



PARTIE 4 : LE LAC MANDEVILLE



PARTIE 4 : LE LAC MANDEVILLE

1. Problématiques déjà identifiées

1.1. Les cyanobactéries

Depuis 2004, le lac Mandeville connaît des blooms de cyanobactéries chaque année. Ces fleurs d'eau ont parfois conduit à des avis de santé publique en raison de taux élevés de cyanotoxines. Les usages du lac sont donc compromis par ces blooms répétés, et génèrent chez les riverains une certaine impatience devant le manque de solutions mises en œuvre. Des démarches ont été entreprises par le Comité des citoyens du lac Mandeville pour faire reconnaître au gouvernement la fragilité particulière du lac à l'eutrophisation. AGIR Maskinongé a également élaboré un plan de restauration du lac Mandeville en 2009.

1.2. La qualité des eaux du lac

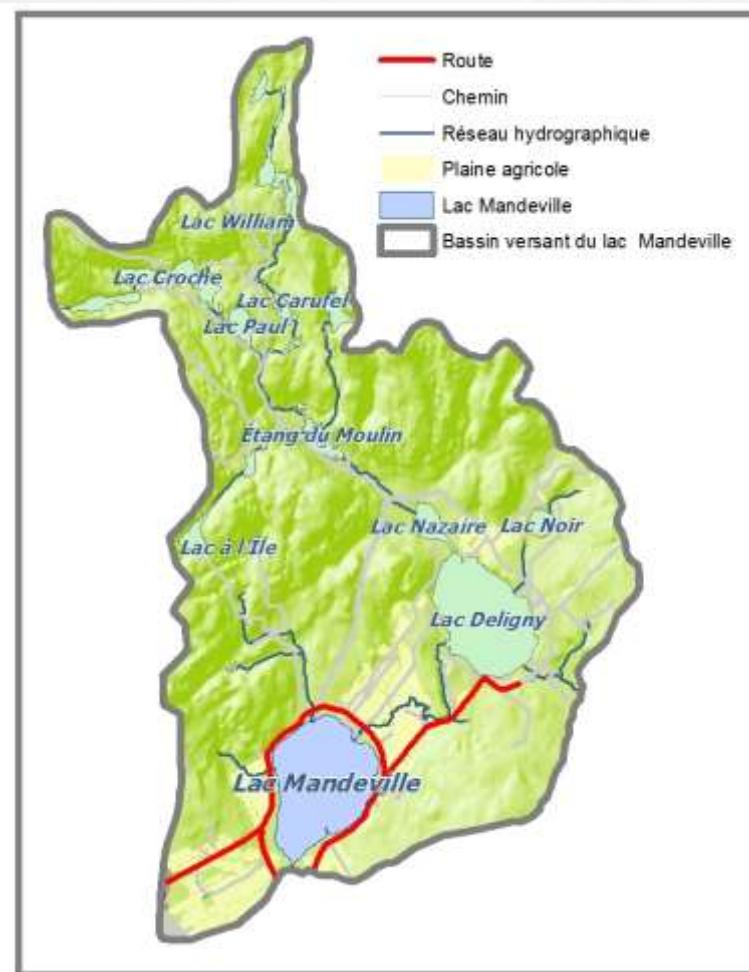
La qualité des eaux du lac Mandeville est surveillée depuis longtemps. La première diagnose date des années 1960, et d'autres études ont suivi dans les années 1990 et 2000. Le lac possède des concentrations moyennes en phosphore supérieures à 30 µg/L, et il est défini comme eutrophe selon les critères du MDDEFP depuis 2004. En plus de la dégradation de la qualité de l'eau, les sédiments du fond du lac sont très chargés en phosphore, ce qui entraîne un relargage interne du phosphore.

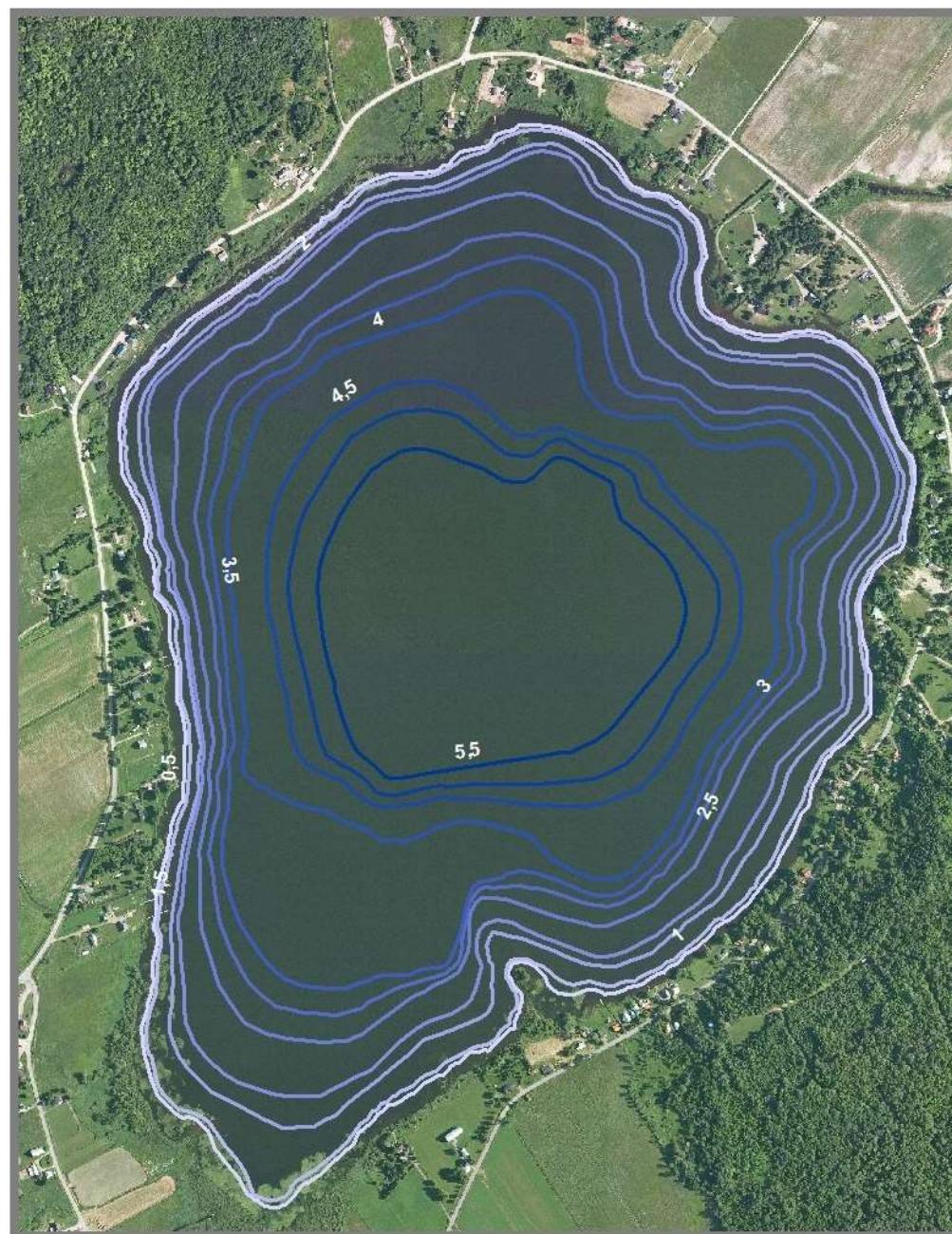
2. Diagnostic du ruissellement au lac Mandeville

2.1. Le lac Mandeville

Le lac Mandeville est un lac de 169,9 hectares, situé dans le bassin versant de la rivière Maskinongé. C'est un lac peu profond, de 6 mètres au maximum, qui ne possède pas de stratification thermique et qui ne subit donc pas d'inversion thermique comme le lac Matambin ou le lac Maskinongé. Il se situe dans une vallée couverte d'alluvions qui possèdent un certain potentiel agricole, limité cependant par une forte

imperméabilité des sols. L'agriculture s'est développée en priorité au sud du lac, dont le potentiel agricole est meilleur. Des cultures annuelles sont également pratiquées au Nord et à l'ouest, mais nécessitent un drainage souterrain pour contrer la rétention de l'eau par le sol.





Carte 4- 3 : Bathymétrie du lac Mandeville

2.2. Historique des études réalisées au lac Mandeville

Les études qui ont été consultées dans le cadre de cette recherche sont les suivantes :

- *Réseau de surveillance volontaire des lacs, 2004 à 2011*
- *Plan de réaménagement du lac Mandeville par la création d'une zone tampon périphérique (AGIR Maskinongé, 2009)*
- *Plan de restauration du lac Mandeville, (Étude de pré-faisabilité) (HBA Environnement, 2004)*
- *Saint-Charles de Mandeville. Rapport sur la qualité de l'eau du lac Mandeville (MRC de D'Autray, 1993).*
- *Étude sur la dégradation de la qualité de l'eau du lac Mandeville (Labexcel inc., 1995)*

Il est important de vérifier l'état antérieur du lac afin de déterminer si la situation est en voie de dégradation ou d'amélioration. Le plan de restauration du lac Mandeville réalisé par la firme HBA ne comprenait pas d'analyses des eaux du lac ou des sédiments. Par contre, il a permis de réaliser la bathymétrie du lac.

2.2.1. Études de 1993 et 1995

Tableau 4- 1 : Résultats des analyses du 19 août 1993

Échantillon	Description	Azote ammoniacal (mg N/L)	P total (mg /L)	Coliformes fécaux (UFC/mL)	Streptocoques fécaux (UFC/100 mL)
1	Sortie ruisseau porcherie	0,17	0,03	60	22
2	Sortie cours d'eau Paquin	< 0,10	0,03	50	28
3	Lac nord-ouest	< 0,10	0,02	370	252
4	Sortie ruisseau Corriveau	0,11	< 0,02	60	14
5	Lac baie nord	0,11	< 0,02	60	8
6	Sortie ruisseau Deligny	< 0,10	< 0,02	320	230
7	Lac sortie fossé nord-est	< 0,10	< 0,02	10	6
8	Lac est	< 0,10	< 0,02	< 10	22
9	Lac est	< 0,10	< 0,02	< 10	< 2
10	Lac sud-est	< 0,10	< 0,02	10	12
11	Rivière Mandeville	0,13	0,02	1300	296
12	Ruisseau porcherie	1,21	0,2	430	426

Le rapport de 1993 note l'importance de la production de lisier, en particulier du lisier de porc, par rapport à la superficie des terres cultivables autour du lac Mandeville où se fait de l'épandage. La pression de la pollution agricole sur le lac est donc énorme. Les fosses septiques ne sont pas toutes aux normes. Le rapport note une pollution d'origine résidentielle importante, particulièrement dans la partie nord-est du lac, où la nappe phréatique affleure. Il apporte la conclusion suivante :

« Pour réhabiliter le lac Mandeville, il faut simultanément diminuer la charge polluante qui entre dans le lac et redonner aux berges le rôle de filtre biologique qu'elles ont perdu suite au développement trop peu soucieux de la capacité de support du lac. »

Les observations du lac réalisées le 30 août et le 14 septembre 1995 montrent un état de dégradation avancé :

- Présence de fossés d'égouttements de terres agricoles se déversant au lac.
- Le ruisseau Deligny, principal affluent du lac, traverse des terres agricoles.

- Les vaches peuvent paître très près du lac et des fossés qui s'y jettent.
- Les rives du lac sont pour la grande majorité, déboisées.
- À la surface du lac on note une coloration verte opaque de l'eau. À une profondeur de deux pieds d'eau, le fond devient indiscernable.
- Dans les zones de prélèvement D-1 et D-2 se trouve une pellicule ayant des courants de couleur blanche, bleue et verte. Au toucher cette pellicule était visqueuse. Dans cette zone se trouve également une forte densité d'élodée du Canada.
- La zone de prélèvement L4 se caractérise par une apparence laiteuse de l'eau.
- La zone L5 est surpeuplée en élodées.
- L'eau a une odeur nauséabonde.

Aux endroits où une perte de transparence, ou une couleur particulière de l'eau était observée, des échantillons ont été prélevés. Pour les échantillons L-7, D-1, D-2, les observations suivantes ont été faites :

- Présence d'une très grande quantité d'algues diverses, telles : *Nodularia*, *Cylindrospermum*, *Anabaena*, *Rivularia*, *Palmella* et *Botryococcus*
- Présence d'une grande quantité de bactéries
- En D-1, présence de nématodes et de protozoaires.

La présence de bactéries, de protozoaires et de nématodes indique une quantité importante de matière organique en décomposition. Les nématodes et les protozoaires, que l'on retrouve également dans les boues activées de station d'épuration, sont le signe d'une décomposition avancée de la matière organique. Ces organismes consomment l'oxygène de l'eau pour se multiplier et entraînent des conditions d'anaérobiose, ce qui pourrait expliquer l'odeur nauséabonde ressentie.

Parmi les organismes décrits comme des algues, on retrouve *Nodularia*, *Cylindrospermum*, *Anabaena*, *Rivularia*, qui sont en fait des cyanobactéries. *Nodularia*, *Cylindrospermum*, *Anabaena* sont même des cyanobactéries produisant des toxines. La couche verte opaque sur le lac était donc en fait un bloom de cyanobactéries à potentiel toxique. À l'époque, l'attention n'était pas mise sur le danger de cette toxicité, et c'est pourquoi on s'est limité à une simple analyse du phytoplancton. Mais ce rapport prouve que les fleurs d'eau de cyanobactéries perdurent au lac Mandeville depuis beaucoup plus longtemps que les premiers événements répertoriés en tant que tel.

Au niveau des échantillons L-4 et L-13, qui présentent une suspension blanche, on observe une très grande quantité de moisissures. Les champignons sont des décomposeurs, et leur présence révèle une grande quantité de matière organique en décomposition.

Les analyses chimiques et microbiologiques réalisées indiquent un rejet direct de fumier ou de lisier dans le lac. Les points D1 et D2 ont des concentrations en azote et phosphore dix fois supérieures à celles qu'auraient des eaux usées. Dans le ruisseau de la porcherie, les

concentrations importantes en azote et phosphore témoignent d'un épandage massif de lisier ou d'un rejet direct. Au sud du lac, un rejet est présent compte-tenu de l'importance des concentrations en azote, phosphore et germes fécaux en L-7.

Tableau 4- 2 : Analyses de l'eau dans les différents secteurs du lac et les cours d'eau affluents en 1995

Échantillon	Description	Aspect visuel	NH4 (mgN/L)	NTK (mgN/L)	PT (mgP/L)	Coliformes fécaux (UFC/100mL)	Streptocoques fécaux (UFC/100mL)
L-2	Lac nord	eau claire	< 0,10	-	< 0,02	< 10	40
D-1	Lac nord	eau verte et matières solides	66	315	18	170 000	580 000
D-2	Lac nord	eau verte et dense	4,8	470	2,2	20 000	120 000
L-3 (2')	Sortie ruisseau Deligny	eau claire	< 0,10	-	< 0,02	10	10
L-3 (5')	Sortie ruisseau Deligny	eau claire	< 0,10	1,8	< 0,02	20	30
L-4 (2')	Lac sud-est	eau blanchâtre	< 0,10	-	< 0,02	40	20
L-4 (12')	Lac sud-est	eau claire	< 0,10	-	< 0,02	30	< 10
L-5 (2')	Lac sud	eau claire	< 0,10	-	< 0,02	10	30
L-6 (2')	Lac fosse	eau claire	< 0,10	-	< 0,02	10	30
L-6 (13')	Lac fosse	eau claire	< 0,10	-	< 0,02	20	10
L-7	Lac sud	eau verte	2,2	-	0,61	1000	< 1000
R-8	Ruisseau Deligny exutoire	eau claire	< 0,10	-	< 0,02	770	290
R-9	Ruisseau Deligny pont	eau claire	< 0,10	-	< 0,02	< 10	180
R-10	Ruisseau nord	eau claire	< 0,10	-	< 0,02	40	160
R-11	Ruisseau sud	eau claire	< 0,10	-	< 0,02	< 10	< 10
R-12	Ruisseau proche porcherie	eau claire	0,16	-	0,58	-	-

Tableau 4- 3 : Analyses des sédiments dans différents secteurs du lac Mandeville en 1995

Échantillon	Description	Matières sèches (%)	NH4 (mg/kg de MS)	NTK (mg/kg de MS)	P total (mg/kg de MS)	Coliformes fécaux (UFC/g)	Streptocoques fécaux(UFC/g)
LSE 3	Exutoire ruisseau Deligny	30,2	138	3250	1430	27	< 10
LSE 5	Lac Sud	23	51	2800	1670	360	< 10
LSE 7	Lac fosse	18,6	114	3960	1700	90	< 10

On peut donc conclure qu'à cette époque, le lac était déjà dans un état de dégradation avancé. Ce n'est pas l'épandage sur les cultures qui était principalement responsable de la mauvaise qualité de l'eau dans certains secteurs, mais des rejets directs de déjections animales dans le lac. Le phosphore et l'azote se sont également accumulés dans les sédiments du lac, créant ainsi des réserves de nutriments.

2.2.2. Résultats du réseau de surveillance volontaire des lacs

Le Réseau de surveillance volontaire des lacs (RSVL) permet au comité des citoyens du lac Mandeville de réaliser des analyses de transparence, phosphore, chlorophylle a et COD afin d'évaluer le degré d'eutrophisation du lac et de suivre l'évolution de la qualité de l'eau. Le lac est eutrophe depuis le début des échantillonnages, essentiellement en raison de la transparence et de la concentration en chlorophylle a. Les concentrations en phosphore, même si elles sont élevées, le classent plutôt dans la catégorie mésotrophe ou méso-eutrophe. Les analyses sont réalisées au niveau de la fosse du lac.

