



PLAN DE RESTAURATION DU LAC MANDEVILLE

(Étude de pré-faisabilité)



Mars 2004



100, rue de la Vallée, 1000
Tél. (514) 845-1544
Fax (514) 845-1544
info@groupesmb.com

**COMITÉ DES CITOYENS
DU LAC MANDEVILLE**
440 LAC MANDEVILLE
TEL: 835 2010 JOK 1LO

PLAN DE RESTAURATION DU LAC MANDEVILLE

(ÉTUDE DE PRÉ-FAISABILITÉ)

Présenté à

Monsieur François Benjamin
Maire
de la Municipalité de Mandeville

Préparé par



HBA Environnement
Groupe HBA experts-conseils sene
1265, rue Berri, bureau 530
Montréal (Québec)
H2L 4C6

Mars 2004

TABLE DES MATIÈRES

	Page
1. RÉSUMÉ	1
2. INTRODUCTION	2
3. DÉMARCHE DE TRAVAIL	3
3.1 Documents préliminaires aux observations.....	3
3.2 Démarche bathymétrique	3
3.3 Observation de terrain	4
3.4 Cueillette d'information disponible	4
3.5 Démarche d'intégration et découpage de l'information en fonction de l'approche par bassin versant.....	5
4. DESCRIPTION DES CARACTÉRISTIQUES BIO-PHYSIQUES DU LAC	6
4.1 Le lac	6
4.2 Le bassin versant et les sous-bassins.....	6
4.3 Le régime hydrique du bassin versant.....	6
4.4 Les activités humaines sur le bassin	8
5. DIAGNOSTIC DU LAC	9
6. LA SOLUTION : UNE DÉMARCHE INTÉGRÉE ET DES SOLUTIONS ACCESSIBLES	11
6.1 Intervention au niveau des fossés agricoles	11
6.2 Intervention au niveau des cours d'eau (rivière et ruisseau).....	14

TABLE DES MATIÈRES (suite)

	Page
6.3 Interventions au niveau du lac.....	16
6.3.1 En rive	16
6.3.2 Le lac	16
7. DISPOSITION, DESCRIPTION ET ESTIMÉ QUANTITATIF DES INTERVENTIONS PROPOSÉES	18
7.1 Les fossés.....	18
7.1.1 Disposition et description.....	18
7.1.2 Estimé quantitatif	19
7.2 Cours d'eau	19
7.2.1 Disposition et description.....	19
7.2.2 Estimé quantitatif	20
7.3 Rive.....	20
7.3.1 Disposition et description.....	20
7.3.2 Estimé quantitatif	21
7.4 Lac	21
7.4.1 Disposition et description.....	21
7.4.2 Estimé quantitatif	22
8. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS.....	23

1. RÉSUMÉ

Le lac Mandeville est dans un état avancé de dégradation. L'apport continu d'éléments nutritifs en abondance dans un lac aussi peu profond que celui du lac Mandeville a entraîné le développement d'algues, de plantes aquatiques et probablement de fleurs d'eau (blooms). En effet, bien qu'il ne semble pas exister de données spécifiques à cet égard, les descriptions fournies par les résidents du lac sur les conditions de l'eau ressemblent étrangement aux descriptions associées à la prolifération des fleurs d'eau. La présence de cyanobactéries peut alors devenir problématique et porter atteinte à la santé des usagers du lac.

Un plan de restauration doit être mis en place pour sauver le lac Mandeville. Le déploiement du plan implique une approche de gestion sur l'ensemble du bassin versant du lac. Les mesures visant la prévention des fleurs d'eau sont axées principalement sur le contrôle et la réduction des apports en nutriments, particulièrement le phosphore. Ici, comme dans la plupart des bassins versants du Québec, le principal responsable du surplus de phosphore est la pollution d'origine agricole.

La gestion du bassin versant du lac Mandeville doit viser prioritairement le contrôle de l'enrichissement des sols et une gestion serrée des épandages qui soustrait les engrais à l'action du ruissellement en surface du sol, durant la période critique de la fin de l'automne au début du printemps. De plus, il est urgent que les interventions suivantes soient mises en place :

- un drainage de surface des terres agricoles qui favorise le morcellement de la lame de ruissellement et dirige l'eau excédentaire vers des zones de sédimentation ou d'évacuation aménagées en milieu humides,
- une évacuation en douceur des pointes printanières de ruissellement par des structures de captage et de sédimentation aménagées aux endroits stratégiques,
- et, l'aménagement de zones tampons riveraines, qui jouent le rôle de trappe à sédiments, interceptent les sources solubles de contamination et assurent la stabilité du réseau de cours d'eau.

Les sédiments accumulés au fond du lac contiennent une réserve d'éléments nutritifs que les processus naturels seuls ne pourront éliminer. Pour que le lac puisse récupérer de ce trop plein, une partie des sédiments devra être excavée de manière à permettre au processus naturel de récupération du lac de prendre le dessus et de récupérer une qualité acceptable de ses eaux.

La sauvegarde du lac Mandeville implique une approche globale qui devra s'appuyer sur une concertation de l'ensemble des résidents du bassin versant. Nous croyons que les recommandations formulées dans ce rapport permettront aux intéressés de progresser rigoureusement vers l'implantation d'un plan de restauration du lac Mandeville; ce dernier constituant une pièce majeure du paysage de Mandeville.

2. INTRODUCTION

Le lac Mandeville présente depuis quelques années des signes inquiétants de dégradation de la qualité de ses eaux. En particulier, des fleurs d'eau (bloom algal), probablement d'algues bleu-vert (cyanophycées), symptômes d'un enrichissement excessif des eaux du lac en phosphore (Bernard, C., 2002). Or, pour la municipalité de Mandeville, l'eau et la forêt constituent des éléments très importants pour le développement économique de la région et représentent des éléments stratégiques du caractère bucolique du paysage de la municipalité de Mandeville. Depuis le tournage récent de la production cinématographique *Un homme et son péché*, la région bénéficie d'un intérêt favorable pour le développement local et régional des activités reliées à la villégiature.

Le lac Mandeville est localisé dans une dépression collinaire et, à ce titre, est alimenté en très grande partie par les eaux de ruissellement provenant des terres avoisinantes. Il en résulte un enrichissement progressif des eaux du lac. La faible profondeur du lac couplée à des apports en éléments nutritifs excessifs a engendré une dégradation du lac sous la forme de production excessive d'algues. Il résulte de cette situation des eaux colorées, peu attrayantes, souvent mal odorantes et non recommandées pour les activités de baignade.

Face à cette situation, la Municipalité de Mandeville a décidé d'initier une démarche qui vise, dans un premier temps, à limiter les apports d'éléments nutritifs au lac et, en second lieu, à protéger le lac Mandeville. C'est dans ce contexte que la municipalité a mandaté, en novembre dernier, le Groupe HBA experts-conseils via son département d'environnement, pour réaliser une étude de pré-faisabilité concernant les perspectives de restauration et de protection du lac Mandeville.

Comme on le sait, il n'existe pas de solutions miracles pour restaurer un lac. Conformément au document de présentation de la Politique nationale de l'eau lancée le 26 novembre 2002, la gestion par bassin-versant repose sur une approche territoriale et une prise en compte globale de l'eau, des écosystèmes et des usages qu'en fait l'ensemble des acteurs concernés.

