Or, le bassin de sédimentation n'offre que 69 m³. Le bassin de sédimentation n'offre donc pas le volume nécessaire, selon les critères de conception de la littérature. Tout comme il est suggéré pour le marais de l'Artimon, des zones basses et hautes pourraient être créées dans le bassin de filtration afin d'imposer un chemin d'écoulement long et sinueux.

Selon la vérification hydraulique effectuée, le bassin versant réel du marais du Verger correspond au bassin utilisé lors de la conception.

Tableau 6.1 Pourcentage de la surface du marais par rapport au bassin versant

Surface totale	m ²
Marais du Verger	1 500
Bassin versant	121 500
Pourcentage	1,23%

6.5.2 Structures de contrôle des débits

Malgré l'unique point d'entrée d'eau dans le marais, la géométrie du bassin de sédimentation semble permettre la diffusion du débit. En effet, avec un ratio longueur/largeur supérieur à 8, le bassin d'entrée permet de ralentir la vitesse d'entrée de l'eau et de créer un écoulement piston. Toutefois, lors de la visite, il a été impossible de vérifier l'état du seuil de surverse entre le bassin de décantation et celui de sédimentation. Lors de travaux d'entretien dans le bassin de sédimentation, il serait donc important de vérifier que l'écoulement s'effectue de manière uniforme du bassin de sédimentation au bassin de filtration. Un chemin d'écoulement préférentiel s'est peut-être créé diminuant le temps de rétention donc les performances de traitement.



Figure 6.5 Structures d'entrée et de sortie du marais du Verger

6.5.3 Végétation

Des arbustes pourraient être plantés dans la pente latérale (sud-est) du marais afin d'intercepter une partie des sédiments provenant du secteur résidentiel surélevé :



Figure 6.6 Zone de plantation d'arbres dans la pente latérale

6.6 Entretien

Pour les deux marais, aucun entretien n'a été effectué depuis 2005 outre la vidange des bassins de sédimentation en 2007. Ceci a certainement dû avoir un impact sur la performance du traitement des MEC. Toutefois, il est important de noter que les caractérisations effectuées en 2003 ne montrent pas des performances significativement supérieures à 2008 malgré, les travaux d'entretien qui avaient cours à cette époque.

La section suivante propose certaines interventions d'entretien afin de maintenir les MEC en bon état de fonctionnement.

7. Entretien général

Afin de maintenir les marais en bon état et de conserver leur efficacité de traitement, il est primordial de respecter certains concepts d'entretien au niveau de l'hydrologie, des structures de contrôle des débits et de la végétation.

7.1 Hydrologie

Les interventions au niveau hydrologique impliquent tout ce qui concerne les débits des eaux usées et filtrées ainsi que le niveau de l'eau dans les différentes zones ainsi que l'écoulement à travers le marais.

7.1.1 Débits et niveau de l'eau

Une fluctuation des débits participe à améliorer le processus d'oxydation et encourage la formation de nouvelles plantes. Toutefois, une fluctuation du niveau d'eau de plus de 200 à 255 mm entraîne une modification du temps de rétention, de la diffusion de l'oxygène dans l'eau et du couvert végétal. Il est donc important de contrôler les fluctuations du niveau de l'eau afin d'en maximiser son impact. Le niveau d'eau peut être augmenté d'environ 500 mm à la fin de l'automne afin d'anticiper la formation de glace et de créer un espace pour un écoulement sous la glace. Le niveau d'eau peut ensuite être abaissé suite à la formation de la glace. Cette pratique permet de conserver une température de l'eau plus élevée, d'augmenter le temps de rétention et de protéger les plantes du gel. Il est important de ne pas dépasser les limites de tolérance des espèces végétales sur une longue période de temps. Au printemps, le niveau peut être abaissé pour favoriser la croissance des plantes. Le niveau d'eau toléré par les différentes plantes est présenté à la section 5. *Critères de conception*.

7.1.2 Écoulement de l'eau

Il est important de régulièrement vérifier si l'accumulation de débris n'a pas obstrué l'écoulement des eaux et créé une zone d'eau stagnante puisque de telles aires créent des conditions favorables à la prolifération des moustiques et la croissance d'algues. L'eau devrait atteindre toutes les surfaces du marais.