Depuis 2004, un bloom de cyanobactéries débute habituellement dans la deuxième quinzaine du mois de juillet, et les concentrations en cellules augmentent jusqu'à l'automne. Suivant les années, ce bloom peut rester relativement limité ou bien entraîner un avis de santé public en raison de la concentration en cyanotoxines.

Les concentrations en phosphore augmentent au cours de l'été pour atteindre leur maximum en fin d'été. Trois analyses sont réalisées : une à la fin du mois de juin, une fin juillet, et une fin août. Hormis pour l'année 2004, où la concentration en phosphore a été très élevée dès le mois de juin, le phosphore se situe toujours autour de 20 µg/L en début de saison. Il augmente ensuite au mois de juillet, pour atteindre son maximum au mois d'août, alors que le bloom de cyanobactéries est également à son maximum. La transparence suit un profil similaire. La chlorophylle a peut atteindre son maximum dès juillet suivant les années, mais elle augmente progressivement en fonction du développement du bloom de cyanobactéries.

Évolution des concentrations en phosphore total durant l'été de 2004 à 2011

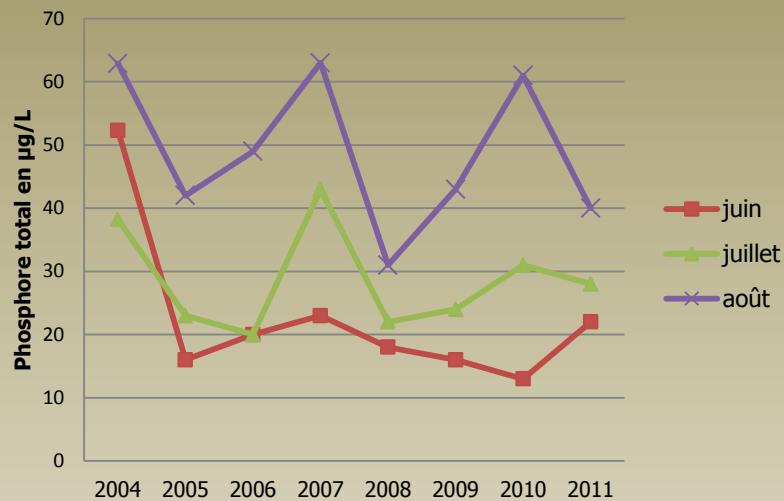


Figure 4- 1 : Concentrations en phosphore relevées durant les étés de 2004 à 2011

Évolution des concentrations en chlorophylle a durant l'été de 2004 à 2011

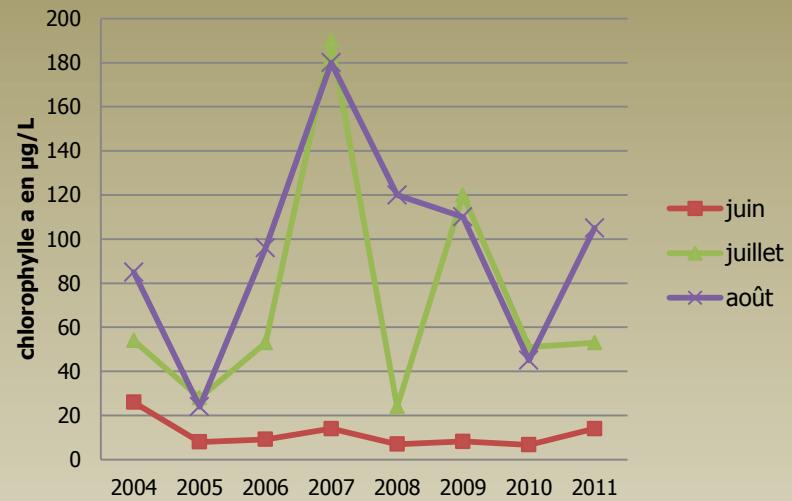


Figure 4- 2 : Concentrations en chlorophylle a relevées durant les étés de 2004 à 2011

Évolution de la transparence durant l'été de 2004 à 2011

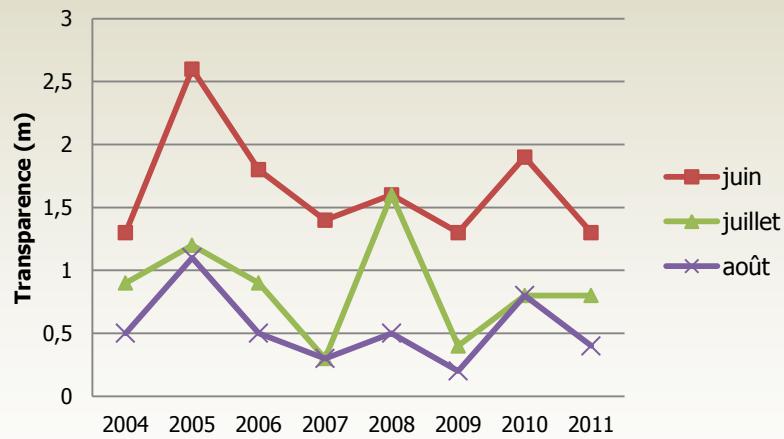
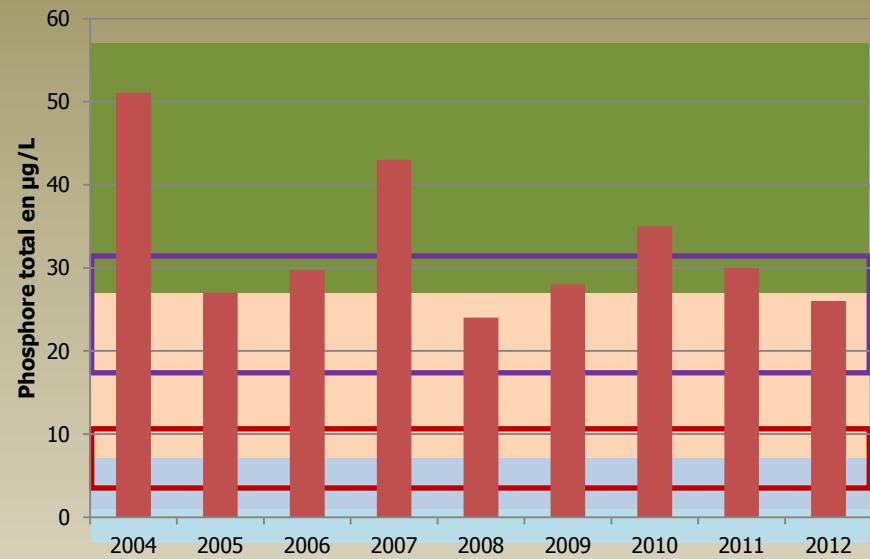


Figure 4- 3 : Mesures de transparence durant les étés de 2004 à 2011



Figure 4- 4 : L'eau devient verte au cours de l'été, ce qui se reflète dans les fortes concentrations en chlorophylle a

Concentrations moyennes en phosphore dans le lac Mandeville de 2004 à 2012

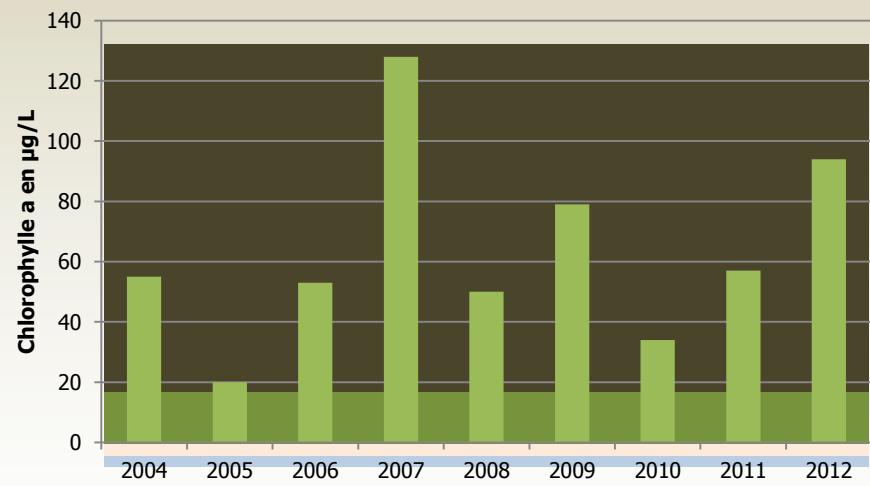


LÉGENDE

	Ultra-oligotrophe
	Oligo-mésotrophe
	Oligotrophe
	Mésotrophe
	Eutrophe
	Hypereutrophe

Figure 4- 6 :Concentrations en phosphore total du RSVL

Concentrations moyennes en chlorophylle a dans le lac Mandeville de 2004 à 2012



Transparencies moyennes dans le lac Mandeville de 2004 à 2012

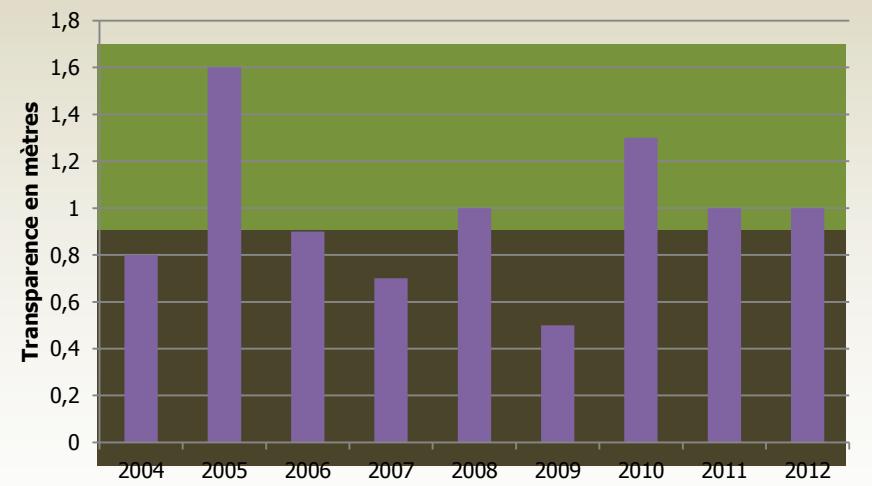


Figure 4- 7 : Concentrations en chlorophylle a du RSVL

Figure 4- 5 : Transparences du RSVL

2.2.3. Analyses réalisées dans le cadre de la ZIPP Matambin-Maskinongé-Mandeville

Les analyses réalisées dans le cadre du volet 10.2 du programme Prime-vert portaient sur plusieurs points d'échantillonnage autour du lac Mandeville.

- MAN1 : ruisseau Deligny en amont de la zone agricole
- MAN2 : ruisseau Deligny en aval de la zone agricole
- MAN3 : ruisseau Desrochers
- MAN4 : rivière Mandeville à l'exutoire du lac Mandeville

Les résultats obtenus démontraient des concentrations en phosphore importantes en sortie des zones agricoles, soit pour MAN2, MAN3 et MAN4. Les concentrations restaient cependant plus faibles à MAN2 en raison d'un débit plus important qui permettait une plus grande dilution. Les concentrations en phosphore ont été généralement plus élevées en 2010 qu'en 2009. Elles ont été beaucoup plus élevées au MAN3. Si on regarde la concentration en phosphore total dans le lac Mandeville, on constate que les concentrations d'août relevées par le RSVL ont été également plus élevées en 2010 qu'en 2009.

Concentrations en phosphore dans les tributaires du lac Mandeville en 2009

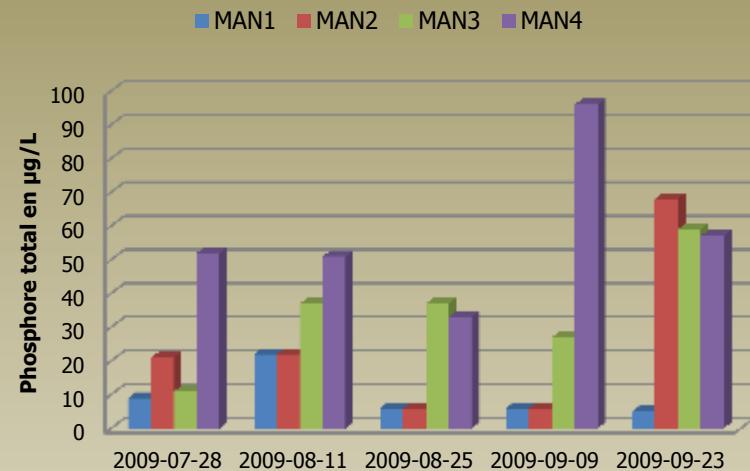


Figure 4- 9 : Concentrations en phosphore total mesurées dans le cadre de la ZIPP Matambin-Maskinongé-Mandeville en 2009

Concentrations en coliformes féaux dans les tributaires du lac Mandeville en 2009

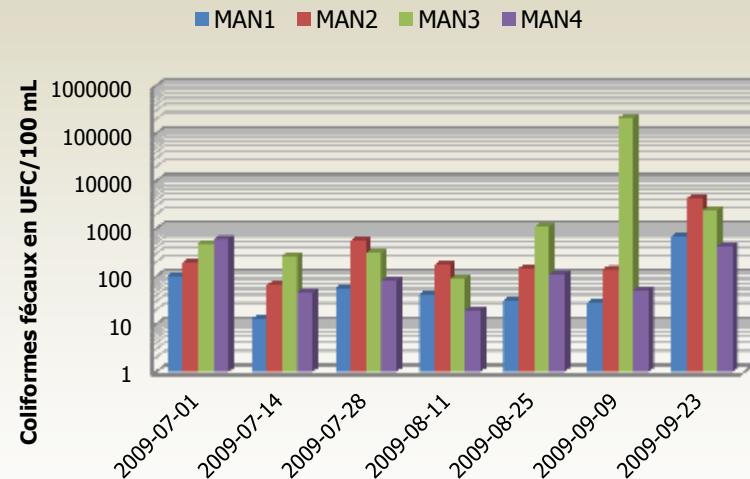


Figure 4- 11 : Concentrations en coliformes féaux mesurées dans le cadre de la ZIPP Matambin-Maskinongé-Mandeville en 2009

Concentrations en phosphore dans les tributaires du lac Mandeville en 2010

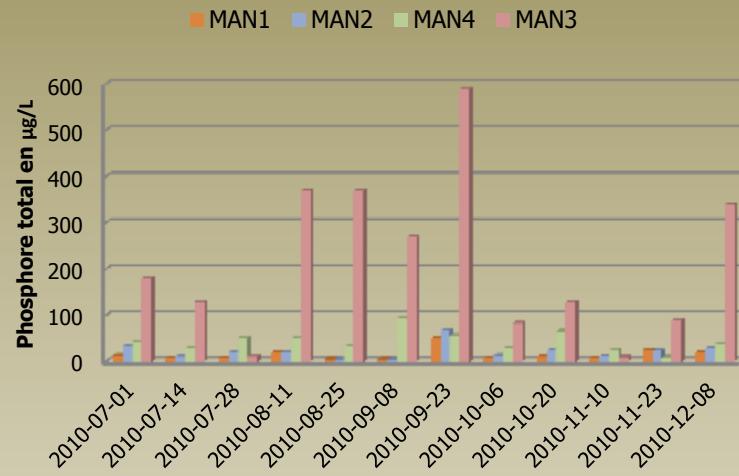


Figure 4- 8 : Concentrations en phosphore total mesurées dans le cadre de la ZIPP Matambin-Maskinongé-Mandeville en 2010

Concentrations en coliformes féaux dans les tributaires du lac Mandeville en 2010

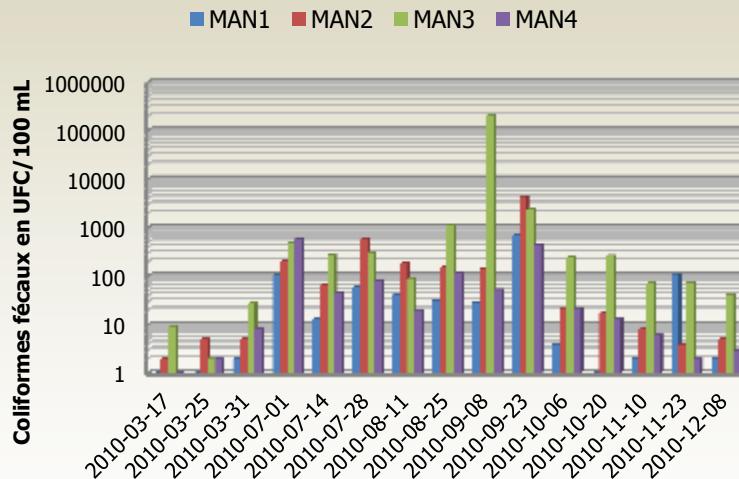


Figure 4- 10 : Concentrations en coliformes féaux mesurées dans le cadre de la ZIPP Matambin-Maskinongé-Mandeville en 2010