Le présent rapport constitue la première étape d'une démarche globale. Il permet de saisir le cadre écologique de base pour élaborer une solution intégrée au problème de dégradation du lac Mandeville. Pour faciliter sa lecture et sa compréhension, nous avons privilégié l'usage de la cartographie, de manière à ce que le rapport ne constitue qu'un appui aux documents cartographiques. Les lignes qui suivent expliquent la démarche suivie et les principaux résultats obtenus. Des scénarios sont proposés et une estimation budgétaire est présentée pour chacune des interventions proposées.

3. DÉMARCHE DE TRAVAIL

3.1 Documents préliminaires aux observations

La municipalité de Mandeville a rendu disponibles certains documents cartographiques. Parmi ceux-ci, un extrait de la matrice graphique nous a permis d'effectuer une première reconnaissance du territoire couvert par le bassin versant du lac Mandeville, puis, une fusion d'images satellitales (IRS et Landsat) nous a permis d'apprécier la problématique environnementale associée au lac.

3.2 Démarche bathymétrique

Une définition du profil bathymétrique du lac Mandeville nous a été nécessaire afin d'en comprendre la dynamique et d'en faire la modélisation et la représentation cartographique. Les données bathymétriques étant inexistantes, nous avons procédé par une estimation préliminaire de celles-ci. Cette estimation, moins précise mais moins onéreuse qu'un relevé bathymétrique systématique, s'est effectuée selon une méthodologie simplifiée et adaptée à l'équipement disponible.

Pour ce faire, nous avons utilisé une embarcation équipée d'un sonar de base intégré. Celui-ci nous permettait d'obtenir des données sur la profondeur. Pour ce qui est du positionnement géographique, nous avons utilisé un système GPS portatif indépendant. La précision de ce dernier pouvait atteindre 3 mètres alors que la précision du sonar habituellement très élevée était souvent biaisée par la densité de la matière en suspension ou les masses de plantes aquatiques. La méthode de notation consistait à inscrire au carnet, suivant un intervalle de



Figure 1 : Bathymétrie du lac Mandeville

temps défini de dix (10) secondes à une vitesse modérée, la profondeur indiquée localement par le sonar. Les enregistrements en continu du positionnement par GPS présentant entre autres un attribut chronologique, il nous a été possible, ultérieurement, d'effectuer un lien entre le positionnement et la donnée de profondeur ponctuelle fournie par le sonar.

Pour l'estimation préliminaire de la bathymétrie, nous nous sommes limités à couvrir deux transects perpendiculaires couvrant la largeur et la longueur du lac, à longer la rive en suivant la première cassure bathymétrique (qui se situait à un peu plus de un (1) mètre de profondeur) et finalement à effectuer quelques vérifications ponctuelles pour valider notre interprétation du relief bathymétrique.

Les données brutes extraites pour les deux transects, le tracé de la rive et les vérifications ont été intégrées et traitées dans un système d'information géographique¹ (SIG). Nous avons ensuite, à l'intérieur du même logiciel, déduit par interpolation et généralisation, les données pour définir la bathymétrie complète du lac (voir figure 1). Pour finir, nous avons généré un modèle tridimensionnel du lac et en avons dérivé les isobathes à partir des données. Les données ainsi créées sont utiles pour les calculs de volume et la représentation cartographique (voir carte 1).

3.3 Observation de terrain

Afin de bien comprendre les problématiques présentes dans le bassin versant du lac Mandeville, il est essentiel de bien connaître le territoire. C'est dans cette perspective, que nous avons parcouru l'ensemble du bassin versant, à l'exception des boisés. Au cours de cette observation, nous avons relevé toutes les rivières, ruisseaux et fossés, les terres agricoles, les milieux humides, les terrains engazonnés et les bandes riveraines. Nous avons estimé les dimensions et pris note de l'état physique de chacun d'eux. Simultanément, nous avons enregistré les positions géographiques à l'aide d'un système GPS et photographié les éléments les plus pertinents.

3.4 Cueillette d'information disponible

En plus des documents et données fournis par la municipalité de Mandeville et ceux générés par HBA Environnement, nous avons eu besoin de plusieurs documents géographiques couvrant diverses facettes du bassin versant du lac Mandeville. Voici une liste des documents acquis et l'organisme fournisseur.

Documents cartographiques :

- Cartes topographiques (BDTQ), 1 :20 000, matricielles :
 - 31106-200-101
 - 31106-200-201
 - Ressources naturelles, Faune et Parcs Québec
 - Photocartotheque québécoise
- Rapport pédologique « Comté de Berthier ».
- Études pédologiques, 1 :20 000, vectorielles :
 - 31106-101
 - 31106-201
 - Institut de recherche et de développement en agroenvironnement inc. (IRDA)

¹ Le SIG créé est supporté par le logiciel ArcGIS de la compagnie ESRI.

- Cartes écoforestières (3^e programme), 1 :20 000, papier :
 - 31106 NO
 - 31106 SO
 - Ressources naturelles, Faune et Parcs Québec
 - Direction des inventaires forestiers

Photographies aériennes :

- Noir/Blanc :
 - Q75350-42, 1975, 1 :15 000
 - Q75350-43, 1975, 1 :15 000
 - Ressources naturelles, Faune et Parcs Québec
 - Photocartotheque québécoise
- Infrarouge couleur :
 - Q95113-9, 1995, 1 :15 000
 - Q95113-10, 1995, 1 :15 000
 - Q95117-10, 1995, 1 :15 000
 - Ressources naturelles, Faune et Parcs Québec
 - Photocartotheque québécoise

3.5 Démarche d'intégration et découpage de l'information en fonction de l'approche par bassin versant



Figure 2 : Le bassin versant du lac Mandeville et ses sous-bassins

L'ensemble des données, acquises ou créées, a été intégré au SIG suivant plusieurs étapes de construction. La première étape consistait à créer une cartographie de base sur laquelle pourra venir s'inscrire les thématiques résultant des analyses. Pour ce faire, nous avons mis en référence géographique les cartes topographiques et les photographies aériennes. Puis, nous avons défini le bassin versant du lac Mandeville et ses sous-bassins (voir figure 2). Ensuite, les données topographiques (routes, hydrographie, hypsométrie), comprises à l'intérieur du bassin versant, ont été numérisées et intégrées avec la bathymétrie.

Les cartes pédologiques et écoforestières ont été analysées pour générer des informations sur les types de sol et la perméabilité de ceux-ci à l'intérieur du bassin versant. De plus, une analyse visuelle des photographies aériennes en diachronie (1975 vs 1995) a permis de cerner l'occupation du sol du bassin versant et de valider les données topographiques. Les thématiques résultantes ont été ajoutées au SIG.

4. DESCRIPTION DES CARACTÉRISTIQUES BIO-PHYSIQUES DU LAC

4.1 Le lac



Figure 3 : Le lac et ses affluents (extrait de la carte topographique)

Selon l'estimation préliminaire de la bathymétrie, le fond du lac Mandeville présente généralement un profil homogène des rives jusqu'au centre où la profondeur atteindrait près de 6 mètres. La section sud du lac présente toutefois un plateau plus étendu s'assimilant à un pseudo-delta. Cette dernière section correspond à l'exutoire du lac alors que la section Nord concentre l'affluence en eau.