7.1.3 Structures de contrôle des débits

Les déversoirs et toutes structures de contrôle devraient être inspectés régulièrement et après toute pluie importante ou suite au dégel. Les structures d'entrées et de sorties devraient être exemptes de débris.

7.2 Végétation

Afin de maintenir une végétation saine, il est important de porter une attention particulière à la diversité des espèces et à la croissance accrue de mauvaises herbes. Une inspection du type et de la distribution des plantes dominantes, des signes de compétitivité entre les espèces et des zones sans végétation (aire et pourcentage) doit être effectuée afin de conserver et protéger la diversité des espèces. Une augmentation des sédiments et des charges d'aliments entraîne une diminution de certaines espèces et une augmentation d'autres espèces envahissantes. La présence de graminées dans les systèmes de traitement indique souvent un problème d'assèchement des lits sur de trop grandes périodes. Si le sol n'est pas horizontal, il peut y avoir la formation de zones plus humides ou plus sèches qui vont favoriser la croissance de certaines plantes typiques de ces milieux. Le maintien d'un niveau d'eau au-dessus de la surface au printemps permet d'éviter la croissance de graminées.

La végétation des rives latérales devrait être tondue et entretenue au même rythme que les pelouses des endroits publics. La tonte des rives encourage la croissance des racines des plantes afin de résister à l'érosion et d'éviter que les buissons et les arbres s'installent dans la rive. Une rive végétalisée (graminées) sur deux (2) mètres doit être conservée. Il est important de noter qu'aucun herbicide ne devrait être utilisé et que l'utilisation de fertilisant devrait être limitée.

Afin de maximiser le potentiel de traitement de la végétation, certaines sources de la littérature se contredisent. Le manuel de conception de la Californie⁴, publié en 2003, recommande de récolter les plantes, à chaque fanaison, afin d'assurer l'enlèvement définitif du phosphore. La disposition des plantes avec leurs racines est également recommandée puisque la couche supérieure de terre végétale constitue le principal réservoir de nutriments et de métaux absorbés par les plantes du marais. Toutefois, une étude⁵ parue en 2001, mentionne que la récolte des plantes et de la biomasse associée permet l'enlèvement de seulement 5 % du phosphore total présent dans le système. Cette pratique ne représente donc pas un impact significatif sur l'enlèvement du phosphore total. De plus, l'enlèvement périodique des végétaux risque d'annihiler la fonction épuratoire des plantes dû à un probable lent rétablissement.

À la lumière de ces études, il s'avère donc nécessaire de suggérer des travaux de recherche afin de voir dans quelle mesure et en quelles situations, il serait possible de combiner ces deux techniques (ou d'en privilégier une seule). À cet effet, une étude⁶ menée par madame Annie Taillon, biogéographe, M.Sc, du secteur environnement chez Roche ltée, Groupe-conseil, mentionne qu'un curage en damier, avec alternance aux deux (2) ans, serait une méthode expérimentale à privilégier. La longueur des cases du damier est un élément à évaluer expérimentalement. Ainsi, malgré les

⁴ Réf. : <http://www.cabmphandbooks.com/Documents/Development/MP-20.pdf>

⁵ Réf. : <http://www.iwaponline.com/wst/04411/wst044110061.htm>

⁶ Réf. : <http://www.mtq.gouv.qc.ca/portal/page/portal/Librairie/Publications/fr/ministere/recherche/innovation/innovation18.pdf>

études et les recommandations, l'entretien des plantes est typique à chaque marais. Le protocole d'enlèvement des plantes devra donc faire l'objet d'une expérimentation afin de déterminer les méthodes à privilégier.

7.3 Faune

Les animaux présents sur le site peuvent causer des dommages importants aux rives latérales. S'il n'y a aucune protection des rives, une épaisse couche de gravier, de perré de protection ou de bentonite peut empêcher les animaux, tels que les rats musqués ou les marmottes d'y creuser un terrier. Les rats musqués et les marmottes peuvent d'ailleurs également endommager la végétation des marais en utilisant les quenouilles et les phragmites comme nourriture et matériel pour leur nid. Ces animaux peuvent être contrôlés par des clôtures, un perré de protection grossier ou un relèvement temporaire du niveau d'eau. Dans la plupart des cas répertoriés, les animaux ont dû être trappés et relâchés dans un autre milieu.