Évolution de la turbidité en 2009 dans les tributaires du lac Mandeville

■ MAN1 ■ MAN2 ■ MAN3 ■ MAN4

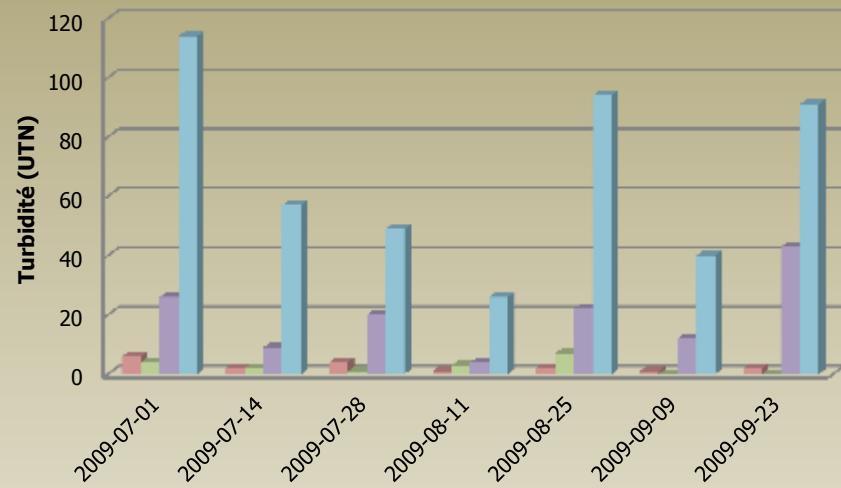


Figure 4- 12 : Turbidités mesurées dans le cadre de la ZIPP Matambin-Maskinongé-Mandeville en 2009

Évolution de la turbidité en 2010 dans les tributaires du lac Mandeville

■ MAN1 ■ MAN2 ■ MAN3 ■ MAN4

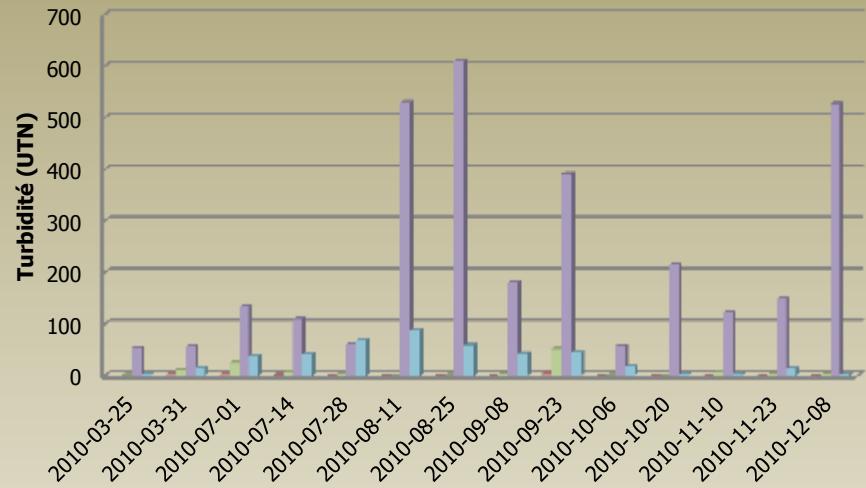


Figure 4- 13 : Turbidités mesurées dans le cadre de la ZIPP Matambin-Maskinongé-Mandeville en 2010

2.2.4. Le fonctionnement hydrologique du lac

Il est très important de bien comprendre la dynamique hydrologique du lac Mandeville pour comprendre les variations de concentrations en nutriments dans le milieu. Pour cela, nous avons déterminé plusieurs débits en fonction de la superficie du bassin versant du lac Mandeville :

- Les débits de crue
- Le débit moyen annuel
- Les débits d'étiage.

Ces débits conditionnent le taux de renouvellement de l'eau du lac aux différentes périodes de l'année.

Le volume du lac a été évalué grâce à sa bathymétrie à 5 176 000 m³. Son taux de renouvellement annuel est de 55 jours, ce qui signifie qu'il se renouvelle presque 7 fois en une année. Cependant, ce renouvellement n'est pas uniforme. Ainsi, en période de crue « normale », c'est-à-dire une crue de récurrence 2 ans, la totalité du lac se renouvelle en quelques jours : 4,7 jours lors d'une crue de récurrence 2 ans, et 2 jours pour une crue de récurrence 10 ans. En été, au plus fort de l'étiage, il faudrait presque 2 ans pour que l'eau du lac se renouvelle totalement.

Donc, la dynamique du lac est la suivante :

- Au printemps, le lac se renouvelle en quasi-totalité, avec une eau de fonte des neiges peu chargée en phosphore. C'est pourquoi les concentrations en phosphore relevées en juin sont toujours plus faibles.
- Puis durant l'été, le phosphore s'accumule dans une eau qui se renouvelle peu. Étant donné l'historique du lac, il ne fait aucun doute que les sédiments sont très chargés en phosphore et le relarguent eux aussi durant l'été. Finalement, le maximum de concentration est obtenu à la fin de l'été.

Calcul des débits de crue :

Moyenne des débits maximum annuels :
 $Q_m = 1,61 S^{0,70}$
S = superficie du bassinversant

Débit de crue de récurrence t :

$$Q_e = Q_t \times Q_m$$

Référence	Q _t
2 ans	0,5992
5 ans	1,1838
10 ans	1,4555

Source : CEHQ

Calcul des débits d'étiage :

$$Q_r = e^k \times S^a$$

e = constante (2,71828)
S = superficie du bassin versant

Débit	k	a
Q50 août	-6,74	1,147
Q50 sept	-6,19	1,314

Tableau 4- 4 : Débits caractéristiques à l'exutoire du lac Mandeville

Période	Débit	Valeur (m ³ /s)	Temps de renouvellement du lac (jours)
Crue	Qm	21,23	--
	Qt2ans	12,72	4,7
	Qt5ans	25,14	2,4
	Qt10ans	30,91	1,9
Étiage	Q50 août	0,11	565
	Q50 sept	0,14	429
Débit moyen annuel	QMA	1,09	54,8

Calcul du débit moyen annuel :

$$QMA = aS^b$$

S = superficie du bassin versant

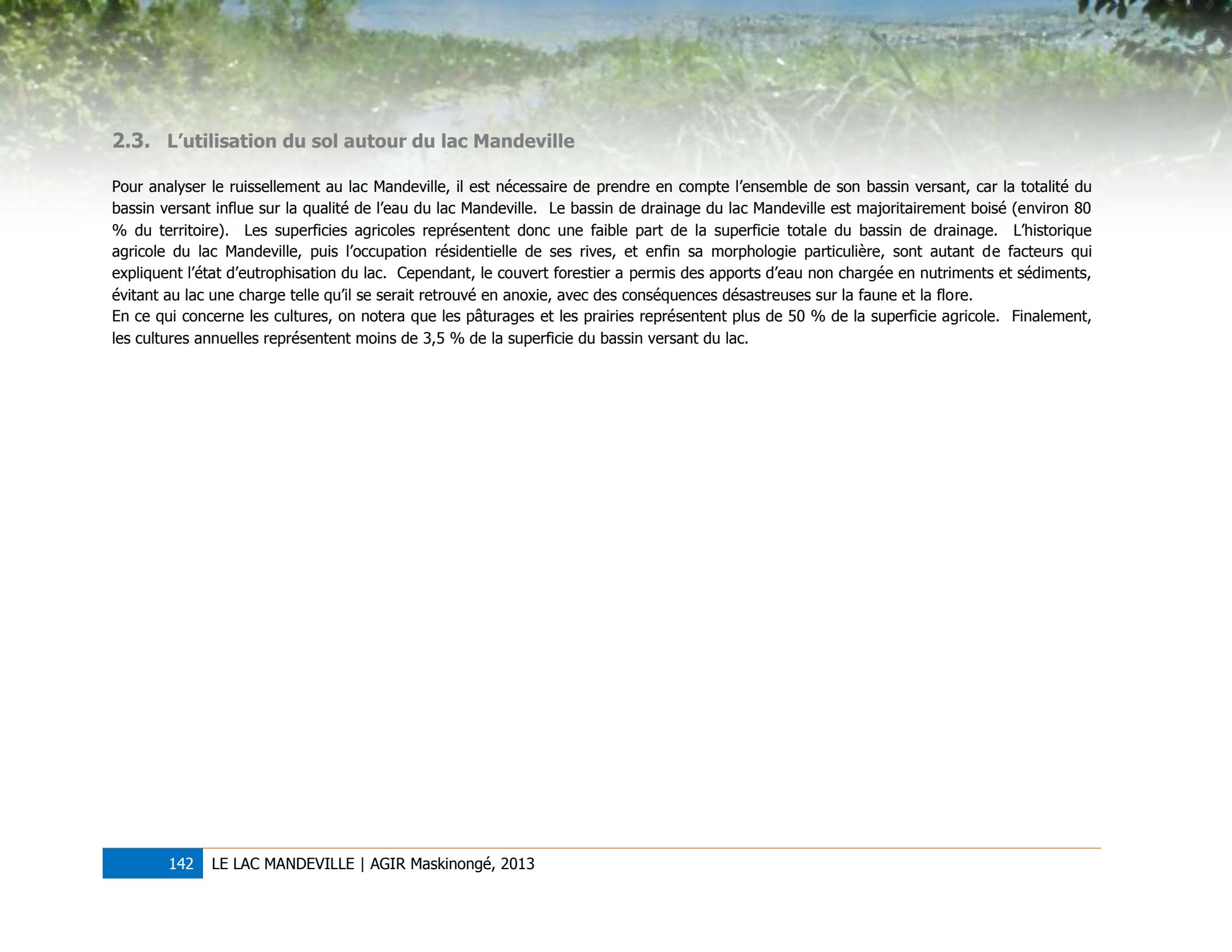
a = 0,034 et b = 0,942

pour la région hydrologique 5 du Québec

(Banyanya, 2009)

**Superficie du bassin versant
= 39,84 km²**

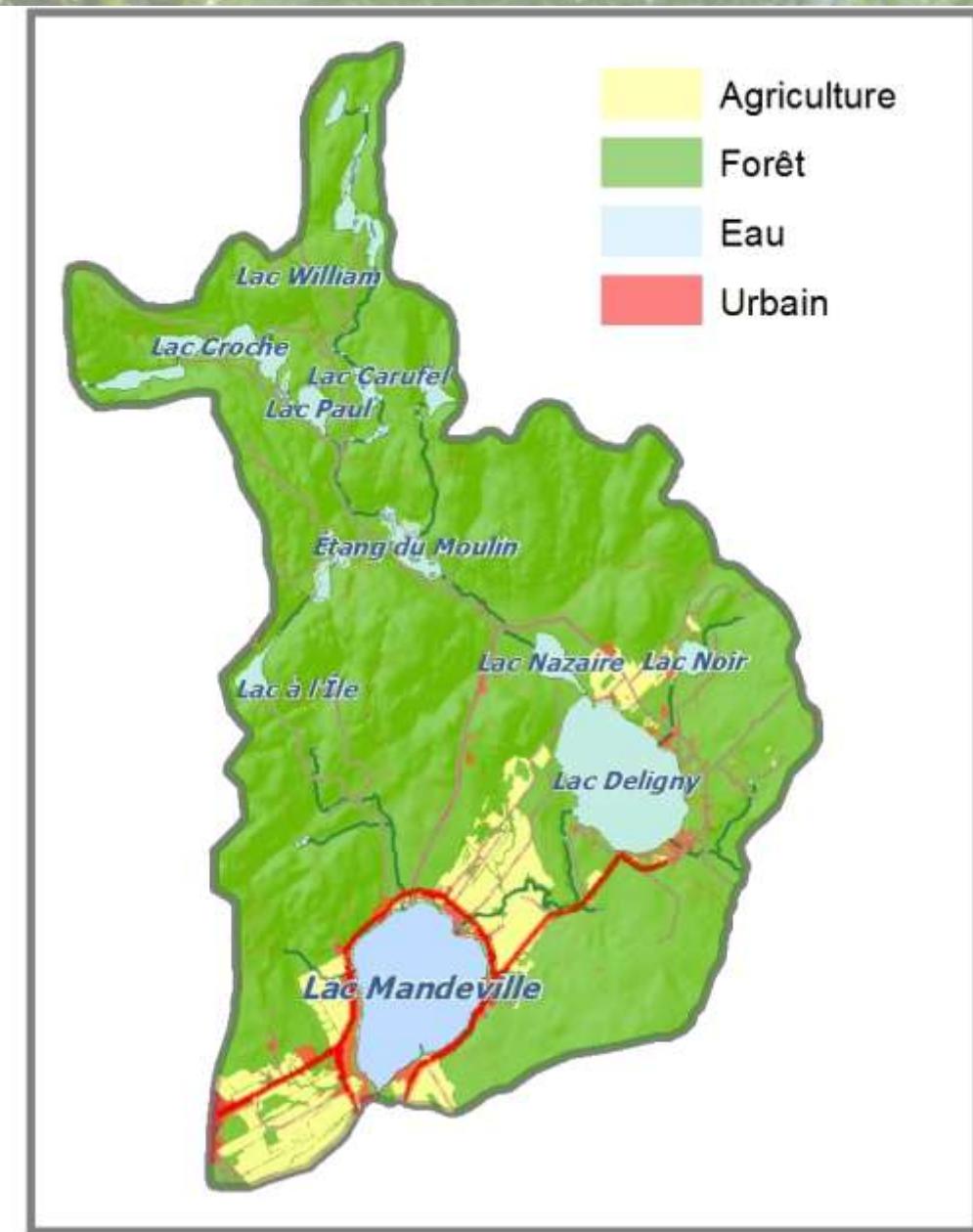
Volume du lac = 5 176 022 m³



2.3. L'utilisation du sol autour du lac Mandeville

Pour analyser le ruissellement au lac Mandeville, il est nécessaire de prendre en compte l'ensemble de son bassin versant, car la totalité du bassin versant influe sur la qualité de l'eau du lac Mandeville. Le bassin de drainage du lac Mandeville est majoritairement boisé (environ 80 % du territoire). Les superficies agricoles représentent donc une faible part de la superficie totale du bassin de drainage. L'historique agricole du lac Mandeville, puis l'occupation résidentielle de ses rives, et enfin sa morphologie particulière, sont autant de facteurs qui expliquent l'état d'eutrophisation du lac. Cependant, le couvert forestier a permis des apports d'eau non chargée en nutriments et sédiments, évitant au lac une charge telle qu'il se serait retrouvé en anoxie, avec des conséquences désastreuses sur la faune et la flore.

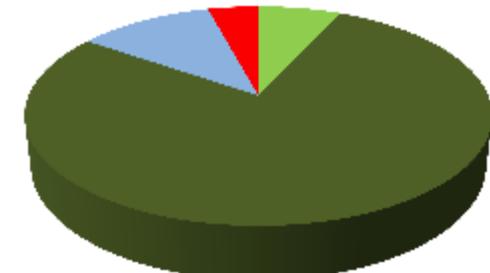
En ce qui concerne les cultures, on notera que les pâturages et les prairies représentent plus de 50 % de la superficie agricole. Finalement, les cultures annuelles représentent moins de 3,5 % de la superficie du bassin versant du lac.



Carte 4- 4 : utilisation du sol dans le bassin versant du lac Mandeville

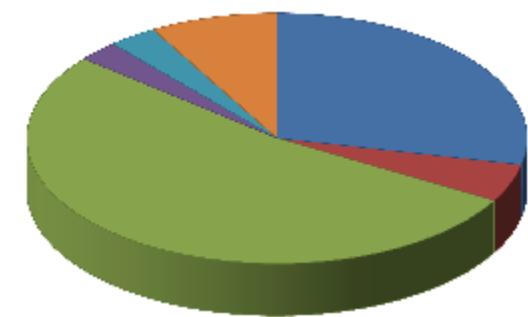
Utilisation du sol, en pourcentage, à l'intérieur du bassin versant du lac Mandeville, 2012.