Cette affluence provient notamment de trois (3) cours d'eau principaux dont le plus important est celui qui arrive du lac Deligny. Six (6) cours d'eau secondaires complètent l'apport principal en eau du lac en plus de l'eau canalisée ou diffusée qui n'apparaît pas sur les documents cartographiques. (voir figure 3)

4.2 Le bassin versant et les sous-bassins

Une fois le bassin versant du lac Mandeville délimité, nous avons identifié et découpé dix (10) sous-bassins afin de mieux comprendre le régime hydrique du lac. Les sous-bassins sont numérotés de un (1) à dix (10). Le sous-bassin numéro un (1) implique l'apport diffus au lac. Nous avons donc identifié chacune de ses parties par une lettre allant de a à j.

Comme nous le signalons précédemment, les sous-bassins au Nord sont les plus importants en terme d'apport en eau, car la pente y est plus grande que dans la partie plus plane du sud du lac.

En guise d'information complémentaire, la superficie de chaque sous-bassin versant est présentée au tableau 1.

4.3 Le régime hydrique du bassin versant

Dans le cadre d'une gestion de lac par bassin versant, il est essentiel de connaître le volume de ruissellement par sous-bassin. Le régime hydrique de chacun a été estimé à l'aide de la méthode de conservation du sol (Schwab & ass., 1993). De plus, elle a servi à calculer le volume de ruissellement pour une période de récurrence de 2 ans pour une pluie uniforme d'une durée de douze (12) heures selon les données pluviométriques de la ville de Saint-Béatrix en

N° SOUS-BASSIN VERSANT	SUPERFICIE (ha)	POURCENTAGE
1	165.9	10.8%
1a	1.9	0.1%
1b	0.8	0.1%
1c	11.5	0.7%
1d	12.0	0.8%
1e	43.9	2.9%
1f	11.5	0.7%
1g	1.0	0.1%
1h	1.2	0.1%
1i	9.2	0.6%
1j	82.0	5.3%
2	40.8	2.6%
3	129.7	8.4%
4	56.1	3.6%
5	91.7	6.0%
6	374.9	24.4%
7	25.3	1.6%
8	304.4	19.8%
9	87.6	5.7%
10	87.2	5.7%
TOTAL	1538.9	100.0%

Tableau 1 : Superficie des sous-bassins versants

provenance du logiciel d'analyse de pluies AqualDF version 1.3 (il n'y avait pas de données disponibles pour la municipalité de Mandeville). À l'aide des cartes éco-forestières, pédologiques, topographiques, des photos-aériennes, des images satellites et de nos observations sur le terrain, la perméabilité des sols des sous-bassins a pu être déterminée dans le but de calculer l'épaisseur et le volume d'eau de ruissellement. L'épaisseur d'eau sur le terrain varie de 1,0 millimètre à 5,4 millimètres. En multipliant cette valeur par la superficie du terrain, on obtient le volume d'eau ruisselé potentiel. Par contre, cette valeur ne peut être utile par elle-même. C'est pourquoi il faut également caractériser le mode d'écoulement de cette eau, c'est-à-dire établir si elle est diffuse ou linéaire. Ces informations aident à mieux cibler les zones d'interventions. L'eau des sous-bassins 2 à 10 circule principalement de façon linéaire en empruntant des rigoles, des fossés, des ruisseaux et des rivières. Il en est de même pour l'eau en provenance des terrains en amont du chemin du Lac Mandeville sur les sous-bassins 1a à 1j. Par contre, l'eau se propage de façon plus diffuse sur les terrains en bordure du Lac Mandeville.

Il n'y a pas seulement l'eau en provenance des pluies qui transporte des éléments nutritifs et alimente le lac, mais également celle en provenance de la fonte des neiges. Selon la méthode «Snowmelt» (Schwab & al., 1993) et les données climatiques pour la ville de Saint-Béatrix d'Environnement Canada (les données de la municipalité de Mandeville ne sont pas disponibles), il y a un potentiel de 10,5 millimètres d'épaisseur d'eau par jour qui peut ruisseler sur la superficie du bassin versant. Puisque le sol est généralement saturé en eau à cette période de l'année, l'eau de la fonte des neiges se rend presque entièrement au Lac Mandeville.

4.4 Les activités humaines sur le bassin

Le bassin versant est divisé en trois (3) catégories distinctes, soit boisée, agricole ou résidentielle. Celles-ci représentent respectivement 73, 24 et 3 % de la superficie du territoire. De façon générale, les boisés sont situés en amont du bassin versant, suivent les terres agricoles qui se terminent au chemin du Lac Mandeville et les terrains résidentiels occupent l'espace entre le lac et la route.

N° SOUS-BASSIN	LAC	FORESTIER		AGRICOLE		RÉSIDENTIEL	
	ha	ha	%	ha	%	ha	%
1	165.9						
1a				1.9	0.1%		
1b				0.8	0.1%		
1c		0.5	0.0%	11.0	0.8%	0.0	0.0%
1d				7.2	0.5%	4.9	0.4%
1e		34.2	2.5%	1.2	0.1%	8.4	0.6%
1f		4.8	0.3%	1.8	0.1%	4.9	0.4%
1g						1.0	0.1%
1h						1.2	0.1%
1i		1.1	0.1%	5.6	0.4%	2.5	0.2%
1j		52.9	3.9%	16.8	1.2%	12.3	0.9%
2		7.3	0.5%	33.5	2.4%		
3		37.7	2.7%	92.0	6.7%		
4		40.4	2.9%	14.3	1.0%	1.4	0.1%
5		76.8	5.6%	14.6	1.1%	0.4	0.0%
6		357.1	26.0%	15.4	1.1%	2.4	0.2%
7		14.7	1.1%	9.1	0.7%	1.5	0.1%
8		226.9	16.5%	74.9	5.5%	2.7	0.2%
9		62.2	4.5%	24.3	1.8%	1.1	0.1%
10		82.6	6.0%	1.1	0.1%	3.4	0.3%
TOTAL	165.9	999.2	72.8%	325.7	23.7%	48.0	3.5%

Tableau 2 : Catégorie d'activités par sous-bassin versant

Selon nos connaissances du terrain, la forêt est utilisée principalement pour fin lucrative. Plus de la moitié des terres agricoles appartiennent à la porcherie Rechamakayajo. Celles-ci servent surtout à la culture du maïs. Elles sont fertilisées seulement avec le lisier de la porcherie et selon le plan agro-environnemental de fertilisation (PAEF), en accord avec le ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec. Par contre, nous ne connaissons pas l'utilisation des autres terres agricoles. Les terrains résidentiels, concentrés en bordure du lac servent de lieux d'habitations saisonnières ou permanentes. Ces résidences, considérées isolées, puisqu'il n'y a pas de service d'égout, possèdent donc leurs propres installations sanitaires. Celles-ci devraient respecter le «règlement sur l'évacuation et le traitement des eaux usées des résidences isolées (Q-2, R.8)».