7.4 Programme de suivi et d'entretien général

Afin d'assurer le suivi et l'entretien des marais, une visite générale doit être effectuée une fois par semaine. Des visites plus fréquentes doivent par contre être effectuées après des pluies importantes et durant la période de fonte. Le tableau suivant présente un exemple d'un programme de suivi de base selon les paramètres à observer ainsi que la fréquence des relevés suggérés.

Tableau 7.1 Activités de base d'un programme de suivi et d'entretien général

Paramètres		Unité	Fréquence des relevés
1.	Débits a. inspection	m ³ /d	lors d'évènements pluvieux
2.	Trop-pleins a. durée de fonctionnement	h/d	après les événements pluvieux
3.	Météorologie	mm/d	journalier
4.	Traitement a. présence d'hydrocarbures b. présence d'odeurs c. débris flottants d. écoulement de surface e. plantes parasitées	--	hebdomadaire
5.	Affluent – contrôle périodique a. MES b. NH ₄ c. P _{tot} d. NTK	mg/L mg/L N mg/L P mg/L	bi-annuel, 3 jours consécutifs - hiver (janvier ou février) - été (entre mi-juin et mi-août)
6.	Effluent – contrôle régulier a. MES b. NH ₄ c. P _{tot} d. Coliformes fécaux	mg/L mg/L N mg/L P nb/100mL	trimestriel (sept.-mars) mensuel (juin-août)
7.	Ajustement du niveau de l'eau a. augmentation de 500mm b. abaissement au niveau minimum	mm mm	fin de l'automne début du printemps
8.	Enlèvement des boues accumulées a. bassin de sédimentation b. bassin de filtration	--	annuel
9.	Prélèvement et analyse de boues	--	annuel
10.	Enlèvement des plantes à feuilles flottantes	--	au besoin
10.	Enlèvement des tiges mortes	--	annuel
11.	Nettoyage des plantes par bandes		5 ans
12.	Gestion des boudins filtrants	--	printemps
	a. installation		début du printemps
	b. enlèvement		fin de l'automne
13.	Contrôle des animaux	--	au besoin
14.	Vérification des périmètres d'implantation	--	régulièrement

8. Conclusion

Les marais épurateurs construits de l'Artimon et du Verger ont été construits afin de capter les eaux de ruissellement urbain de deux (2) développements résidentiels et d'assurer le traitement de ces eaux avant leur rejet au Lac Saint-Augustin. Toutefois, construits dans les années 1990, ces MEC présentent aujourd'hui des lacunes de rendement et acheminent des eaux toujours chargées de polluants divers vers le lac. La présente étude a fait un résumé des divers aspects du dossier en ce qui a trait à la conception, au mode de construction et à la procédure d'entretien.

8.1 Marais de l'Artimon

Notre travail a permis d'identifier certains éléments expliquant le mauvais fonctionnement du marais dont notamment la morphométrie du marais et la superficie de son bassin versant. En effet, la morphométrie du marais, présentant un rapport longueur/largeur de moins de trois (3), ne permet pas un écoulement piston à travers le marais. Une différence importante existe également entre les superficies du bassin versant de l'Artimon utilisées lors de la conception par rapport aux conditions actuelles. La superficie actuelle représente 2,6 fois la superficie utilisée en conception. En conséquence, les débits calculés pour les différentes périodes de retour ne sont plus valables.

À la lumière de ces éléments, il serait pertinent de réaliser une analyse détaillée du bassin versant afin de valider précisément les divers paramètres et de déterminer les débits pluviaux réels à gérer. Il faudrait aussi valider la présence de branchements de service croisés dans les bassins versants.

Une fois les débits à l'affluent du marais de l'Artimon confirmés, des travaux de modifications, à la lumière des recommandations citées plus haut, pourront être proposés afin que le marais permette un écoulement piston et uniforme et soit en mesure d'accepter les débits réels. Suite à ces travaux, l'entretien, tel que spécifié, devra également être effectué.