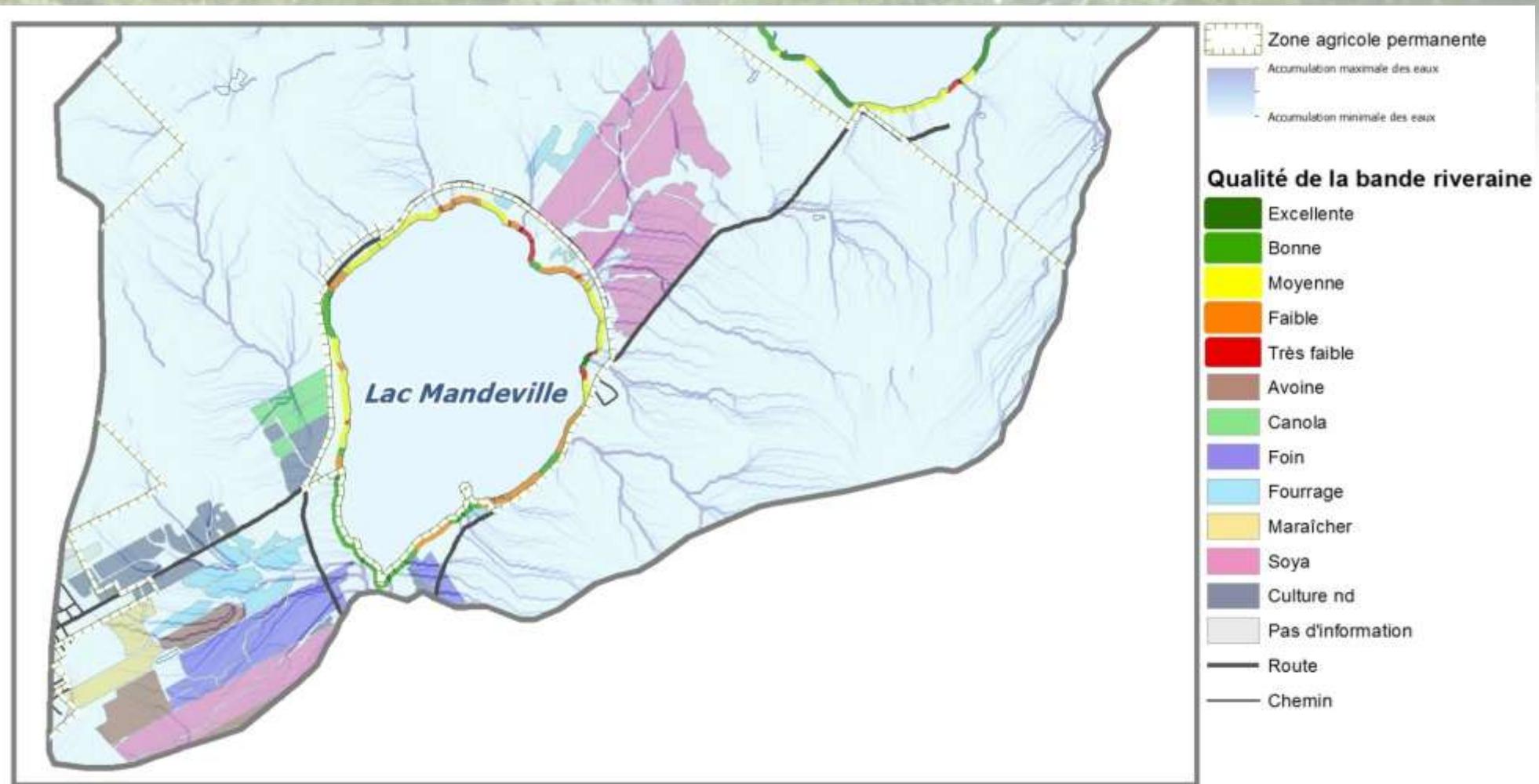
Agricole (7 %) Boisé (78 %) Eau (11 %) Urbain (4 %)



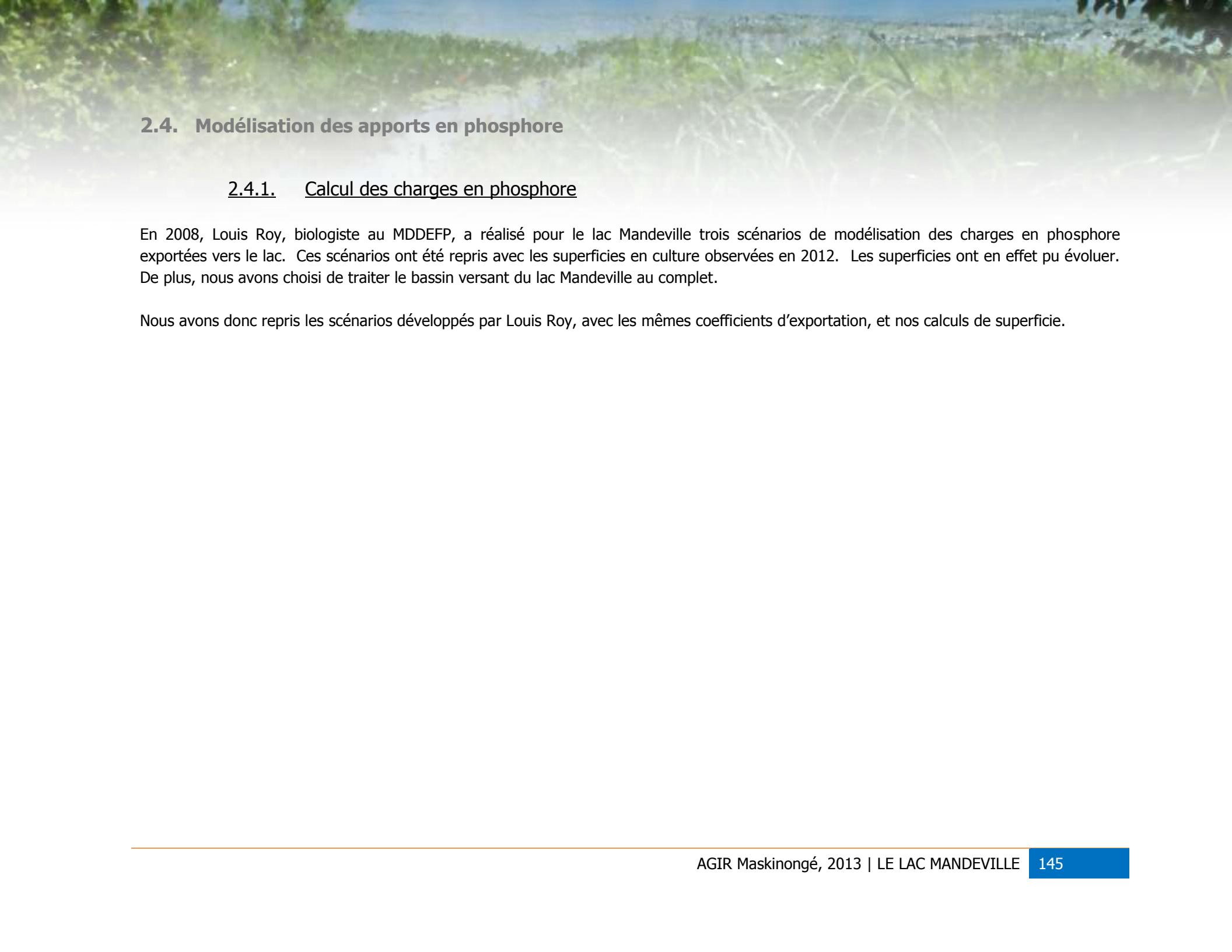
Superficies agricoles dans le bassin versant du lac Mandeville

Cultures	Pourcentage
Soya	28 %
Pâturage et prairies	53 %
Maraîcher	3 %
Céréales	5 %
Canola	3 %
Culture non spécifiée	8 %





Carte 4- 5 : Cultures agricoles et chemins d'écoulement des eaux au lac Mandeville



2.4. Modélisation des apports en phosphore

2.4.1. Calcul des charges en phosphore

En 2008, Louis Roy, biologiste au MDDEFP, a réalisé pour le lac Mandeville trois scénarios de modélisation des charges en phosphore exportées vers le lac. Ces scénarios ont été repris avec les superficies en culture observées en 2012. Les superficies ont en effet pu évoluer. De plus, nous avons choisi de traiter le bassin versant du lac Mandeville au complet.

Nous avons donc repris les scénarios développés par Louis Roy, avec les mêmes coefficients d'exportation, et nos calculs de superficie.

SCÉNARIO 1 :

	Coef. Exp. (kg P/km ² /an)	Superficie (km ²)	Charge annuelle kg P/an	Pourcentage
Forêt ¹	5	30,58	152,90	16,75%
Milieux humides ¹	150	0,51	76,50	8,38%
Milieux ouverts ¹	11	1,67	18,37	2,01%
Atmosphère ¹	10	4,34	43,40	4,76%
Cultures pérennes ¹	52	1,44	74,88	8,21%
Cultures annuelles ²	224	1,3	291,20	31,91%
	Nombre	Charge /habitation ³ kg P/hab/an	Coef. Exp.	Charge annuelle kg P/an
Habitations permanentes 100 m	127	1,82	0,7	161,80
Habitations saisonnières 100 m	84	0,91	0,7	53,51
Habitations permanentes > 100 m	80	1,82	0,25	36,40
Habitations saisonnières > 100 m	16	0,91	0,25	3,64
TOTAL			912,60	100,00%

1. Travaux de Carignan et Prairie

2. Maximum à l'embouchure des rivières agricoles (Gangbazo 2000)

3. Production de 2 g de P/pers./jour et une occupation de 2,5 pers/habitation

SCÉNARIO 2 :

	Coef. Exp. (kg P/km ² /an)	Superficie (km ²)	Charge annuelle kg P/an	Pourcentage
Forêt ¹	5	30,58	152,90	19,93%
Milieux humides ¹	150	0,51	76,50	9,97%
Milieux ouverts ¹	11	1,67	18,37	2,40%
Atmosphère ¹	10	4,34	43,40	5,66%
Cultures pérennes ¹	52	1,44	74,88	9,76%
Cultures annuelles ²	112	1,3	145,60	18,98%
	Nombre	Charge /habitation ³ kg P/hab/an	Coef. Exp.	Charge annuelle kg P/an
Habitations permanentes 100 m	127	1,82	0,7	161,80
Habitations saisonnières 100 m	84	0,91	0,7	53,51
Habitations permanentes > 100 m	80	1,82	0,25	36,40
Habitations saisonnières > 100 m	16	0,91	0,25	3,64
TOTAL			767,00	100,00%

1. Travaux de Carignan et Prairie

2. Médiane à l'embouchure des rivières agricoles (Gangbazo 2000)

3. Production de 2 g de P/pers./jour et une occupation de 2,5 pers/habitation

SCÉNARIO 3 :

	Coef. Exp. (kg P/km2/an)	Superficie (km2)	Charge annuelle kg P/an	Pourcentage
Forêt ¹	5	30,58	152,90	12,73%
Milieux humides ¹	150	0,51	76,50	6,37%
Milieux ouverts ¹	11	1,67	18,37	1,53%
Atmosphère ¹	10	4,34	43,40	3,61%
Cultures pérennes ¹	52	1,44	74,88	6,23%
Cultures annuelles ²	446	1,3	579,80	48,27%
	Nombre	Charge /habitation ³ kg P/hab/an	Coef Exp.	Charge annuelle kg P/an
Habitations permanentes 100 m	127	1,82	0,7	161,80
Habitations saisonnières 100 m	84	0,91	0,7	53,51
Habitations permanentes > 100 m	80	1,82	0,25	36,40
Habitations saisonnières > 100 m	16	0,91	0,25	3,64
		TOTAL		1201,20
				100,00%

1. Travaux de Carignan et Prairie

2. Moyenne maïs avec engrais sur 26 études (Beaulac et Reckhow 1982)

3. Production de 2 g de P/pers./jour et une occupation de 2,5 pers/habitation

Le scénario 3 prend pour les cultures annuelles la moyenne obtenue pour le maïs avec engrais. Comme en 2012, les cultures annuelles étaient constituées de soya et qu'il n'y avait pas de maïs, ce scénario surestime la production de phosphore par rapport à la réalité. Ces méthodes tiennent compte des milieux humides mais discriminent peu les apports en fonction du type de culture. Les substrats des milieux humides, riches en matière organique et en anaérobiose, génèrent des quantités de phosphore

- Milieu naturel (forêt, milieux humides, atmosphère)
- Agriculture
- Habitations

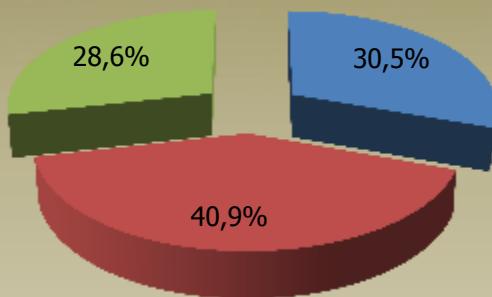


Figure 4- 15 : apports en phosphore selon le scénario 1

- Milieu naturel (forêt, milieux humides, atmosphère)
- Agriculture
- Habitations

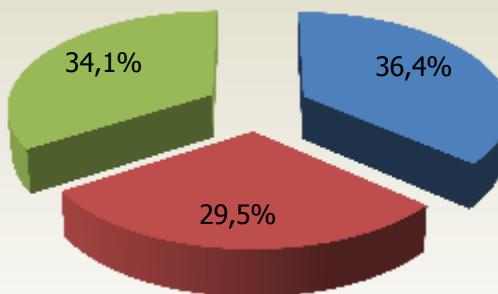
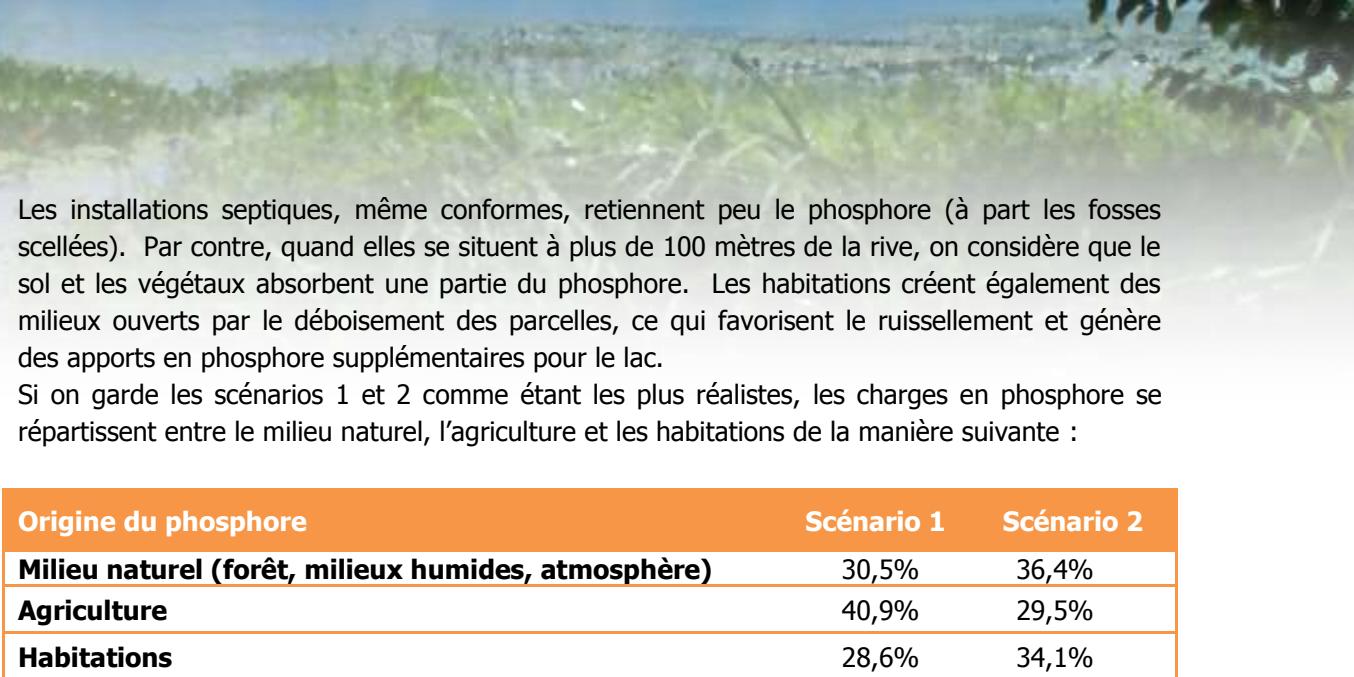


Figure 4- 14 : Apports en phosphore selon le scénario 2



Les installations septiques, même conformes, retiennent peu le phosphore (à part les fosses scellées). Par contre, quand elles se situent à plus de 100 mètres de la rive, on considère que le sol et les végétaux absorbent une partie du phosphore. Les habitations créent également des milieux ouverts par le déboisement des parcelles, ce qui favorisent le ruissellement et génère des apports en phosphore supplémentaires pour le lac.

Si on garde les scénarios 1 et 2 comme étant les plus réalistes, les charges en phosphore se répartissent entre le milieu naturel, l'agriculture et les habitations de la manière suivante :

Origine du phosphore	Scénario 1	Scénario 2
Milieu naturel (forêt, milieux humides, atmosphère)	30,5%	36,4%
Agriculture	40,9%	29,5%
Habitations	28,6%	34,1%

Les apports en phosphore générés par les habitations, les milieux naturels et l'agriculture sont donc assez équivalents dans le bassin versant du lac Mandeville.

Une autre méthode de calcul fournie par le MAPAQ nous a permis d'estimer la charge en phosphore exportée à 810,5 kg/an, soit une valeur comprise entre les deux scénarios.

La répartition des apports se fait alors de la manière suivante :

BILAN	Pourcentage
Forêt	47,8%
Agriculture	26,9%
Habitations	25,4%

Ce bilan ne prend pas en compte les milieux humides mais différencie les apports en phosphore en fonction des types de culture. Il ne différencie pas les habitations en fonction de leur proximité du lac mais compte un taux de rétention de 50 % du phosphore dans les installations septiques. Selon ces calculs, le milieu forestier apporterait près de la moitié du phosphore au lac.

2.4.2. Calcul de la concentration théorique en phosphore dans le lac

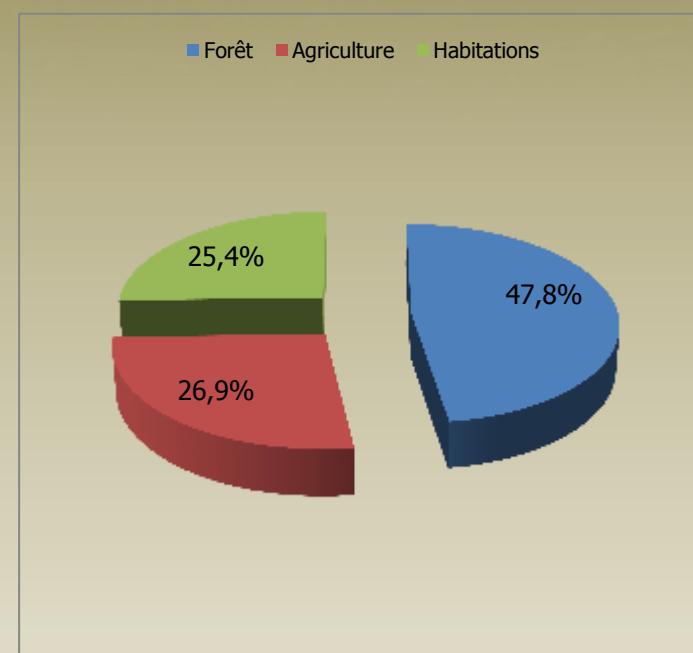
Les concentrations en phosphore sont très variables durant l'année : plus faibles après la crue printanière, elles augmentent au cours de l'été. Nous pourrions supposer qu'elles diminuent au cours de l'hiver puisqu'il y a alors peu d'apport agricole, mais nous ne disposons d'aucune donnée pour le confirmer.