5. DIAGNOSTIC DU LAC

Le lac Mandeville est alimenté par le drainage des sous-bassins identifiés de 1 à 10. Cette eau transporte des sédiments auxquels sont attachés des nutriments tels que des composés de phosphore et de nitrogène, ainsi qu'une charge soluble de ceux-ci. Ce procédé contribue à enrichir l'eau du lac. Ceci est un phénomène naturel nommé «eutrophisation», où les nutriments sont utilisés comme source d'énergie par les algues et les plantes aquatiques. Plus la concentration en nutriments est grande, plus il y a prolifération des végétaux. Ceux-ci donnent une couleur verdâtre au lac comme il est démontré à la figure 4.

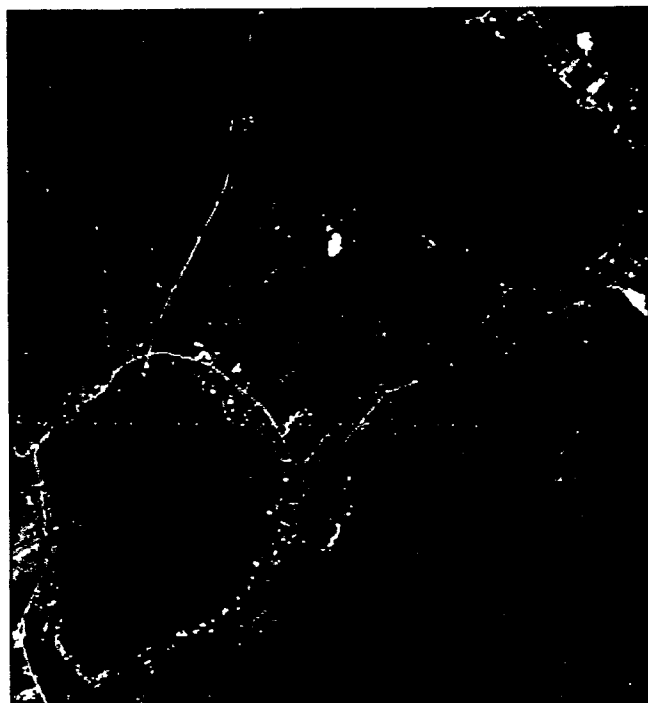


Figure 4 : Image satellitale IRS/LANDSAT du lac Mandeville qui démontre la couleur verdâtre du lac associée à la prolifération des algues

Les végétaux entrent à leur tour dans un cycle de décomposition qui nécessite de l'oxygène jusqu'à un point où la décomposition de la matière organique demande une plus grande concentration d'oxygène que celle disponible. C'est à ce moment que la matière organique commence à s'accumuler dans le lac, que les espèces animales et végétales qui ne tolèrent pas la baisse en oxygène disparaissent graduellement et que celles acclimatées à une faible concentration d'oxygène prolifèrent.

L'eutrophisation d'un lac peut être accélérée par l'apport en matière nutritive lié aux activités humaines, telles l'agriculture, la fertilisation des pelouses, l'utilisation des détergents avec phosphate et par des installations sanitaires inadéquates.

Dans le cas de la municipalité de Mandeville, la majorité des terres autour du lac sont à vocation agricole ou résidentielle. Les terres agricoles sont amendées de fertilisants organiques et/ou minéraux qui sont utilisés en partie par les plantes. En conséquence, l'autre partie accumulée dans le sol est partiellement lessivée lors d'une pluie et à la fonte des neiges. Comme il n'y a que très peu de bandes de végétation sur le parcours de l'eau de ruissellement et que les vitesses d'écoulement sont rapides, peu des sédiments sur lesquels sont attachés les nutriments sont interceptés et peu de nutriments solubles sont assimilés par les végétaux. Ceci a pour conséquence d'enrichir le lac. Ce même principe s'applique pour les engrais utilisés sur les pelouses qui cheminent en partie vers le lac.

Ce phénomène d'eutrophisation n'est pas unique au lac Mandeville. Le réservoir Beaudet, la réserve d'eau potable de Victoriaville et la Baie de Venise du lac Champlain, un attrait touristique d'une grande renommée, sont également victimes du même phénomène. Heureusement, il existe une démarche intégrée et des solutions accessibles pour récupérer ces cours d'eau et pour prévenir une éventuelle eutrophisation.

6. LA SOLUTION : UNE DÉMARCHE INTÉGRÉE ET DES SOLUTIONS ACCESSIBLES

La pollution diffuse rend difficile l'application des méthodes de traitement conventionnelles utilisées pour les effluents industriels et municipaux. Les multiples sources de pollution diffuse ne peuvent être amenées en un seul point pour être traitées avant d'être rejetées dans un cours d'eau. C'est pourquoi l'approche d'une gestion environnementale par bassin versant s'avère fondamentale afin de cibler des zones d'intervention pour y implanter stratégiquement des zones tampons. Celles-ci peuvent prévenir l'érosion, capter les sédiments auxquels sont rattachés les nutriments et assimiler la charge soluble de ceux-ci. Il y a quatre catégories distinctes pour lesquelles nous suggérons des interventions, soit, les fossés agricoles, les cours d'eau (ruisseau et rivière), la rive du lac et le lac lui-même.

6.1 Intervention au niveau des fossés agricoles

Les fossés agricoles transportent une concentration non-négligeable de composants de phosphore et de nitrogène liés aux sédiments. C'est pourquoi il est important de maximiser le contrôle de l'érosion et la captation des sédiments à même les fossés afin de minimiser l'enrichissement des cours d'eau. Les méthodes efficaces et accessibles sont la végétalisation des fossés, la mise en place de bandes riveraines et l'installation de barrières à sédiments.

La végétalisation des fossés prend la forme d'une couverture végétale constituée principalement des graminées et/ou des légumineuses sélectionnées qui stabilisent le sol dans le fossé et qui ralentissent la vitesse d'écoulement de l'eau. La figure 5 montre un exemple de fossé végétalisé.

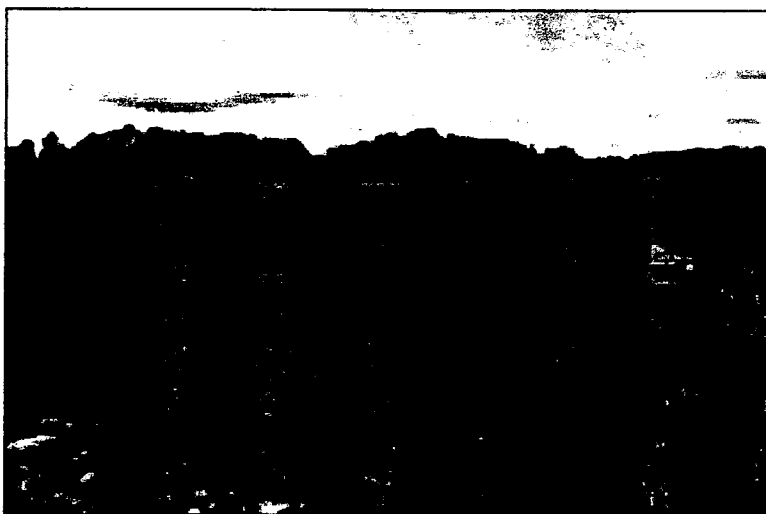


Figure 5 : Exemple d'un fossé végétalisé

Une vitesse d'écoulement réduite permet d'augmenter la sédimentation des particules en suspension. Par contre, cette méthode s'applique seulement si la vitesse d'écoulement est inférieure à 2,4 m/s pour un sol stable et 1,8 m/s pour un sol instable.