8.2 Marais du Verger

Contrairement au marais de l'Artimon, le marais du Verger est en mesure d'accepter le débit pluvial provenant de son bassin versant. Son mauvais fonctionnement n'est pas associé à sa morphométrie. Des travaux majeurs ne seraient donc pas nécessaires. Toutefois, afin de valider cet état de fait, nous proposons à la Ville de procéder aux travaux d'entretien, tels que mentionnés plus haut, sur le bassin de sédimentation, le seuil de surverse et les pentes végétalisées. Différents essais pilotes pourraient également être effectués afin de déterminer la méthode de récolte des plantes à adopter : par bandes ou par damiers, enlèvement des plantes au complet ou fauchage. Un protocole d'entretien des marais pourrait donc être mis sur pied en fonction des résultats de performances obtenus et des conditions d'exploitation. Parallèlement à ces essais, des caractérisations des eaux, basées sur un protocole d'échantillonnage précis, permettraient d'évaluer l'impact de l'entretien et de tenir compte de l'impact des pluies non seulement à court mais également moyen et long terme.

Annexes

Annexe 1 Localisation des marais épurateurs construits à l'étude



Figure A.1 Localisation des MEC à l'étude



Figure A.2 Localisation du marais de l'Artimon



Figure A.3 Localisation du marais du Verger

Annexe 2 Rapport d'analyses de la qualité de l'eau

Tableau A.1 Analyses d'eau du tributaire et de l'émissaire du marais de l'Artimon (2003)

Paramètre	Unité	Normes ⁷	Printemps		Temps sec		Après une pluie		Au cours d'une averse	
			30 avril 2003		23 juin 2003		30 juin 2003		16 juillet 2003	
			Amon t	Aval	Amon t	Aval	Amon t	Aval	Amon t	Aval
pH		6,5 à 9,5			8,01		7,12	7,39	7,95	7,41
MES	mg/L	5			23		343	9	8	4,6
Coliformes fécaux	UFC/100m L	200	470	590	430	sec	9000	3300	2600	>60000
Hydrocarbures C ₁₀ -C ₅₀	mg/L	3,5			<0,50		<0,50	<0,50	0,5	0,5
Phosphore total	mg/L	0,02	0,1	0,1	1,1		<0,9	0,4	0,12	0,22
Azote total	mg/L	0,5			3,5		5,6	1,5		
Chlorures	mg/L	230	449	416	264		98,6	248	116	70,6
Sodium	mg/L	200			39,1		62,2		76,8	47,4
Calcium	mg/L	n.d.			23		53	85	74	41
Manganèse	mg/L	0,05			0,11		0,27	0,18	0,09	0,11
Fer	mg/L	0,3			0,6		4,2	0,3	0,3	2,1
Cuivre	mg/L	1	<0,02	<0,02	0,14		0,04	<0,02	0,02	0,02
Zinc	mg/L	5	0,04	0,06	0,03		0,16	0,04	0,23	0,13

Source : Marc, MARIN, Marais épurateurs construits Lac Saint-Augustin, Ville de Québec, 2007, 7p.

⁷ Références : Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, 2008. *Critères de qualité de l'eau de surface*, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Québec, ISBN 978-2-550-53364-1 (PDF), 424 p. et 12 annexes.

Tableau A.2 Analyses d'eau du tributaire et de l'émissaire du marais du Verger (2003)

Paramètre	Unité	Normes	Printemps		Temps sec		Après une pluie		Au cours d'une averse	
			30 avril 2003		23 juin 2003		30 juin 2003		16 juillet 2003	
			Amont	Aval	Amont	Aval	Amont	Aval	Amont	Aval
pH		6,5 à 9,5			7,96	8,15	7,92	7,72	7,96	7,59
MES	mg/L	5			10	12,1	6	6	4	7
Coliformes fécaux	UFC/100mL	200	2	<2	3	2200	2	50	230	1100
Hydrocarbures C10-C50	mg/L	3,5			<0,50	<0,50	<0,50	0,50	0,5	0,05
Phosphore total	mg/L	0,02	0,02	0,06	0,08	1	<0,2	<0,02	0,3	0,06
Azote total	mg/L	0,5			1,3	1,7	0,8	1,1		
Chlorures	mg/L	230	233	202	192	188	213	203	203	171
Sodium	mg/L	200			99,4	98,5			98,6	91,2
Calcium	mg/L	n.d.			100	74	108	77	105	86
Manganèse	mg/L	0,05			0,07	0,07	0,07	0,29	0,08	0,35
Fer	mg/L	0,3			<0,3	0,4	<0,3	0,5	0,3	0,7
Cuivre	mg/L	1	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,02	0,02
Zinc	mg/L	5	0,05	0,04	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	0,04	0,06