Le calcul des concentrations tient compte du taux de renouvellement moyen annuel du lac et du volume du lac.

Les concentrations finales en phosphore sont les suivantes :

Phosphore total moyenne annuelle (mg/L)	
Scénario 1	0,027
Scénario 2	0,022
Chiffrier MAPAQ	0,024
Moyenne annuelle 2011	0,030
Moyenne annuelle 2012	0,026

Les concentrations théoriques calculées sont tout à fait cohérentes avec les résultats du RSVL, d'autant plus que ce dernier ne prend en compte que les concentrations de juin à août.



2.4.3. Améliorations possibles grâce aux changements de pratiques agricoles

Pour cet exercice, on utilisera seulement le chiffrier du MAPAQ.

HYPOTHÈSE 1 : Utilisation du travail réduit du sol et des cultures de couverture

Le travail réduit du sol consiste sommairement à supprimer le labour d'automne dans le cas de la culture du soya. Comme les céréales sont récoltées assez tôt en été, il est possible de semer ensuite une culture dite de couverture, comme la luzerne, qui évitera de laisser le sol à nu pendant l'automne et l'hiver, et permettra d'enrichir la terre en azote. Le but de ces techniques est de limiter au maximum l'érosion, ce qui offre des bénéfices pour la qualité de l'eau, mais qui évite aussi aux agriculteurs les pertes de terres arables entraînées par le ruissellement.

Charge en phosphore avec les techniques de maintien du sol : 772,32 kg/an, soit une diminution de 4,7% de la charge en phosphore

HYPOTHÈSE 2 : Conversion de toutes les cultures annuelles en cultures pérennes

Dans ce cas, on obtient une charge en phosphore de 694,18 kg/an, soit une diminution de 14,3 %.

Il est impossible d'interdire la culture de terres agricoles, sauf si elles sont en zone inondables 0-2 ans, soit dans le littoral d'un cours d'eau ou d'un lac. La transposition des cultures annuelles en cultures pérennes, ou bien le reboisement des terres, se fait en fonction de la volonté de l'agriculteur. Comme ceux-ci tirent un revenu de leurs cultures annuelles, ils ne sont pas favorables à la transition vers des cultures pérennes. Par contre, il serait souhaitable de les sensibiliser aux techniques de culture favorisant la rétention du sol en champ. Même si ces techniques ne permettent qu'un gain de 4,7 % sur la charge en phosphore, il faut garder à l'esprit que ce sont les efforts combinés des agriculteurs et des riverains qui peuvent permettre de réduire les apports en nutriments au lac Mandeville.

2.5. La qualité des eaux de ruissellement

Les eaux de ruissellement ont été analysées selon la méthode du phosphore total et non du phosphore trace. Le seuil de détection est donc de 0,03 mg/L de phosphore, ce qui permet de détecter les tributaires ayant les concentrations les plus fortes.

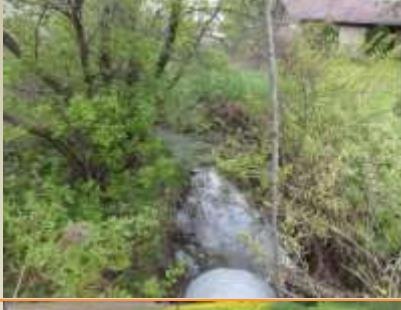
2.5.1. Stations d'échantillonnage

6 cours d'eau ont été échantillonnés au lac Mandeville. Un d'entre eux a été abandonné après la première campagne d'échantillonnage puisqu'il était de très faible débit et drainait des pâtures.



Carte 4- 6 : Points d'échantillonnage dans les tributaires du lac Mandeville

Tableau 4- 5 : Stations d'échantillonnage au lac Mandeville

Station	Description	Photographie	Station	Description	Photographie
RMa1	Ruisseau Desrochers au ponceau rue Desjardins		RMa3	Ruisseau Deligny au pont chemin du lac Mandeville	
RMa1b	Cours d'eau Paquin en aval de la rue Desjardins		RMa4	Tributaire à l'est du lac Mandeville	
RMa2	Tributaire entre le rang Petit et le chemin du lac Deligny ouest		RMa5	Tributaire provenant de la zone agricole au sud-ouest du lac Mandeville	

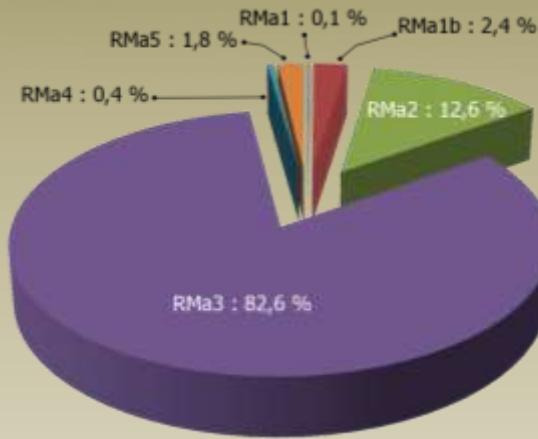


Figure 4-17 : Répartition des débits entrant au lac Mandeville en pourcentages

2.5.2. Les débits

Des mesures de débits ont été réalisées dans les tributaires du lac Mandeville. Seul le ruisseau Desrochers n'a pas pu être mesuré, car la vitesse de l'eau était toujours inférieure à 0,1 m/s, constituant la limite de détection du courantomètre. On peut donc en déduire que les charges apportées au lac par ce ruisseau sont très faibles en été.

Tableau 4- 6 : Débits mesurés dans les tributaires du lac Mandeville en m^3/s

Date	RMa1b	RMa2	RMa3	RMa4	RMa5
2012-04-16	0,03	0,04374	0,6184	0,0144	0,0186
2012-05-23	0,03	0,2112	0,9304	n/d	0,0306
2012-06-05	0,028	0,0952	1,0284	n/d	0,02475
2012-08-20	Trop faible	0,0042	0,0286	n/d	Trop faible
2012-09-25	0,0024	0,0168	0,0814	n/d	Trop faible
2012-11-02	0,0266	0,156	0,8368	n/d	0,036

En moyenne, les quantités d'eau apportées par les tributaires analysés se répartissent selon le graphique de la figure 4-17.

La majeure partie de l'eau qui arrive au lac Mandeville est donc apportée par le ruisseau Deligny. La part de 0,1 % du ruisseau Desrochers a été attribuée arbitrairement compte-tenu de l'impossibilité de mesurer le débit réel. Mais la stagnation de l'eau à cet endroit laisse supposer un débit extrêmement faible.

2.5.3. Les sédiments

La turbidité a été analysée dans les différents tributaires du lac Mandeville en 2012. Elle est liée à trois facteurs :

- Le ruissellement : Le ruissellement entraîne les sédiments vers les cours d'eau, augmentant ainsi la turbidité;

Évolution de la turbidité dans les tributaires du lac Mandeville

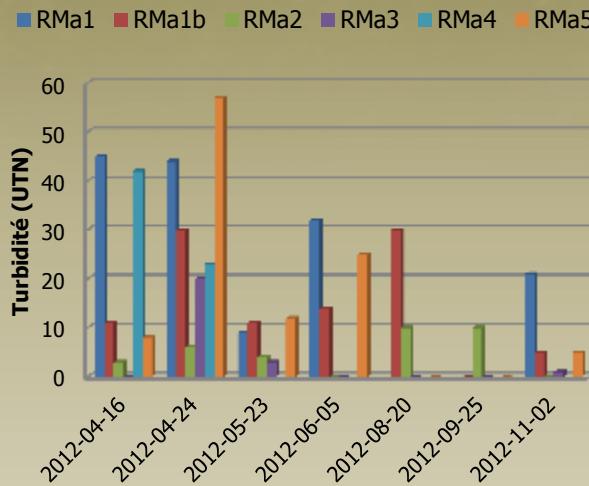


Figure 4- 18 : Variations de turbidité dans les tributaires du lac Mandeville en 2012

- La nature du sol : Les sols sont plus argileux au sud et à l'ouest du lac. C'est d'ailleurs dans ces secteurs que se situent la majorité des terres agricoles. Sur des sols plus rocheux, la turbidité est plus faible

- L'occupation du sol : les sols labourés et dénudés augmentent les apports en sédiments, alors que les cours d'eau qui s'écoulent plutôt en milieu forestier ont une eau plus claire.

La nature du sol est étroitement liée à son occupation, puisque les zones boisées sont des zones plus rocheuses, dont le sol est moins riche en argile, et donc offrant moins de potentiel pour l'agriculture.

Ainsi, les turbidités les plus importantes ont été relevées le 24 avril 2012, après une forte pluie, alors que la végétation n'était pas encore installée. La conjonction du ruissellement et du sol dénudé a créé des conditions propices à de plus fortes concentrations en matières en suspension. Le ruisseau Paquin récupère des eaux de fossés agricoles qui traversent des champs de blé et de canola. Ces cultures ayant été récoltées en août, les sols sont dénudés et la turbidité du ruisseau est plus forte que les autres en août (RMa1b).



Figure 4- 19 : Cône de sédimentation formant un obstacle à l'écoulement à l'embouchure du ruisseau Deligny dans le lac Mandeville

Tableau 4- 7 : Turbidités relevées dans les tributaires du lac Mandeville en 2012

Date	RMa1	RMa1b	RMa2	RMa3	RMa4	RMa5
2012-04-16	45	11	3	0	42	8
2012-04-24	44	30	6	20	23	57
2012-05-23	9	11	4	3	n/d	12
2012-06-05	32	14	0	0	n/d	25
2012-08-20	n/d	30	10	0	n/d	0
2012-09-25	n/d	0	10	0	n/d	0
2012-11-02	21	5	0	1	n/d	5

Lors de nos observations au printemps, le ruisseau Desrochers avait une profondeur de 60 centimètres environ et le ponceau était vide. Au mois de mai, nous avons constaté que le ponceau de la rue Desjardins était rempli de sédiments. Par la suite, le cours d'eau a été envahi d'herbes et s'est transformé en marécage. Notre hypothèse sur le fonctionnement de ce cours d'eau est donc la suivante : au printemps, le fond du cours d'eau est lessivé par la crue printanière. En raison de la faible pente, les eaux du lac remontent probablement dans le ruisseau. Ensuite, les sédiments se déposent progressivement, puis les herbiers envahissent le ruisseau. Les herbes meurent à l'automne et se décomposent, et le cycle reprend. Ce cours d'eau fonctionne donc davantage comme un milieu humide que comme un cours d'eau.

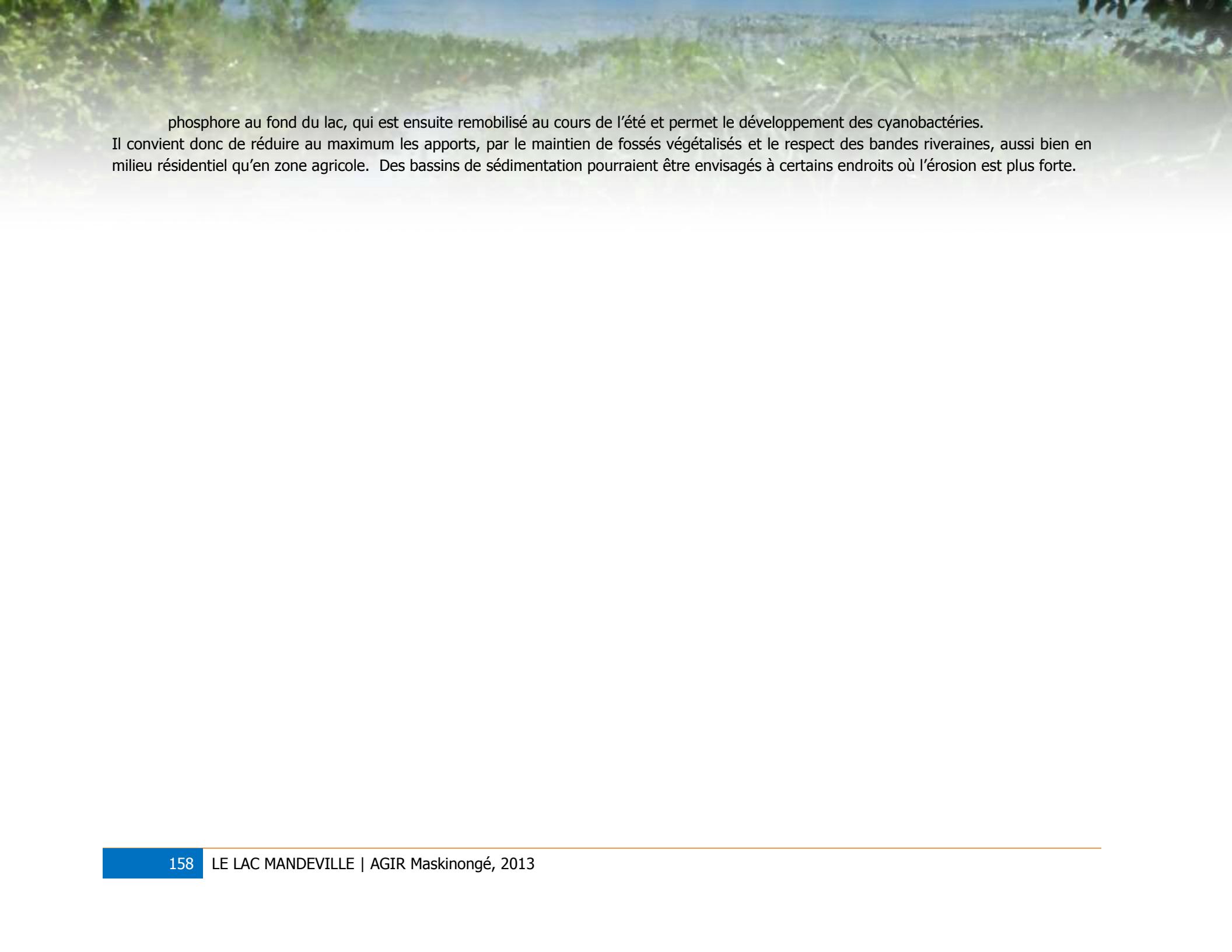
Le ruisseau Deligny apporte la majeure partie des sédiments par temps de pluie. Même si l'eau reste claire la plupart du temps, le cône de sédimentation situé à son embouchure dans le lac témoigne de l'importance des apports. Les autres tributaires ont un rôle plus mineur selon nos observations.

Les apports en sédiments sont problématiques pour deux raisons :

- Le lac Mandeville est un lac peu profond, qui a tendance à s'envaser. Les apports en sédiments accélèrent donc le phénomène d'eutrophisation.
- Le phosphore s'exporte majoritairement sous forme liée aux particules en suspension. Les apports de sédiments sont donc synonymes d'accumulation de



Figure 4- 20 : Exutoire de fossé agricole dans le ruisseau Paquin



phosphore au fond du lac, qui est ensuite remobilisé au cours de l'été et permet le développement des cyanobactéries. Il convient donc de réduire au maximum les apports, par le maintien de fossés végétalisés et le respect des bandes riveraines, aussi bien en milieu résidentiel qu'en zone agricole. Des bassins de sédimentation pourraient être envisagés à certains endroits où l'érosion est plus forte.



Figure 4- 23 : Ruisseau Desrochers le 16 avril (RMa1)



Figure 4- 22 : Ruisseau Desrochers le 5 juin : les sédiments se sont accumulés et la végétation se développe



Figure 4- 25 : Ruisseau Desrochers le 24 juillet : la végétation a envahi le cours d'eau



Figure 4- 24 : Ruisseau Desrochers le 2 novembre : la végétation est morte, les pluies d'automne ont relevé le niveau d'eau et remettent les sédiments en suspension

Concentrations en phosphore total dans les tributaires du lac Mandeville en 2012

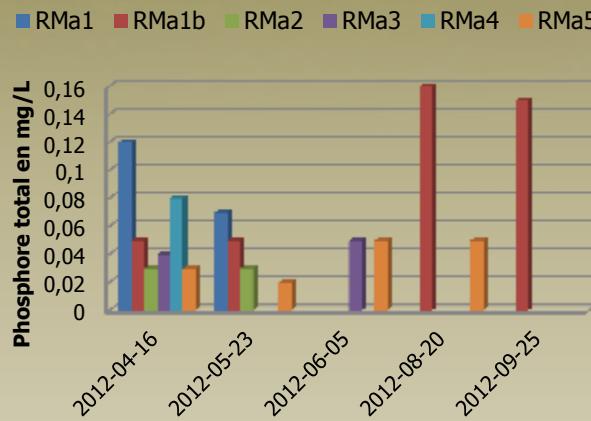


Figure 4- 26 : Concentrations en phosphore total mesurées aux points d'échantillonnage

Exemples de charges en phosphore apportées par les tributaires du lac Mandeville

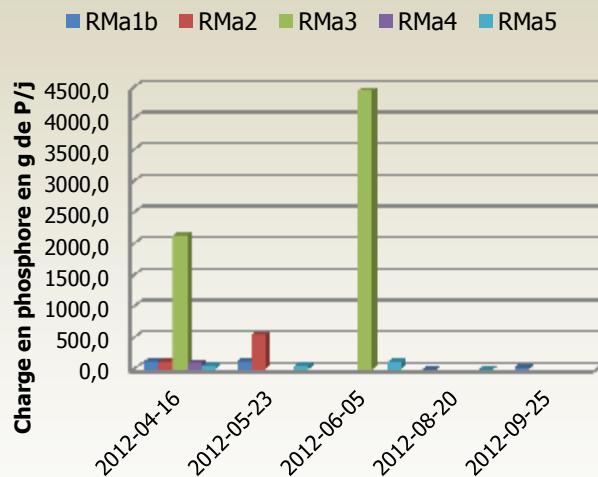


Figure 4- 27 : Charges en phosphore calculées aux points d'échantillonnage

2.5.4. Les nutriments

Le phosphore et l'azote ont été analysés dans les différents tributaires. Par rapport aux résultats de 2009 et 2010, les concentrations relevées sont beaucoup plus faibles. La faible pluviométrie de l'été 2012 a pu influencer les résultats, mais la fermeture d'une des porcheries, ainsi qu'un meilleur respect des PAEF (Plan agro-environnemental de fertilisation) et des bandes riveraines peuvent aussi avoir eu un impact sur ces concentrations.

a) Le phosphore

Tableau 4- 8 : Concentrations en phosphore total en mg/L dans les tributaires du lac Mandeville

Date	RMa1	RMa1b	RMa2	RMa3	RMa4	RMa5
2012-04-16	0,12	0,05	0,03	0,04	0,08	0,03
2012-05-23	0,07	0,05	0,03	<u>0,03</u>	n/d	0,02
2012-06-05	<u>0,06</u>	<u>0,06</u>	<u>0,06</u>	0,05	n/d	0,05
2012-08-20	n/d	0,16	<u>0,03</u>	<u>0,03</u>	n/d	0,05
2012-09-25	n/d	0,15	<u>0,06</u>	<u>0,06</u>	n/d	<u>0,06</u>
2012-11-02	<u>0,06</u>	<u>0,06</u>	<u>0,06</u>	<u>0,06</u>	n/d	<u>0,06</u>

Les valeurs en rouge et soulignées indiquent le seuil de détection. Les concentrations réelles sont donc inférieures à ces valeurs.