La deuxième mesure d'intervention suggérée est la mise en place de bandes riveraines, comme le montre la figure 6. Elles sont composées principalement d'un mélange de graminées et de légumineuses, d'arbustes et d'arbres. Elles servent à stabiliser le sol, à capter les sédiments en



Figure 6 : Exemple d'une bande riveraine arbustive

agissant comme barrière et en ralentissant la vitesse de ruissellement. De plus, les végétaux en croissance utilisent les composés de phosphore et de nitrogène disponibles dans le sol, ce qui a pour conséquence de diminuer l'enrichissement de l'eau de ruissellement. La bande riveraine sert également de brise-vent qui permet par le fait même de diminuer l'érosion des terres agricoles causée par le vent. En dernier lieu, la bande riveraine crée de l'ombrage au fossé, qui a pour effet de

garder la température de l'eau plus basse que si elle était exposée au soleil. Ainsi, plusieurs algues qui prolifèrent normalement en eau chaude ont plus de difficulté à s'introduire et s'y reproduire.

En plus d'augmenter la qualité de l'eau, la bande riveraine sert de couloir de déplacement et d'habitat à la faune. La largeur optimale d'une bande riveraine est de plus de 15 mètres, mais elle est également bénéfique lorsqu'elle est plus étroite et bien adaptée à son milieu. Pour sa part, le ministère de l'Environnement exige de conserver «une bande minimale de 3 mètres de

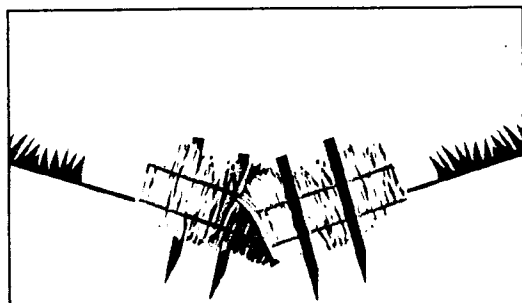


Figure 7 : Exemple d'une barrière à sédiment

rive. De plus, s'il y a un talus et que le haut de celui-ci se situe à une distance inférieure à 3 mètres à partir de la ligne des hautes eaux, la largeur de la rive doit inclure un minimum de un (1) mètre sur le haut du talus¹».

La dernière intervention suggérée, l'installation de barrières à sédiments, peut être réalisée à partir de matériaux divers tels la pierre, le bois, la paille et bien d'autres comme le montre la figure 7. Les barrières à

¹ Protection des rives, du littoral et des plaines inondables : guide des bonnes pratiques, Ministère de l'Environnement et de la Faune, les Publications du Québec, 1998.

sédiments sont placées dans des endroits stratégiques où elles agissent comme modérateurs de vitesse et comme capteurs. Ainsi, les sédiments en suspension s'accumulent au pied des barrières. Ceux-ci doivent être enlevés selon leur taux d'accumulation.

Il est possible que dans certains cas, ces interventions ne suffisent pas à contrôler l'érosion à même le talus. Lorsque les vitesses d'écoulement demeurent trop élevées et que les pentes des talus ne peuvent pas être adoucies, il s'avère pertinent d'utiliser des méthodes de stabilisation végétale telles que l'installation de fagots, de fascines et de matelas de branches. Ces techniques sont illustrées aux figures 8 à 10. Celles-ci sont décrites dans la section suivante. De plus, ces méthodes doivent être combinées à de l'empierrement dans certain cas.

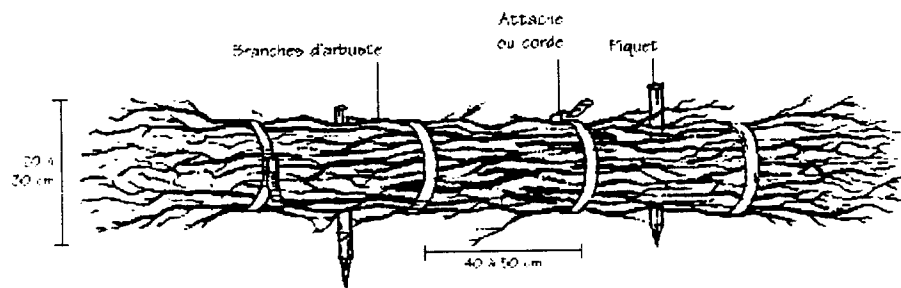


Figure 8 : Fagot

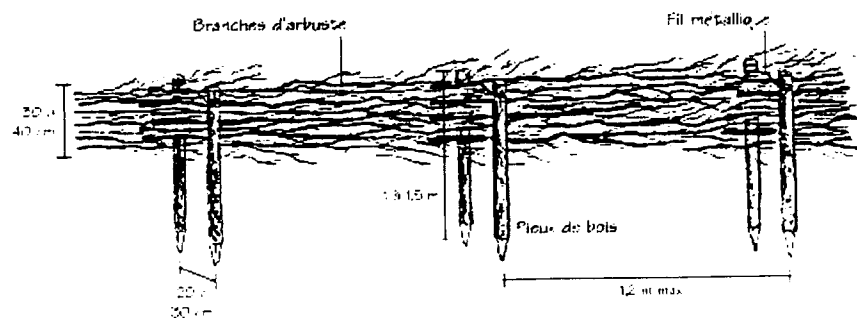


Figure 9 : Fascine

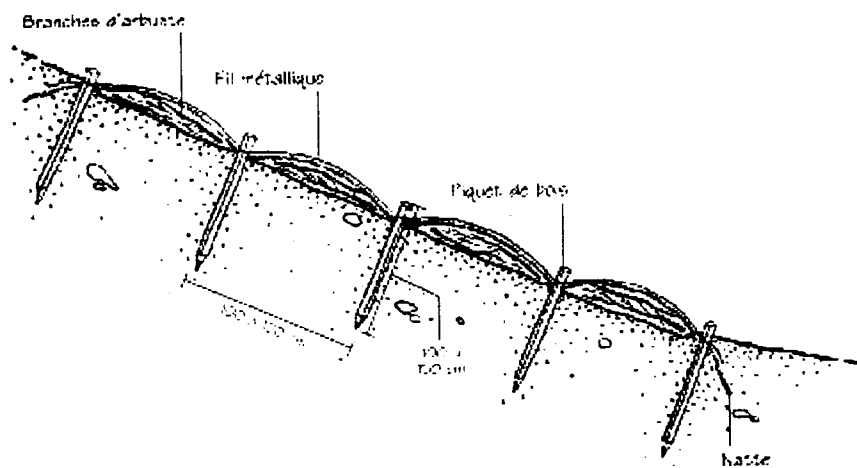


Figure 10 : Matelas de branches

6.2 Intervention au niveau des cours d'eau (rivière et ruisseau)

Les cours d'eau, tels les ruisseaux et les rivières sont également chargés de composés de phosphore et d'azote qui proviennent de sources diffuses. Des interventions efficaces et accessibles sont l'installation de capteurs latéraux, la stabilisation des rives à l'aide de techniques végétales, l'intégration de bandes riveraines et les marais filtrants.