Source : Marc, MARIN, Marais épurateurs construits Lac Saint-Augustin, Ville de Québec, 2007, 7p.

Tableau A.3 Analyses d’eau du tributaire et de l’émissaire du marais de l’Artimon (2008)

Paramètres	Unité	22 mai		27 mai		2 juin		9 juin		11 juin		20 juin		30 juin		10 juil		24 juil		14 août	
		Amont	Aval	Amont	Aval	Amont	Aval	Amont	Aval	Amont	Aval	Amont	Aval	Amont	Aval	Amont	Aval	Amont	Aval	Amont	Aval
MES	mg/L	4	5	-	82	2	2	9	35	3	19	2	21	2	80	3	11	2	11	2	14
Coliformes fécaux	UFC/ 100mL	3250	200	4750	1700	6000	-	6000	300	6000	4750	2300	1300	1000	4750	2600	4200	6000	6000	450	100
Phosphore total	µg/L	60	80	90	190	1580	130	140	280	100	115	40	95	120	100	60	160	70	160	65	330
Phosphore dissous	µg/L	40	30	60	50	1350	50	120	80	80	50	60	70	60	60	50	110	60	60	50	150

Tableau A.4 Analyses d’eau du tributaire et de l’émissaire du marais du Verger (2008)

Paramètres	Unité	22 mai		27 mai		2 juin		9 juin		11 juin		20 juin		30 juin		10 juil		24 juil		14 août	
		Amont	Aval	Amont	Aval	Amont	Aval	Amont	Aval	Amont	Aval	Amont	Aval	Amont	Aval	Amont	Aval	Amont	Aval	Amont	Aval
MES	mg/L	22	25	5	120	2	2	3	10	10	17	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Coliformes fécaux	UFC/ 100mL	10	80	3400	400	20	10	100	150	110	520	20	60	-	490	350	60	90	110	30	40
Phosphore total	µg/L	60	50	60	210	60	50	50	60	50	80	40	50	60	70	40	50	30	50	40	40
Phosphore dissous	µg/L	20		40		40		40		50	50	40	60	60	30	30	50	30	40	40	40

*Les résultats sont approximatifs et sont tirés de graphiques.

Références

ALBERTA, *Stormwater Management and Design Manual*, Ville de Calgary, 2000.

ALBERTA, *Draft Guidelines for Constructed Stormwater Wetlands*, Ville d'Edmonton, 2000.

ÉTATS-UNIS, *Storm Water Technology Fact Sheet*, Environmental protection Agency, 1999.

MARYLAND, *Stormwater BMP Design Supplement of Cold Climates*, Center for Watershed Protection, 1997.

ONTARIO, *Stormwater Management Planning and Design Manual*, Ministère de l'environnement Ontario, 1999.

DAVIS, Luise. *A Handbook of Constructed Wetlands*, U.S. Government Printing Office, 52 pages.

LANDRY, Pierre L. *Le domaine aquatique – Lacs et étangs naturels et artificiels – Marais et cours d'eau – Jardins d'eau – Aquaculture*, Les éditions La Liberté, 2004, 355 pages.

SHAVER, HORNER. *Fundamentals of Urban Runoff Management*, NALMS, 2007.

SCHUELER, Tom, *Design of Stormwater Wetlands Systems*, 1992.

CALIFORNIE. California Stormwater Quality Association [en ligne]. *Stormwater Best Management Practice (BMP) Handbooks*. Disponible sur internet : www.dcr.virginia.gov/soil_&_water/documents

CWP, Center for Watershed Protection, *The Next Generation of Stormwater Wetlands*, United States Environmental Protection Agency, 2008, 46 pages.