Les concentrations n'ont pas pu être mesurées en RMa1 durant l'été en raison du manque d'eau. Au mois de juin, RMa3 présente une concentration de 50 µg/L de phosphore, ce qui n'est pas une concentration très élevée compte-tenu de la zone agricole traversée par le cours d'eau, mais cependant suffisante pour contribuer à l'eutrophisation du lac Mandeville.

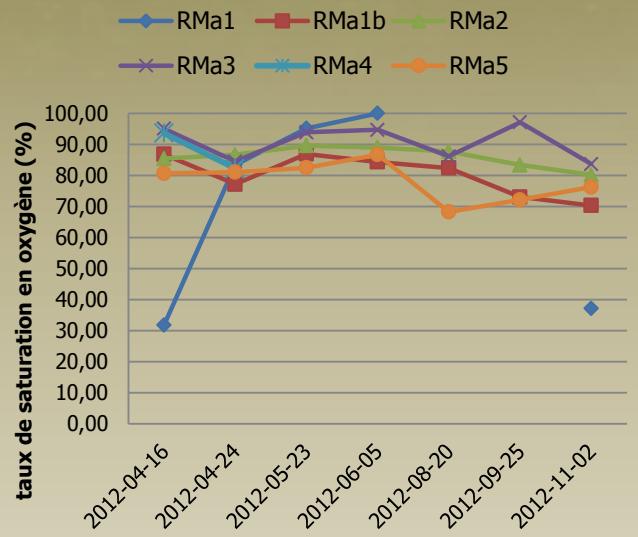
Quand une mesure de débit et une concentration supérieure au seuil de détection étaient disponibles, un calcul de charge journalière en phosphore a été réalisé. Les résultats sont les suivants :

Tableau 4- 9 : Charges en phosphore apportées par les tributaires du lac Mandeville, en g de phosphore/jour

Date	RMa1b	RMa2	RMa3	RMa4	RMa5
2012-04-16	129,6	113,4	2137,2	99,5	48,2
2012-05-23	129,6	547,4	n/d	n/d	52,9
2012-06-05	≈0,0	n/d	4442,7	n/d	106,9
2012-08-20	n/d	n/d	n/d	n/d	0,4
2012-09-25	31,1	n/d	n/d	n/d	n/d
2012-11-02	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d

Bien que les concentrations relevées dans le ruisseau Paquin (RMa1b) soient plus élevées que dans le ruisseau Deligny (RMa3), ce dernier contribue davantage aux apports en phosphore en raison de son débit. Il ne faut donc pas négliger les tributaires secondaires, mais c'est le tributaire principal qui contribue actuellement le plus aux apports.

Saturation en oxygène dans les tributaires du lac Mandeville



Températures relevées dans les tributaires du lac Mandeville

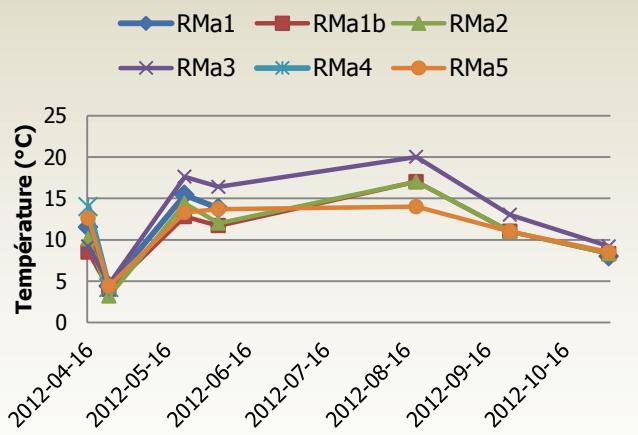


Figure 4- 29 : Températures aux points d'échantillonnage

b) L'azote

L'azote Kjeldahl a été dosé dans les tributaires. Cette forme d'azote est présente dans les fumiers et les lisiers, alors que les nitrates sont davantage présents dans les engrains chimiques. Compte-tenu du fait que la fertilisation autour du lac Mandeville se fait par épandage de fumiers et lisiers, cette analyses nous semblait la plus appropriée.

Date	RMa1	RMa1b	RMa2	RMa3	RMa4	RMa5
2012-04-16	1,00	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>
2012-05-23	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	n/d	<u>1</u>
2012-06-05	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	n/d	<u>1</u>
2012-08-20	n/d	0,72	0,42	0,33	n/d	0,32
2012-09-25	n/d	0,4	0,38	0,38	n/d	0,33
2012-11-02	1,28	0,43	0,33	0,41	n/d	0,78

Les valeurs en rouge et soulignées indiquent le seuil de détection. Les concentrations réelles sont donc inférieures à ces valeurs.

Les concentrations sont faibles, et ne posent pas de problème de toxicité. La concentration est légèrement supérieure dans le ruisseau Desrochers (RMa1).

2.5.5. Les paramètres physico-chimiques

En comparaison des tributaires du lac Matambin et du lac Maskinongé, les températures relevées dans les tributaires du lac Mandeville sont plus élevées. Bien que le ruisseau Deligny ait le débit le plus grand, c'est aussi celui qui a les températures les plus élevées. En effet, sa largeur et sa faible profondeur, ainsi que l'absence de couvert arboré en secteur agricole, favorisent ce réchauffement.

Par contre, l'oxygénation y est toujours bonne. La conductivité reflète la nature des terres traversées par les cours d'eau : plus élevée en terre argileuse, et plus faible lorsque le fond du cours d'eau est rocheux.

2.5.6. Les pesticides

L'éventail des pesticides utilisés est si large qu'il est difficile de réaliser un inventaire exhaustif. Nous avions choisi dans cette étude la famille des organochlorés, puisqu'elle contient les pesticides les plus toxiques pour les milieux aquatiques, mais aussi les plus persistants dans l'environnement. Comme il s'agit d'un secteur agricole ancien, même si ces pesticides ne sont plus utilisés, on pourrait encore en retrouver la trace dans les eaux. En effet, bon nombre d'entre eux se sont accumulés dans les sédiments d'eau douce et persistent dans les eaux. Ils font partie des polluants organiques persistants, les POPs. Les pesticides actuels se retrouvent également dans l'environnement, mais sans connaître les pratiques culturelles des agriculteurs locaux, il est difficile de cibler ceux à analyser. De plus, plusieurs ont un temps de dégradation rapide dans l'eau, ce qui rend leur détection incertaine.

La liste des pesticides analysés est la suivante :

Nom	unité	Valeur critique
Lindane	µg/L	Protection de la vie aquatique (effet chronique) : 70
Aldrine	µg/L	Protection de la vie aquatique (effet chronique) : 17
Époxyde d'heptachlore	µg/L	Protection de la vie aquatique (effet aigu) : 26
Chlordane (isomères totaux)	µg/L	Protection de la vie aquatique (effet chronique) : 29
Diédrine	µg/L	Protection de la vie aquatique (effet chronique) : 56
Endrine	µg/L	Protection de la vie aquatique (effet chronique) : 36
DDT	µg/L	Protection de la vie aquatique (effet chronique) : 3,2

Tous les pesticides se retrouvent en-dessous du seuil de détection de 0,05 µg/L pour les deux analyses réalisées, en avril et en juin. Malgré la présence de l'agriculture depuis un siècle au

Conductivités des tributaires du lac Mandeville

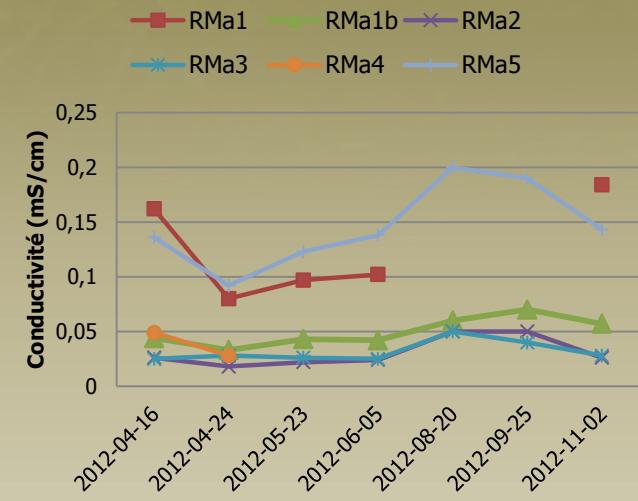


Figure 4- 31 : Conductivités mesurées aux points d'échantillonnage

pH des tributaires du lac Mandeville

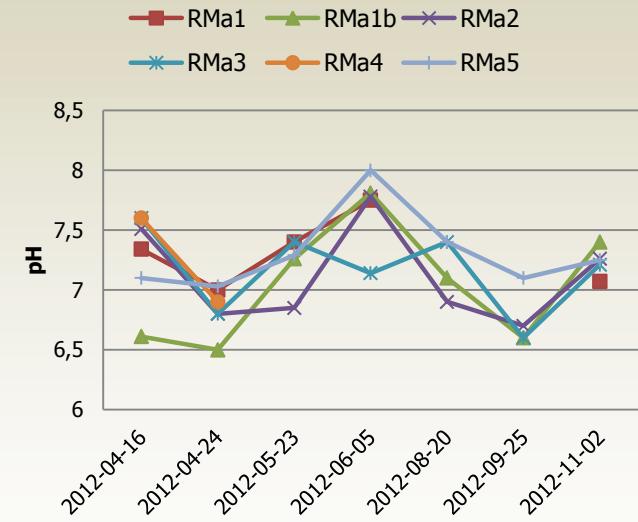


Figure 4- 30 : pH mesurés aux points d'échantillonnage

Concentrations en coliformes fécaux dans les tributaires du lac Mandeville en 2012

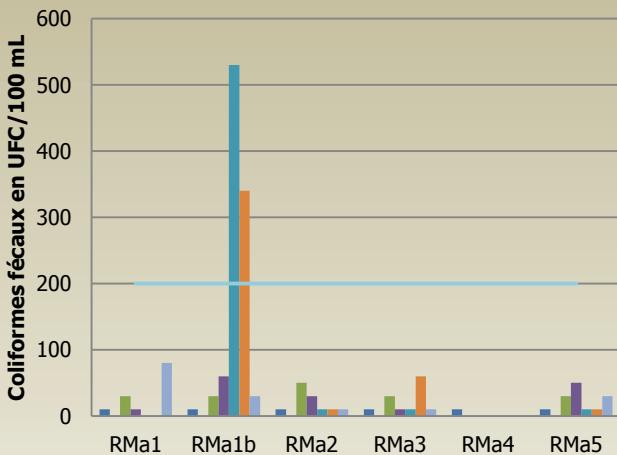
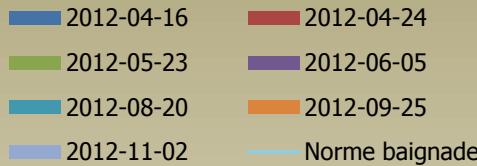


Figure 4- 32 : Concentrations en coliformes fécaux mesurées aux points d'échantillonage

lac Mandeville, on ne retrouve donc pas ces molécules en concentrations significatives dans les eaux.

2.5.7. Les coliformes fécaux

Les coliformes fécaux étaient présents en concentrations significatives dans les analyses de 2009 et 2010 de la ZIPP, particulièrement dans le ruisseau Desrochers et à l'exutoire du lac Mandeville, et dans le ruisseau Deligny à la fin du mois de septembre. Les périodes d'augmentation des concentrations correspondent à des périodes d'épandage et de ruissellement.

Les analyses de 2012 donnent des concentrations en coliformes fécaux inférieures à ces valeurs. Seul le ruisseau Paquin dépasse les normes de baignade à certaines périodes. L'eau est donc de bonne qualité bactériologique dans les tributaires du lac Mandeville.

Date	RMa1	RMa1b	RMa2	RMa3	RMa4	RMa5
2012-04-16	10	10	10	10	10	10
2012-04-24	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d
2012-05-23	30	30	50	30	n/d	30
2012-06-05	10	60	30	10	n/d	50
2012-08-20	n/d	530	10	10	n/d	10
2012-09-25	n/d	340	10	60	n/d	10
2012-11-02	80	30	10	10	n/d	30

2.6. Les bandes riveraines

Les bandes riveraines ont été caractérisées sur quelques tronçons de cours d'eau et autour du lac Mandeville. Sur les tronçons caractérisés, les bandes riveraines sont de bonne qualité dans l'ensemble. Le long des cours d'eau principaux, on observe des bandes riveraines au moins herbacées, et parfois arbustives ou arborescentes. Les rives, constituées de loam argileux, sont sujettes à l'érosion.

2.6.1. Le ruisseau Deligny

On observe en fonction du faciès d'écoulement du ruisseau Deligny un fond de lit très différent. Dans les zones d'écoulement plus turbulent, où les particules plus grosses peuvent être transportées, le fond est rocheux, alors que dans les zones où le ruisseau s'élargit et l'eau ralentit, le fond est plus sablonneux, ou même vaseux près de son embouchure. L'absence de couvert végétal et la sédimentation dans les portions calmes favorisent également le développement d'herbiers aquatiques. Ces herbiers ne sont pas problématiques, mais permettent au contraire de créer des habitats, et d'absorber une partie des nutriments présents dans l'eau. Le tronçon exploré montre un bon respect de la bande riveraine, en milieu agricole comme en milieu résidentiel.

Nous avons observé quelques drains non stabilisés, qui peuvent accentuer l'érosion au cours d'eau, mais nous n'avons cependant pas observé de foyer d'érosion à côté de ces sorties de drain

Plus en amont, le long des cours d'eau secondaires, les bandes riveraines sont plus étroites, voire inexistantes. C'est dans ce secteur que devraient être accentués les efforts

2.6.2. Le ruisseau Desrochers

Le ruisseau Desrochers se transforme en marécage autour de l'été. Il aurait donc plutôt une fonction épuratoire pendant cette période. Les bandes riveraines sont dans l'ensemble bien respectées, et les fossés sont végétalisés, ce qui permet une rétention des sédiments. Cependant, la bande riveraine est constituée essentiellement d'herbacées et de framboisiers, qui disparaissent à l'automne, et ne peuvent donc pas assurer de rétention au printemps.



Figure 4- 33 : Faciès d'écoulement rapide du ruisseau Deligny, avec un fond rocheux



Figure 4- 34 : Partie calme et découverte du ruisseau Deligny, abritant un important herbier



Figure 4- 35 : Tributaire du lac Mandeville chemin du lac Deligny Est

La stabilisation de la berge par les racines est elle aussi insuffisante, surtout au printemps et à l'automne. Même s'il serait préférable d'avoir une bande riveraine arborescente le long du cours d'eau, on note cependant un bon respect de la bande riveraine par les agriculteurs.



Figure 4- 37 : Zone de sédimentation dans le ruisseau Deligny en aval du chemin du lac Mandeville



Figure 4- 39 : Ruisseau Deligny : Malgré une bande riveraine arborée, l'argile du sol est facilement mise en suspension.



Figure 4- 38 : Ruisseau Deligny : Des bandes riveraines herbacées sont présentes, avec des arbres morts qui constituent des habitats pour la faune aquatique.



Figure 4- 36 : Drain non protégé



Figure 4- 41 : Ruisseau Desrochers en juillet 2012



Figure 4- 42 : Bande riveraine le long du ruisseau Desrochers



Figure 4- 40 : En été, le ruisseau Desrochers s'apparente davantage à un milieu humide qu'à un cours d'eau



Figure 4- 43 : Fossé agricole vu depuis la rue Desjardins

2.6.3. Le ruisseau Paquin

Le ruisseau Paquin s'écoule sur trois quarts de sa longueur en forêt, avant de traverser une zone agricole sur le quart restant. Ce cours d'eau a présenté durant l'été des concentrations en phosphore importantes, alors que la zone agricole traversée était constituée de pâtures. En fait, les fossés des champs situés au sud du cours d'eau rejoignent le ruisseau Paquin, qui draine donc également les eaux de terres cultivées.

La bordure du cours d'eau est boisée, ou au minimum arbustive. Là encore, on ne note aucun problème majeur de bande riveraine. Plus en aval, la berge en zone résidentielle est également bien présente. Par contre, le ponceau qui traverse la rue Desjardins et mal orienté et provoque de l'érosion sur une des rives en sortie du ponceau. Ce ponceau avait dû être remplacé par la municipalité après un creusage illégal du cours d'eau en amont.