Les capteurs latéraux sont des structures en bois, pierre, béton ou autre placées dans le côté extérieur de la courbe d'un ruisseau ou d'une rivière. Ces structures sont normalement espacées de la largeur du cours d'eau et la longueur de chacune est de 25 % de son espacement. Les capteurs latéraux réduisent la vitesse d'écoulement et, par le fait même, l'érosion à même le cours d'eau et augmentent le taux de sédimentation. Selon ce taux, les sédiments accumulés à la base des structures doivent être enlevés au besoin.

Dans plusieurs cas, la rive des cours d'eau présente des signes d'instabilité tels un décrochement de talus ou un alignement dentelé. Il est possible de remédier à cette situation à l'aide de techniques végétales. Dans la plupart des cas, la mise en place de fascines, fagots, plançons ou matelas de branches suffisent comme éléments stabilisateurs. Ceux-ci sont faits à partir de branches de saule et de cornouiller prélevées en milieu naturel et placées de façon plus ou moins dense selon la méthode utilisée. La pente des talus, l'alignement du cours d'eau, les vitesses et les niveaux d'eau déterminent les méthodes à utiliser. Elles permettent toutes aux espèces arbustives de se bouturer et de se reproduire. Dans certains cas, il est nécessaire d'empierrer le fond du cours d'eau et de former une clé de pierre à la base du talus. De plus, il arrive qu'il soit nécessaire de couper les arbres d'apparence instable. Des exemples d'ouvrages de stabilisation végétale en berge sont présentés aux figures 11 et 12.



Figure 11 : Installation de fagots et de matelas de branches



Figure 12 : Fagots et matelas de branches en croissance

Les bandes riveraines, telles que décrites dans la section des interventions au niveau des fossés agricoles, se composent principalement d'une succession de graminées et de légumineuses, d'arbustes et d'arbres. Cette méthode s'avère également un moyen efficace pour diminuer la charge de nutriments dans les cours d'eau en plus de favoriser la bio-diversité du milieu.

Le marais épurateur est un autre élément efficace de traitement des eaux qui doit être intégré dans un programme de gestion et de restauration d'un lac par bassin versant. Il est une combinaison de bassins de décantation, de marais et de prairies humides dont le temps de rétention dans chaque cellule varie de quelques heures à quelques jours. On peut en voir un exemple à la figure 13.

Le bassin de décantation a généralement 1 à 2 mètres de profondeur. Il permet à un grand pourcentage des sédiments de se précipiter. Le marais quant à lui a 0,2 à 0,8 mètres de profond. Des plantes aquatiques émergentes, telle que la quenouille, y sont présentes. Dans cette cellule il y a principalement trois procédés d'enlèvement des composantes de nitrogène et de phosphore qui sont la précipitation, l'assimilation par les plantes en croissance et la transformation des composés dissous et organiques en composés volatiles par les micro-organismes dans la zone des racines. La prairie humide sert principalement de filtre et permet également la sédimentation.



Figure 13 : Exemple d'un marais filtrant

Ces marais filtrants sont normalement construits en parallèle à un cours d'eau et détournent un pourcentage de ces eaux.

6.3 Interventions au niveau du lac

6.3.1 En rive

Après être intervenu au niveau des fossés et des cours d'eau, le prochain lieu d'intervention est la rive du lac. Les eaux de ruissellement qui empruntent la rive transportent également des composés organiques et solubles de phosphore et de nitrogène et contribuent à l'érosion des berges. Les nutriments peuvent être interceptés en partie par une bande riveraine aménagée. Selon le guide des bonnes pratiques sur la protection des rives, du littoral et des plaines inondables du ministère de l'Environnement, la rive, synonyme de bande riveraine, est «*une bande de terre qui borde les lacs et les cours d'eau qui s'étend vers l'intérieur des terres à partir de la ligne des hautes eaux*». Celle-ci correspond à la limite des inondations de récurrence de deux ans. Dans le cas du lac Mandeville, la rive doit avoir un minimum de 10 mètres selon les exigences du même guide. Afin de minimiser les risques d'érosions causés par le ruissellement, le déferlement des vagues et les inondations, la mise en place d'un fagot à la limite des hautes eaux est souhaitable. Sa haute densité en branches et sa solidité permettent de résister aux mouvements des glaces et aux courants ainsi qu'une reprise rapide des végétaux. Le reste de l'aménagement de la rive devrait se composer d'herbacés, d'arbustes et d'arbres variés.

6.3.2 Le lac

Toutes les mesures proposées ci-haut, disposées à minimiser l'apport en nutriments au lac, ont pour but d'empêcher la détérioration future du lac. Par contre, celles-ci ne suffiront pas à elles seules à enrayer l'eutrophisation du lac, puisque celui-ci est déjà riche en nutriments. C'est pourquoi il faut procéder à l'enlèvement du substrat riche en nutriments qui se trouve dans le fond du lac. Ce matériel peut être pomper ou excaver, selon les conditions du milieu. Normalement, ce substrat a une bonne valeur agronomique, vu son taux élevé en matière organique et sa concentration en nutriments. Par conséquent, il peut être épandu sur les terres agricoles et augmenter la qualité de ses sols. Par contre, il est important qu'un laboratoire accrédité analyse le contenu du substrat afin de vérifier s'il y a présence de contaminants. De plus, un agronome membre de l'ordre des agronomes du Québec devra réviser le plan agro-environnemental de fertilisation (PAEF) des agriculteurs concernés par l'épandage afin de respecter les normes du ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec.

Une autre solution d'assainissement d'un lac est l'oxygénation à l'aide d'installation de chutes ou d'aérateurs mécanisés. Ceux-ci peuvent théoriquement augmenter la concentration d'oxygène dissout, réduire la charge de phosphore, diminuer la population d'algues bleues (cyanobactéries) et accroître la transparence de l'eau. Par contre, selon le ministère de l'Environnement du Québec (2003), il est vrai que l'oxygène dissout est augmenté dans la plupart des cas étudiées, mais la concentration de phosphore augmente ou demeure inchangée dans 65 pour cent des

cas. De plus, la transparence de l'eau est plus souvent réduite qu'augmentée, la population d'algues bleues diminue dans la plupart des cas, mais la quantité de phytoplancton est réduite dans moins de 50 pour cent des cas examinés. Selon les paramètres morphométriques et physico-chimiques d'un lac suggérés par le ministère de l'Environnement du Québec et les taux de rendement de cette méthode, nous ne croyons pas qu'elle soit adéquate dans le cadre de la conservation et de la restauration du lac Mandeville.

7. DISPOSITION, DESCRIPTION ET ESTIMÉ QUANTITATIF DES INTERVENTIONS PROPOSÉES

Comme nous l'avons expliqué précédemment, la conservation et la restauration du lac Mandeville peuvent seulement se réaliser en intégrant des solutions dans l'ensemble du bassin versant. Celles-ci s'appliquent aux fossés agricoles, aux cours d'eau (rivière et ruisseau), à la rive du lac et au lac lui-même. À l'aide de nos observations sur le terrain, des cartes topographiques et des photos aériennes (référence voir section 3.4), nous avons ciblé les lieux d'interventions qui permettent de maximiser l'efficacité des solutions décrites au chapitre 6. Puis nous avons estimé les travaux de façon quantitative

7.1 Les fossés

7.1.1 Disposition et description

Les mesures d'interventions telles la mise en place d'une bande riveraine, l'installation de barrières à sédiments et la stabilisation végétale doivent avoir lieu sur l'ensemble des fossés agricoles. Selon l'information disponible sur les photographies aériennes Q95113-9, Q95113-10 et Q95117-10 datant de 1995, nous estimons la longueur totale des fossés agricoles à 18 704 mètres.

N° SOUS-BASSIN VERSANT	LONGUEUR DE FOSSÉ (m.l.)	POURCENTAGE
1a	0	0.0%
1b	0	0.0%
1c	355	1.9%
1d	806	4.3%
1e	105	0.6%
1f	31	0.2%
1g	0	0.0%
1h	0	0.0%
1i	422	2.3%
1j	1532	8.2%
2	1598	8.5%
3	6252	33.4%
4	1375	7.4%
5	941	5.0%
6	0	0.0%
7	867	4.6%
8	2553	13.6%
9	1865	10.0%
10	0	0.0%
TOTAL	18704	100.0%

Tableau 3 : Longueur de fossé par sous-bassin versant

Le dimensionnement des ces fossés devra être révisé, incluant le profil et la pente d'écoulement. Des travaux de nettoyage et de correction devraient suivre ainsi que l'ensemencement et la plantation. Dans les fossés plus susceptibles à l'érosion, il faudra prévoir l'implantation de barrières à sédiments qui serviront à la fois à capter les sédiments et à diminuer la vitesse d'écoulement. De plus, s'il y a des fossés où le terrain ne permet pas d'obtenir des vitesses d'écoulement inférieures à 1,5 - 2 m/s (selon la stabilité du sol) et que les talus montrent des signes d'érosion important, il faudra les stabiliser avec des végétaux tels le saule et le cornouiller en formant des fagots et des matelas de branches.

7.1.2 *Estimé quantitatif*

ITEM	DESCRIPTION DES TRAVAUX	QUANTITÉ APPROXIMATIVE
1	Nettoyage/profilage/ensemencement/plantation	18704 mètres
2	Barrière à sédiments	187 unités
3	Stabilisation végétale	935 mètres

Tableau 4 : Estimé quantitatif pour les fossés

7.2 **Cours d'eau**

7.2.1 *Disposition et description*

Plusieurs cours d'eau, intermittents ou permanents devront également être aménagés dans le but de conserver et de restaurer le lac Mandeville. Les aménagements prévus sont l'installation de capteurs latéraux, la stabilisation végétale, l'implantation de bandes riveraines et la construction de marais épurateurs.

Les capteurs latéraux sont normalement placés sur le côté extérieur d'une courbe. La stabilisation végétale est nécessaire quand il y a des signes visibles d'érosion, tandis que les bandes riveraines doivent être présentes sur la longueur totale du cours d'eau. Les marais épurateurs devraient être construits en aval du sous-bassin visé pour être en mesure de traiter la totalité des eaux drainées. Toutes ces mesures sont décrites en détail à la section 6.2. Les longueurs totales des cours d'eau permanents, intermittents, avec ou sans bande riveraine sont indiquées au tableau 5.

N° SOUS-BASSIN VERSANT	LONGUEUR DE COURS D'EAU INTERMITTENT SANS BANDE RIVERAINE (m.l.)	LONGUEUR DE COURS D'EAU INTERMITTENT AVEC BANDE RIVERAINE (m.l.)	LONGUEUR DE COURS D'EAU PERMANENT SANS BANDE RIVERAINE (m.l.)	LONGUEUR DE COURS D'EAU PERMANENT AVEC BANDE RIVERAINE (m.l.)
1a-j	0	0	0	0
2	1507	0	0	0
3	1662	1147	0	0
4	572	0	0	0
5	0	1001	484	630
6	0	7697	580	2914
7	548	451	0	0
8	1742	2657	566	2432
9	909	0	0	0
10	0	1086	0	0
TOTAL	6939	14040	1630	5976

Tableau 5 : Longueur totale des cours d'eau intermittents, permanents, avec ou sans bande riveraine

7.2.2 Estimé quantitatif

ITEM	DESCRIPTION DES TRAVAUX	QUANTITÉ APPROXIMATIVE
1	Capteurs latéraux	150 unités
2	Bande riveraine avec stabilisation végétale	5700 mètres
3	Bande riveraine sans stabilisation végétale	3000 mètres
4	Marais épurateurs sans membrane	17913 mètres carrés

Tableau 6 : Estimé quantitatif pour cours d'eau

7.3 Rive

7.3.1 Disposition et description

La mesure d'intervention en rive la plus appropriée pour le lac Mandeville est l'aménagement d'une bande riveraine de 10 à 15 mètres de large selon le terrain. Celle-ci sera composée d'un fagot au niveau de la ligne des hautes eaux, puis suivra l'ensemencement et la plantation d'arbustes et d'arbres divers (voir section 6.3.1 pour plus de détails sur les composantes et leurs utilités).

Le lac Mandeville a un périmètre de 5 533 mètres. Environ 30 pour cent de sa circonférence est à l'état naturel. Par contre, l'autre 70 pour cent, soit 3 873 mètres, nécessite des travaux d'aménagement.

7.3.2 Estimé quantitatif

ITEM	DESCRIPTION DES TRAVAUX	QUANTITÉ APPROXIMATIVE
1	Fagot	3873 mètres
2	Ensemencement et plantation	38730 mètres carrés

Tableau 7 : Estimé quantitatif pour la rive

7.4 Lac

7.4.1 Disposition et description

Nous avons introduit dans la section 6.3.2 le dragage et l'oxygénation comme mesures d'intervention. Nous croyons que seule la première mesure est adéquate. L'enlèvement d'une partie du substrat organique réduira le volume de matière organique et la concentration en composés de phosphore et de nitrogène. Les installations érigées en amont abaisseront également l'apport en nutriments et le taux de matière en suspension. Par conséquent, la croissance des algues sera défavorisée. Ceci aura pour effet de diminuer la production de matières organiques. Son volume inférieur nécessitera moins d'oxygène pour une décomposition aérobie, ce qui résultera en une hausse de la concentration d'oxygène dissout. De plus, une réduction de la matière en suspension augmentera la luminosité. Il y a donc lieu de croire que la combinaison de ces éléments contribuera à l'amélioration de la qualité de l'eau du lac et par le fait même de celle de l'habitat du poisson.

Nous envisageons présentement de draguer le lac à l'aide d'une pelle hydraulique au cours de l'hiver. Par contre, cette technique devra être validée selon l'épaisseur, la qualité de la glace, le poids, la capacité de la machinerie et la quantité de matière à draguer. Le tableau 8 montre les phases de dragage suggérées selon la profondeur du lac. L'épaisseur de substrat à draguer reste à déterminer. Nous l'estimons entre 10 et 30 centimètres.