Figure 4- 44 : Bande riveraine arborescente le long du ruisseau Paquin



Figure 4- 45 : Érosion à la sortie du ponceau de la rue Desjardins dans le ruisseau Paquin



Figure 4- 46 : Grand héron dans le lac Mandeville



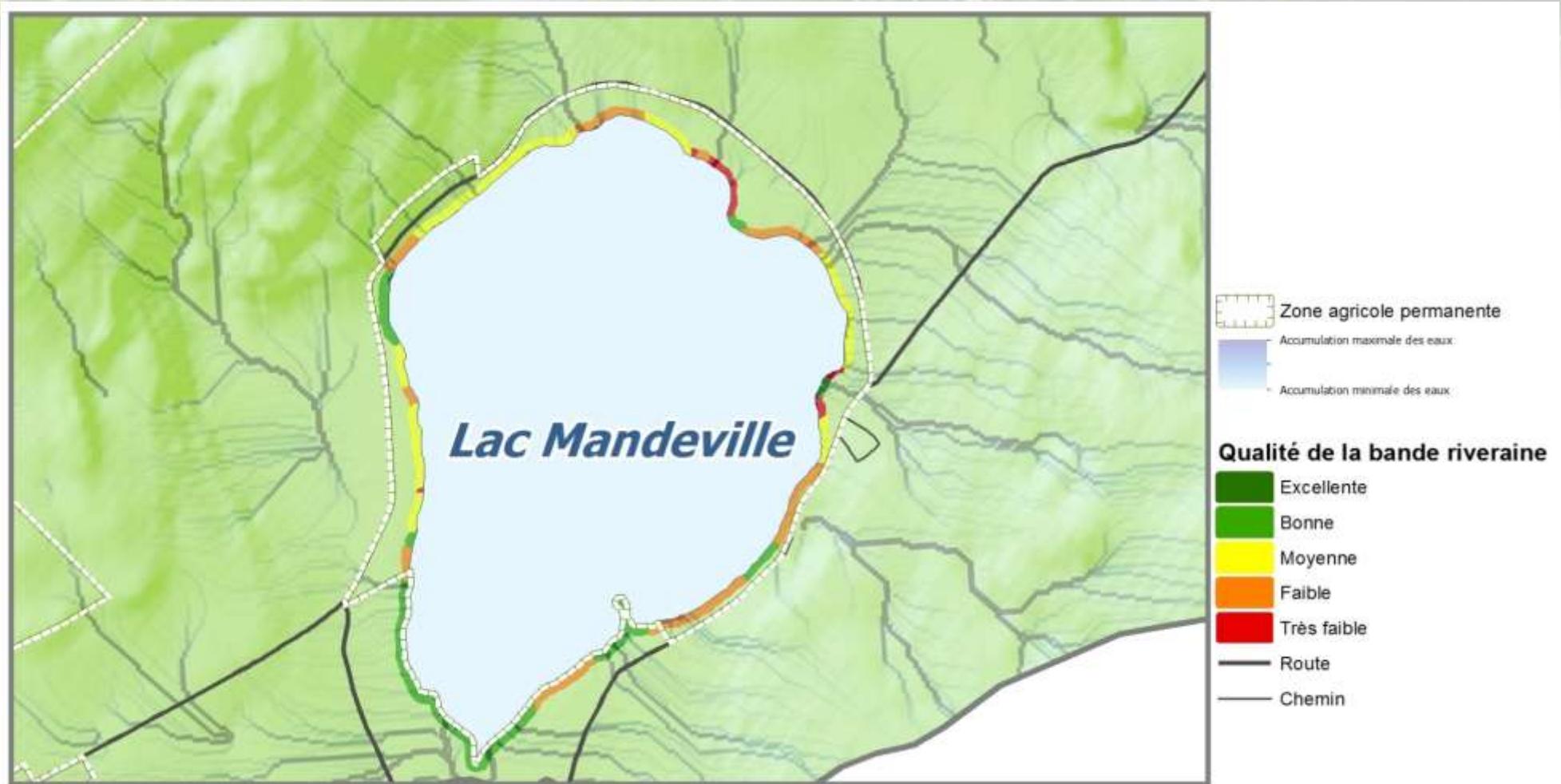
Figure 4- 47 : Milieu humide à l'exutoire du lac Mandeville

2.6.4. Le lac Mandeville

Les bandes riveraines du lac Mandeville sont globalement de moyenne à bonne qualité. De nombreux riverains ont fait l'effort de végétaliser leurs rives, et conservent arbres et arbustes au bord de l'eau. Quand une couverture arbustive n'est pas présente, on trouve une bande riveraine herbacée, moins favorable à la biodiversité mais exerçant un rôle de filtre important pour la qualité de l'eau.

Le lac Mandeville est riche de nombreux herbiers qui offrent des habitats à la faune, et des sites de fraie pour les poissons. Les milieux humides qui bordent le lac Mandeville vers son exutoire, et la végétation qui le borde forment autant de filtres qui permettent la rétention des sédiments et l'absorption des nutriments.

On notera cependant que la réglementation de la municipalité de Mandeville impose une végétalisation sur 5 mètres seulement (Municipalité de Mandeville, 2008), donc sur une largeur de rive inférieure la celle définie dans la Politique de protection des rives, du Littoral et des Plaines inondables (Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, 2005). La municipalité devrait élargir la végétalisation pour améliorer le rôle de barrière qu'exercent les rives sur les sédiments et les nutriments.



Carte 4- 7 : Indice de qualité de la bande riveraine (IQBR) au lac Mandeville en 2012



Figure 4- 50 : Terrain en bordure de lac laissé à l'état naturel



Figure 4- 48 : Herbier préservé en secteur agricole



Figure 4- 49 : Muret en ciment recouvert de végétation



Figure 4- 51 : Enrochement masqué par la végétation

3. Plan d'action

3.1. Solutions proposées au lac Mandeville dans les études précédentes

3.1.1. Les fosses septiques et les bandes riveraines en milieu résidentiel

Les rapports de 1993 et 1995 insistaient sur la nécessité de la mise aux normes des installations septiques. Le règlement Q2-r22 a depuis été appliqué dans la municipalité de Mandeville et les installations septiques ont été en grande majorité mises aux normes. Des efforts de végétalisation des bandes riveraines ont été consentis par les riverains, notamment grâce aux actions menés par l'Association des citoyens du lac Mandeville, et à la mise en place d'une réglementation par la municipalité.

3.1.2. La pollution d'origine agricole

a) Solutions proposées en 1993 et 1995

Le contexte a beaucoup changé au lac Mandeville depuis les années 1990. En 1995, une contamination directe par du fumier ou du lisier était détectée dans le lac. Ce type de contamination, lié à la présence de fermes juste en bordure du lac, a depuis disparu. En 2010, une des deux porcheries fermaient, remplacée depuis par une ferme qui élève des chevaux. Le lisier auparavant produit par cette porcherie et épandu sur les terres autour du lac Mandeville n'existe plus.

b) Solutions proposées par HBA Environnement en 2004

Cette étude attribuait essentiellement les apports en nutriments à l'exportation des sédiments. C'est pourquoi les solutions proposées concernaient la rétention des sédiments en provenance des champs.

- Végétalisation des fossés par des graminées ou des légumineuses : les fossés que nous avons observés sont bien végétalisés à présent, et ne nécessitent pas ce type d'intervention.
- Mise en place de bandes riveraines : il reste encore des bandes riveraines à mettre en place, mais un progrès important a été accompli depuis 2004.

- Installation de barrières à sédiments « dans des endroits stratégiques », essentiellement dans des fossés : compte-tenu du degré de végétalisation des fossés, il y a peu d'endroits où cette intervention peut être faite. En raison de la nécessité de curer les sédiments, il est également difficile de placer ces ouvrages dans les cours d'eau.
- Stabilisation des rives par génie végétal, ou par des techniques d'empierrement : ces techniques pourraient être employées à certains endroits, mais elles nécessitent un remaniement des rives et l'accord du propriétaire du terrain.
- Bassin de décantation et marais filtrant : ils sont efficaces pour la rétention des sédiments, mais la rétention du phosphore par ces ouvrages est limitée. De plus, leur coût est important et ils nécessitent une superficie à prélever sur des terres en culture.

3.1.3. Le plan de réhabilitation du lac Mandeville

En 2009, AGIR Maskinongé a déposé dans le cadre de son Plan directeur de l'eau le Plan de réhabilitation du lac Mandeville (AGIR Maskinongé, 2009). Les objectifs qui se dégagent de ce plan sont les suivants :

- Maintien des milieux humides existants, notamment à l'exutoire du lac;
- Réduction des superficies en monoculture intensive, par le reboisement et le retrait permanent des cultures;
- Amélioration des bandes riveraines du lac Mandeville;
- Réduction des apports en sédiments et nutriments, par des mesures de contrôle de l'érosion et l'aménagement d'un marais filtrant sur le lot P - 813.

Les mesures proposées dans ce plan de réhabilitation se heurtent principalement à des contraintes légales. Il est impossible d'interdire aux agriculteurs de réaliser de l'épandage de fumier ou lisier autour du lac Mandeville, et ils ne souhaitent pas non plus reboiser des terres qui leur apportent un revenu en culture. Le mieux à faire est donc de renforcer l'application des mesures légales, comme les bandes riveraines en milieu agricole.

3.1.4. Les actions du comité de citoyens du lac Mandeville

Le comité de citoyens du lac Mandeville a été très actif dans ses démarches pour mettre en place un projet pilote au lac Mandeville. Malheureusement, ces démarches rencontrent les mêmes problèmes que le plan de réhabilitation déposé par AGIR Maskinongé, c'est-à-dire l'absence de mesures réglementaires applicables à un milieu fragile ou dégradé. Les réponses actuelles à la problématique du lac Mandeville ont déjà fait l'objet d'une rencontre en 2008 (Comité des citoyens du lac Mandeville, 2008). Il s'agit de poursuivre la végétalisation des bandes riveraines et la mise aux normes des installations septiques, et d'utiliser le programme Prime-Vert pour limiter l'impact des pratiques agricoles sur le lac.

3.2. Le programme Prime-vert : possibilités et limites

Le programme Prime-vert permet aux agriculteurs d'obtenir une aide financière pour réaliser des aménagements destinés à diminuer l'impact environnemental de l'agriculture (Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, 2013). Parmi ces aménagements on trouve la végétalisation des bandes riveraines élargies, la stabilisation de drains agricoles, ou des mesures permettant le changement de pratiques culturelles. Le programme peut également permettre le retrait d'une parcelle de la zone de culture s'il est avéré que les autres techniques possibles échouent à préserver une qualité de l'eau correcte.

Ce programme s'applique sur une base volontaire de la part des agriculteurs, ce qui nécessite une phase de sensibilisation et de négociation avec eux. Compte-tenu du climat social qui oppose certains résidents du bord du lac aux agriculteurs, ces derniers sont dans l'ensemble assez réticents. Tenus pour responsables de l'état de dégradation du lac, ils trouvent que leurs impératifs économiques ne sont jamais pris en compte, ni même l'ancienneté de l'agriculture autour du lac Mandeville. Certains résidents ont même déposé des plaintes lors d'épandages de fumier et de lisier en 2012, alors que ces épandages étaient autorisés. Cependant en 2010, les plaintes des riverains du lac avaient donné lieu à une série d'avis d'infraction de la part du MDDEFP, en raison de l'épandage de matières fertilisantes non prévues dans les plans agro-environnementaux de fertilisation (PAEF), et pour un cas d'épandage après le 1^{er} octobre.

Dans ce contexte, plusieurs agriculteurs contactés par les conseillers en agro-environnement ont refusé toute discussion avec ceux-ci. Un seul agriculteur en 2012 a accepté de discuter de retrait des cultures, mais il souhaite alors se départir de la parcelle et les conditions du programme Prime-Vert ne lui conviennent pas. Une procédure d'acquisition de la parcelle est en cours par AGIR Maskinongé.

Le Prime-Vert a cependant permis de reboiser une parcelle proche de l'exutoire du lac, préservant ainsi un milieu humide. Selon nos observations, les bandes riveraines sont convenablement respectées le long des principaux tributaires. Les problèmes se situent davantage le long des plus petites branches des cours d'eau. Les fossés sont problématiques au printemps, quand la végétation est encore absente et les sols à nu. Ensuite, ils sont végétalisés et retiennent convenablement les sédiments. Le Prime-Vert aurait également pu permettre de stabiliser certaines sorties de drains le long du ruisseau Deligny. Bien que la stabilisation ne supprime pas les apports en phosphore, puisqu'ils proviennent des eaux de drainage, elle permet néanmoins de diminuer l'érosion autour du drain.

Des modifications de pratiques culturelles pourraient permettre de réduire les exportations de phosphore, notamment en diminuant les labours dans des zones pentues. Ces modifications sont prises en charge dans le programme Prime-Vert de 2013, et même priorisées. Cependant, d'une part elles dépendent de la volonté des agriculteurs de modifier leurs pratiques, et d'autre part, elles sont conditionnelles au respect de la réglementation, notamment sur les bandes riveraines.

3.3. La sensibilisation

Il faut continuer le travail de sensibilisation pour la revégétalisation des bandes riveraines. La production d'outils de sensibilisation en collaboration avec les municipalités du bassin versant pourrait être envisagée. Cette sensibilisation doit s'adresser aussi bien aux riverains qu'aux agriculteurs.

La municipalité devra également mettre à jour sa réglementation pour respecter la Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables (PPRLPI).

3.4. La réglementation

En milieu résidentiel, une bande de protection riveraine végétalisée de 10 à 15 mètres devra être respectée. Un nouveau règlement municipal devra être mis en place.

L'application des bandes riveraines en milieu agricole, précisée dans la PPRLPI pourrait être renforcée par l'adoption d'un règlement municipal sur la végétalisation. Ainsi, une bande de protection de 3 mètres le long des cours d'eau (au moins 1 mètre en haut de talus) et de 1 m le long des fossés pourrait être appliquée de façon systématique. Ces mesures doivent par la suite faire l'objet de contrôles de la part de la municipalité.

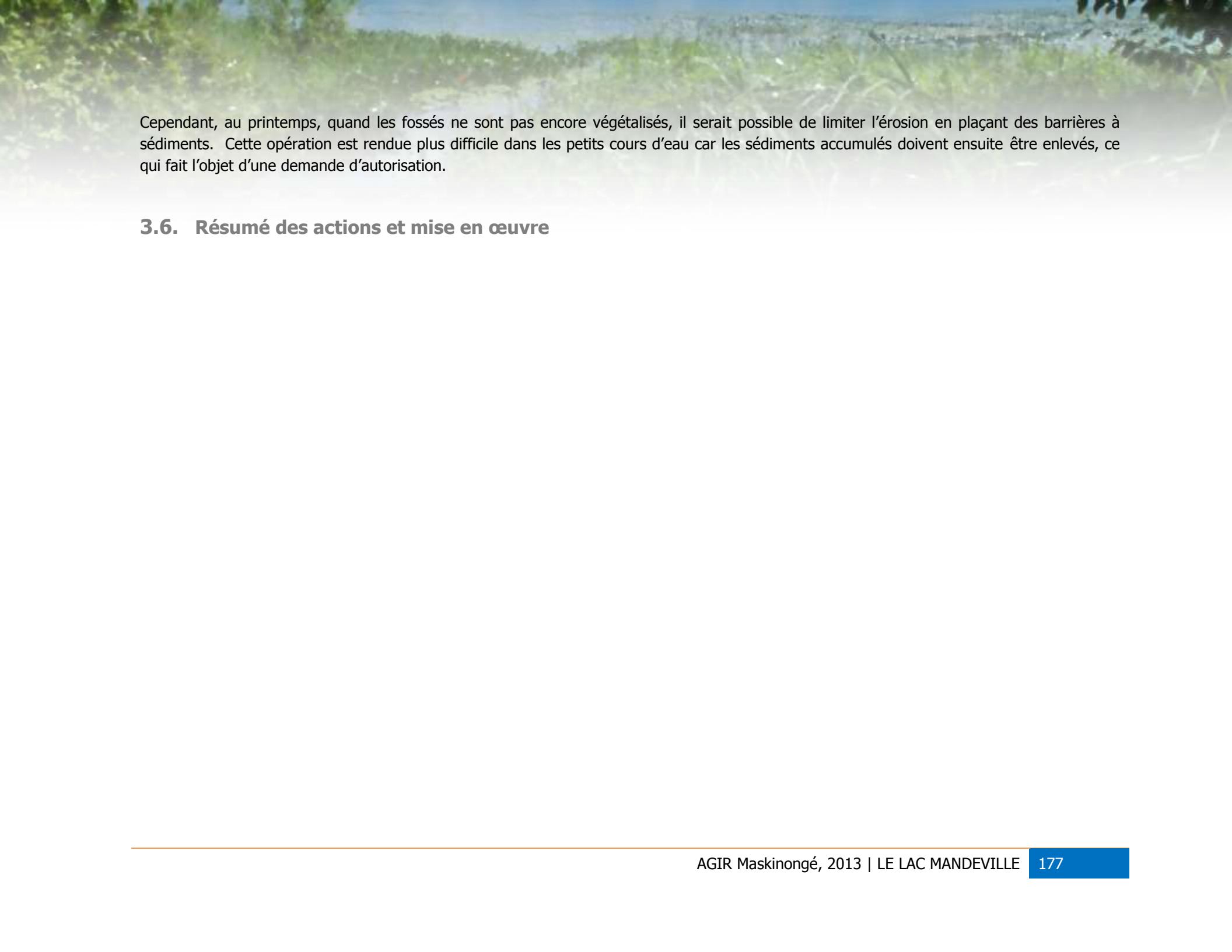
Des îlots déstructurés ont été délimités dans la partie est du lac Mandeville. Cette partie, en surplomb d'une pente importante, est pour le moment boisée, et constitue une zone de protection contre les apports de sédiments et l'érosion. Le développement de cette zone devrait faire l'objet de mesures particulières : taille minimale des lots, limitation du déboisement afin de ne pas augmenter encore le ruissellement vers le lac Mandeville.

3.5. La rétention de sédiments

Les solutions les plus efficaces sont celles qui permettent de retenir les sédiments à la source. Cette rétention est avantageuse pour les agriculteurs, car elle permet de retenir les particules les plus fines, l'argile et la matière organique, qui rendent les sols intéressants pour la culture. Ce sont les techniques culturelles alternatives qu'il faut promouvoir auprès des agriculteurs :

- Travail réduit du sol
- Cultures de couverture
- Semis direct

Toutes ces techniques limitent le temps pendant lequel le sol est laissé à nu et lessivé par les pluies à l'automne. Les résidus sont aussi présents pendant la fonte des neiges.



Cependant, au printemps, quand les fossés ne sont pas encore végétalisés, il serait possible de limiter l'érosion en plaçant des barrières à sédiments. Cette opération est rendue plus difficile dans les petits cours d'eau car les sédiments accumulés doivent ensuite être enlevés, ce qui fait l'objet d'une demande d'autorisation.

3.6. Résumé des actions et mise en œuvre

Problématique	Objectif	Orientation	Action à mener	Indicateur de suivi	Budget	Échéance
Pollution d'origine agricole		Promouvoir les techniques de culture permettant la conservation des sols : cultures de couverture, travail réduit du sol, labours à contre-pente	Renouer le dialogue avec les agriculteurs les plus réticents	Superficie en culture alternative	Aucun	Moyen terme à long terme
	Diminuer l'érosion des terres agricoles autour du lac Mandeville	Appliquer la Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables en zone agricole.	Adopter un règlement sur la végétalisation des bandes riveraines et zone agricole		Règlement	Court terme
		Placer des pièges à sédiments dans les fossés non végétalisés et les plus petites branches des cours d'eau	Faire respecter le règlement sur les bandes riveraines en zone agricole	Longueur de bandes riveraines en conformité	Inspecteur municipal	Court terme
	Rétablissement le dialogue avec les agriculteurs autour du lac Mandeville	Diminuer les tensions sociales entre riverains du lac Mandeville non-agriculteurs, et agriculteurs	Convaincre les agriculteurs des bénéfices possibles pour l'environnement	Nombre de barrières installées	Aucun (branchages, bottes de paille)	Moyen terme à long terme
Sédiments des chemins municipaux	Diminuer les apports en sédiments par les fossés le long des chemins en forte pente	Aménager les fossés en zone de forte pente pour limiter l'érosion	Distribuer de l'information aux riverains sur les dates et les règles d'épandage ; limiter les dérogations pour l'épandage à l'automne après le 1 ^{er} octobre	Participation d'un agriculteur aux rencontres concernant le lac Mandeville; Nombre de plaintes	Brochure	Court terme
			Empierrer les fossés, aménager des seuils et favoriser la technique du tiers inférieur lors de l'entretien	Longueur de fossés aménagés	Personnel municipal	Moyen terme à long terme
Pollution d'origine résidentielle	Stabiliser les berges, réduire les exportations de sédiments et de polluants au lac	Mettre la largeur de végétalisation des bandes riveraines en conformité avec la Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables	Mettre le règlement municipal en conformité avec la Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables	Longueur de rive en conformité	Règlement	Court terme
			Appliquer le règlement sur les bandes riveraines		Inspecteur municipal	Moyen terme

Signification des couleurs :

Budget		Faible coût
		Coût moyen ; possibilité en régie interne ou par l'embauche de personnel temporaire (emploi saisonnier, emploi carrière été etc.)
		Coût élevé ; recours à une ressource externe (biologiste, ingénieur, géographe etc.)
Échéance	Court terme	Devrait être réalisé rapidement.
	Moyen terme	Devrait être réalisé dès que les moyens humains et financiers seront disponibles
	Long terme	Peu urgent ou qui demande un temps de sensibilisation important

PARTIE 5 : ANNEXES 4

ANNEXE 4.1 : Calcul de la charge en phosphore selon le chiffrier du MAPAQ

Étape 1: Définition du portrait sommaire et correspondance avec concentration médiane en phosphore réelle.

Portrait sommaire du bassin		Impact des divers écosystèmes:						
Superficie (ha) boisé:	3097	Forestier : charge moyenne ha (Valeur moy. entre 0,1 et 0,15 kg/ha)		0,125	kg P /an	387,13	kg P /an	40,22%
Superficie (ha) urbaine:	167	Urbain : Nombre d'habitants: 642,5	% d'efficacité traitement (entre 65 et 80%)	50		205,60	kg P /an	21,36%
Superficie (ha) agricole totale:	274	Agricole: charge moyenne ha (Valeur moy. entre 0,9 et 1,2 kg/ha)		1,350	kg P /an	369,90	kg P /an	38,43%
Superficie totale du bassin (ha):	3538			Charge totale:		962,63	kg P /an	

Étape 2: Définition du portrait agricole détaillé

Superficie (ha) agricole totale:	274,2	Charge moyenne par hectare de superficie en:						
Superficie (ha) maïs:	0	Maïs (Valeur moy. entre 2,47 et 1,12 kg/ha)		3,900	kg P /an	0,00	kg P /an	0,0%
Superficie (ha) soya:	77,9	Soya (Valeur moy. entre 1,12 et 0,59 kg/ha)		1,000	kg P /an	77,90	kg P /an	35,8%
Superficie (ha) céréales:	13,5	Céréales (Valeur moy. entre 0,74 et 0,24 kg/ha)		0,700	kg P /an	9,45	kg P /an	4,3%
Superficie (ha) en pâturages et prairies:	144,3	Pâturages et prairies (Valeur moy. entre 0,39 et 0,35 kg/ha)		0,370	kg P /an	53,39	kg P /an	24,5%
Superficie (ha) en autres productions:	38,5	Autres productions		2,000	kg P /an	77,00	kg P /an	35,4%
		Charge agricole totale:		217,74	kg P /an	26,9%		
		Charge totale:		810,47	kg P /an			

Note: Ce chiffrier est basé sur les chiffres contenus dans la présentation de M. Jacques Roy, MDDEP, portant sur le suivi de la qualité de l'eau, février 2012. Celui-ci permet à l'utilisateur de dresser un certain bilan de phosphore de son bassin, tout en émettant certaines hypothèses d'amélioration. Le tout dans l'objectif de parfaire la compréhension de l'utilisateur, sur les divers gestes et incidences de ceux-ci pouvant être posés pour améliorer la qualité de l'eau. Attention, plusieurs impondérables doivent être pris en considération dans l'interprétation des résultats de ce chiffrier.

ANNEXE 4.2 : Améliorations liées aux pratiques culturales (chiffrier MAPAQ)

Quelques calculs de potentiel d'amélioration

Nombre de nouveaux hectares:	ha	kg P /an	kg P /an
De maïs en semis direct		2,780	0,00
De soya avec travail réduit du sol	77,9	0,410	31,94
De céréales avec cultures de couvertures	13,5	0,460	6,21
De maïs transformés en boisé		3,775	0,00
	TOTAL:		38,15
			kg P /an

ANNEXE 4.3 : Transformation des cultures annuelles en cultures pérennes (chiffrier MAPAQ)

Étape 2: Définition du portrait agricole détaillé

Superficie (ha) agricole totale:	274,2	Charge moyenne par hectare de superficie en:					
Superficie (ha) maïs:	0	Maïs (Valeur moy. entre 2,47 et 1,12 kg/ha)	3,900	kg P /an	0,00	kg P /an	0,0%
Superficie (ha) soya:	0	Soya (Valeur moy. entre 1,12 et 0,59 kg/ha)	1,000	kg P /an	0,00	kg P /an	0,0%
Superficie (ha) céréales:	0	Céréales (Valeur moy. entre 0,74 et 0,24 kg/ha)	0,700	kg P /an	0,00	kg P /an	0,0%
Superficie (ha) en pâturages et prairies:	274,2	Pâturages et prairies (Valeur moy. entre 0,39 et 0,35 kg/ha)	0,370	kg P /an	101,45	kg P /an	100,0%
Superficie (ha) en autres productions:	0	Autres productions	2,000	kg P /an	0,00	kg P /an	0,0%
				Charge agricole totale:	101,45	kg P /an	14,6%
				Charge totale:	694,18	kg P /an	

PARTIE 6 : LIENS UTILES

Exigences du MDDEFP concernant les nouveaux projets domiciliaires :

<http://www.mddefp.gouv.qc.ca/eau/pluviales/exigences-autorisation-projet.pdf>

Gestion des eaux pluviales, ville de Québec :

http://www.ville.quebec.qc.ca/gens_affaires/soutien_aux_projets/residentiel/developper_bassins_versants/docs/guide/projet_de_developpement_residentiel_fictif.pdf

http://www.cmquebec.qc.ca/centre-documentation/documents/Rapport_erosion_sedimentation_180810.pdf

Renaturalisation des rives, Saint-Damien :

http://www.st-damien.com/fr/Renaturalisation-des-rives-degradees_97.html

<http://www.st-damien.com/St-Damien/Document/Guide%20Renaturalisation,%20vers%20juillet%202010.pdf>

Réglementation sur le branchement des gouttières :

Ville de Thetford Mines : <http://www.ville.thetfordmines.qc.ca/info.php?noPage=130>

Ville de Sherbrooke :

<http://www.environnementestrie.ca/imports/pdf/activites/ppt/cyr.pdf>

Ville de Salaberry-Valleyfield :

http://www.ville.valleyfield.qc.ca/sites/default/files/pdf/environnement/gouttieres_environnement_escouade_verte_valleyfield.pdf

Fond Eco-IGA :

<http://www.jourdelaterre.org/2011/03/fonds-eco-iga-2/>

Fond municipal vert :

<http://www.fcm.ca/accueil/programmes/fonds-municipal-vert/ce-que-nous-finan%C3%A7ons/projets/financement-eau.htm>

Gestion environnementale des fossés :

http://mrcbm.qc.ca/fr/eau_guide.php

<http://rappel.qc.ca/services-et-produits/services-offerts.html>

PARTIE 7 : BIBLIOGRAPHIE

- AGIR Maskinongé. (2009). *Plan de réaménagement de l'environnement immédiat du lac Mandeville par la création d'une zone tampon périphérique.*
- AGIR Maskinongé. (2010). *Rapport d'analyse des eaux de surface des cours d'eau de la Zone d'intervention prioritaire phosphore (ZIPP).*
- Association des Industries de l'Environnement du Nouveau-Brunswick. (s.d.). *Wetland conservation and planning.* Consulté le juin 17, 2013, sur <http://www.nbeia.nb.ca/>: <http://www.nbeia.nb.ca/pdf/Sustainable%20Community%20Design%20for%20Subdivisions.pdf>
- Banyanya, L. e. (2009). *Caractérisation du régime naturel du débit des bassins versants de l'est du Canada.* INRS-ETE.
- Belzile, L. e. (1997). *Méthode écohydrologique de détermination des débits réservés pour la protection des habitats du poisson dans les rivières du Québec.*
- Biofilia. (2010). *Recommandations environnementales liées à la gestion durable des eaux de pluie et au contrôle de l'érosion et de la sédimentation.*
- Boucher, I. (2010). *La gestion durable des eaux de pluie, Guide de bonnes pratiques sur la planification territoriale.* Ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire.
- Comité des citoyens du lac Mandeville. (2008). *Qui fait quoi, comment ?* Consulté le juin 25, 2013, sur Comité des citoyens du lac Mandeville: http://www.lacmandeville.org/qui_quoi_comment.php
- Cyr, M. (2012, 05 04). *Débranchement des gouttières.* Consulté le 09 10, 2013, sur Conseil de l'Environnement de l'Estrie: <http://www.environnementestrie.ca/imports/pdf/activites/ppt/cyr.pdf>
- Fédération Canadienne des Municipalités. (s.d.). *Fonds municipal vert.* Consulté le 11 26, 2013, sur FCM: <http://www.fcm.ca/accueil/programmes/fonds-municipal-vert/ce-que-nous-finan%C3%A7ons/projets/financement-eau.htm>
- HBA Environnement. (2004). *Plan de restauration du lac Mandeville (Étude de pré-faisabilité).*
- International Agency for Research on Cancer. (s.d.). *Chlordane and heptachlor ; IARC monographs.*
- Jour de la Terre. (s.d.). *Fonds Éco IGA.* Consulté le 11 26, 2013, sur Jour de la Terre: <http://www.jourdelaterre.org/2011/03/fonds-eco-iga-2/>
- Labexcel inc. (1995). *Étude sur la dégradation de la qualité de l'eau du lac Mandeville.*
- le Conseil canadien des ministres de l'Environnement. (2011). *Manuel des protocoles d'échantillonnage pour l'analyses de la qualité de l'eau au Canada.*
- Le réseau d'évaluation et de surveillance écologique (RESE Nord). (2005). *Eaux du Nord, un guide pour concevoir et mener des observations sur la qualité de l'eau dans le nord du Canada.*
- Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec. (2013). *Programme Prime-Vert.* Consulté le juin 25, 2013, sur site web du MAPAQ: <http://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Productions/md/programmesliste/agroenvironnement/Pages/primevert.aspx>

- Ministère de l'Environnement, Gouvernement du Québec. (2000). *Suivi de la qualité des rivières et des petits cours d'eau*.
- Ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire. (2012). *Suivi des ouvrages municipaux d'assainissement des eaux*.
- Ministère des Ressources naturelles. (2002). loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune. Gouvernement du Québec.
- Ministère des Ressources naturelles. (2010). Guide de gestion de la dépréciation du castor.
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs. (2005, mai 18). Politique de Protection des Rives, du Littoral et des Plaines inondables.
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs. (2011). *Guide de gestion des eaux pluviales*.
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs. (2011). *Loi modifiant la Loi sur la qualité de l'Environnement afin d'en renforcer le respect*.
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs. (2012). *Exigences relatives à la gestion des eaux pluviales*.
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs. (2012). *Protocole d'évaluation et méthode de calcul de l'indice de qualité de la bande riveraine (IQBR)*. Récupéré sur http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/IQBR/protocole.htm
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs. (s.d.). *Loi sur la Qualité de l'Environnement*.
- Morin, R. (2012). *L'érosion et la sédimentation des cours d'eau liées aux activités du castor : Proposition d'une démarche de gestion durable*. Université de Sherbrooke.
- MRC de D'Autray. (1993). *Saint-Charles de mandeville, rapport sur la qualité de l'eau du lac Mandeville*.
- Municipalité de Mandeville. (2008, juin 2). Premier projet de règlement numéro #346-2008 sur les plans d'implantation et d'intégration architecturale visant la protection des rives et du littoral.
- Municipalité de Saint-Damien. (1995, août 12). Règlement de lotissement.
- Municipalité de Saint-Damien. (2009). Règlement relatif à la renaturalisation des rives dégradées.
- Municipalité de Saint-Damien. (2009). Règlement sur la renaturalisation des rives dégradées.
- Municipalité de Saint-Damien. (2011). *Guide pratique sur la renaturalisation des rives*.
- Municipalité de Sallaberry-Valleyfield. (s.d.). *L'installation de vos gouttières est-elle adéquate ?* Consulté le 09 10, 2013, sur Ville de Sallaberry-Valleyfield:
http://www.ville.valleyfield.qc.ca/sites/default/files/pdf/environnement/gouttieres_environnement_escouade_verte_valleyfield.pdf
- Nadon, L. (2009, 10 29). *la gestion du Castor*. Consulté le 06 18, 2013, sur AGIR Pour la Diable:
http://www.agirpourladiable.org/liens/la_gestion_du_castor_29_oct_09.pdf
- RAPPEL. (2012). *Guide technique technique : Gestion environnementale des fossés*.
- Saint-Damien, M. d. (1995). Plan d'urbanisme.
- Teknika HBA. (2010). *Suivi de la qualité de l'eau du lac maskinongé-Année 2010*.
- Ville de Québec. (2012). *Guide du promoteur : Conception d'un projet de développement résidentiel fictif*.

Ville de Québec. (s.d.). *Puits ou tranchée d'infiltration*. Consulté le 09 10, 2013, sur Ville de Québec: https://www.ville.quebec.qc.ca/gens_affaires/soutien_aux_projets/residentiel/developper_bassins_verseants/docs/fiches_gestion_eaux_pluviales/5_puits_ou_tranchee_infiltration.pdf

Ville de Thetford Mines. (s.d.). *Débranchement des gouttières*. Consulté le 09 10, 2013, sur Ville de Thetford Mines: <http://www.ville.thetfordmines.qc.ca/info.php?noPage=130>

Washington State, Department of Ecology. (2010). *How to do stormwater sampling ; A guide for industrial facilities*.

PARTIE 8 : GLOSSAIRE

MAPAQ	Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec
MDDEFP	Ministère du Développement durable, de L'Environnement, de la Faune et des Parcs.
MES	Matières en suspension
MRC	Municipalité régionale de comté
MRN	Ministère des Ressources naturelles
PDE	Plan directeur de l'eau
PGO	Pratique de gestion optimale (des eaux pluviales)
POP	Polluant organique persistant
PT	Phosphore total
RSVL	Réseau de Surveillance volontaire des lacs
SOMAE	Suivi des ouvrages municipaux d'assainissement des eaux