PHASE DE DRAGAGE	PROFONDEUR (m)
0	0,0 - 1,0
1	1,0 - 3,5
2	3,5 - 5,0
3	5,0 - 6,0

Tableau 8 : Phases de dragage selon la profondeur du lac

7.4.2 Estimé quantitatif

PHASE DE DRAGAGE	ÉPAISSEUR (m)	VOLUME (m³)
0	0.0	0
1	0.1	66,007
	0.2	132,014
	0.3	198,021
2	0.1	52,045
	0.2	104,090
	0.3	156,135
3	0.1	35,002
	0.2	70,003
	0.3	105,005

Tableau 9 : Estimé quantitatif pour le dragage

8. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Le lac Mandeville est dans un état avancé de dégradation. L'apport continu d'éléments nutritifs en abondance dans un lac aussi peu profond que celui du lac Mandeville a entraîné le développement d'algues, de plantes aquatiques et probablement de fleur d'eau (blooms). En effet, bien qu'il ne semble pas exister de données spécifiques à cet égard, les descriptions fournies par les résidents du lac sur les conditions de l'eau ressemblent étrangement aux descriptions associées à la prolifération des fleurs d'eau. En effet, lors d'une présentation publique de l'étude en cours, plusieurs résidents ont décrit les modifications de la qualité des eaux du lac comme devenant comme une purée de brocoli ou de pois avec, au toucher, un aspect visqueux. Ce qui correspond en tous points aux descriptions généralement faites dans les cas de présence de cyanobactéries (Blais, 2002). La présence de cyanobactéries peut alors devenir problématique et porter atteinte à la santé des usagers du lac.

Recommandation # 1

Nous recommandons qu'une étude spécifique portant sur la qualité des eaux du lac assortie d'un volet biologique soit réalisée au cours de l'été 2004.

Un plan de restauration doit être mis en place pour sauver le lac Mandeville. Le déploiement du plan implique une approche de gestion sur l'ensemble du bassin versant du lac. Les mesures visant la prévention des fleurs d'eau sont axées principalement sur le contrôle et la réduction des apports en nutriments, particulièrement le phosphore. Ici, comme dans la plupart des bassins versants du Québec, le principal responsable du surplus de phosphore est la pollution d'origine agricole.

Recommandation # 2

Nous recommandons qu'un comité de gestion du bassin versant du lac Mandeville voit le jour et qu'il prenne en charge l'implantation du plan de restauration du lac. Un document devra être produit en ce sens pour supporter le comité.

Les interventions proposées en bassin versant, bien qu'elles soient connues, exigent que des projets pilotes viennent valider les techniques. Nous croyons que c'est notamment le cas pour l'utilisation des milieux humides dédiés au captage des sédiments enrichis en éléments nutritifs.

Recommandation # 3

Nous recommandons la réalisation de projets pilotes à petite échelle pour valider les techniques proposées. Les interventions devraient cibler un sous-bassin versant représentatif de l'ensemble du bassin versant du lac Mandeville. Les interventions proposées en rives de cours d'eau, en rive du lac et en marais de captation devraient faire l'objet du projet pilote. La réalisation de ces projets devrait permettre, par la suite, d'évaluer la faisabilité technique et économique d'une implantation sur l'ensemble du bassin versant

Les sols enrichis d'éléments nutritifs provenant du bassin s'accumulent depuis plusieurs décennies au fond du lac. Ce faisant, ils constituent une source de pollution directe des eaux du lac que les interventions en bassin versant ne diminueront pas. Aussi, l'enlèvement de ces sédiments sur-enrichis nous apparaît être une condition incontournable à tout projet de restauration du lac. L'enlèvement de ces sédiments est un projet d'envergure qui devra faire l'objet d'une étude de faisabilité technique, économique et environnementale spécifique. Plusieurs solutions sont possibles mais seule la réalisation d'une étude de faisabilité proprement dite sur le dragage des sédiments du lac pourra faire la lumière sur le projet.

Recommandation # 4

Nous recommandons qu'une étude de faisabilité portant spécifiquement sur l'analyse de la problématique du dragage des sédiments du lac, en partie ou en totalité, soit réalisée dans les plus brefs délais de manière à identifier les solutions possibles et les différentes alternatives (Ex. : acquisition temporaire d'équipement de dragage, etc.), mais aussi pour orienter l'étude bio-physique recommandée préalablement (recommandation # 1).

Des mesures autres que celles mentionnées dans cette étude de pré-faisabilité peuvent être appliquées par les agriculteurs. Celles que nous recommandons sont le recouvrement des fosses à purin et un engrais vert sur les terres agricoles en tout temps. En effet, il arrive que l'épandage se fasse à une période non souhaitable de l'année du aux fortes pluies qui ont rempli les fosses. Une couverture permet une plus grande flexibilité pour la période d'épandage. D'autre part, un engrais vert est un couvert végétal que l'on sème après la récolte. Ce couvert maintient le sol en place et enrichi à la fois le sol lorsqu'il est amendé à la terre.

Recommandation #5

Nous recommandons que les agriculteurs installés dans le bassin-versant révisent leurs pratiques agricoles afin de minimiser leur impact sur la qualité de l'eau du lac Mandeville..

L'ensemble des interventions nécessaires à la restauration du lac Mandeville exige des ressources humaines, matérielles et financières importantes. Le comité dédié à la restauration du lac, et cela, en concertation avec les autorités municipales, devront faire de la restauration du lac une priorité. En ce sens, les sources de financement possibles devront être clairement identifiées et les demandes formulées d'une seule voix.

Plusieurs lacs et rivières du Québec sont affectés par la pollution d'origine agricole. Le lac Mandeville ne fait pas exception. Dans les prochaines années, plusieurs écosystèmes aquatiques devront faire l'objet de travaux de restauration. Les interventions proposées pour restaurer le lac Mandeville s'inscrivent dans les techniques suggérées à la grandeur de l'Amérique du nord pour de tels projets. Au Québec cependant, peu de projets ont vu le jour jusqu'à présent, de sorte que celui de restaurer le lac Mandeville est innovateur. Nous croyons sincèrement que les personnes et entreprises qui participeront à ce projet bénéficieront d'une expérience unique et d'avant-garde en environnement.

Références bibliographiques

Bernard, c. , 2002. Le lac Champlain, laboratoire de la gestion de l'eau par bassin-versant. Agrosol 13:2-91.

Blais, S. , 2002. La problématique des cyanobactéries (algues bleu-vert) à la baie Missiquoi en 2001. Agrosol 13:2-103.

Ministère de l'Environnement et de la Faune, 1998. Protection des rives, du littoral et des plaines inondables : guide des bonnes pratiques. Les Publications du Québec, 156 p.

Ministère de l'Environnement du Québec, 2003. Avis concernant l'aération ou la circulation artificielle de l'eau des lacs comme mesures de restauration de la qualité de l'eau. (En ligne), <http://www.menv.gouv.qc.ca/eau/eutrophi/aeration/aeration.pdf>

Schawb, G.O., D.D. Fangmeier, W.J. Elliot, R.K. Frevert, 1993. Soil and Water Conservation Engineering. John Wilay & Sons, Inc.508 p.

Présenté à
Monsieur François Benjamin
Maire
de la Municipalité de Mandeville

Préparé par



HBA Environnement
Groupe HBA experts-conseils snc
1265, rue Berri, bureau 530
Montréal (Québec)
H2L 4C6

Mars 2004

